

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Waldzustandsbericht 2001

– Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitorings –

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Kurzfassung	3
I. Einführung	4
II. Das forstliche Umweltmonitoring: Aufbau und Bedeutung	5
III. Zustand der Wälder in Deutschland	6
III.1 Kronenzustand	6
III.1.1 Alle Baumarten	7
III.1.2 Fichte	9
III.1.3 Kiefer	11
III.1.4 Buche	14
III.1.5 Eiche	16
III.1.6 Andere Nadelbäume	19
III.1.7 Andere Laubbäume	20
III.1.8 Räumliche Verteilung	21
III.1.9 Statistische Sicherheit	22
III.2 Einflussfaktoren auf den Waldzustand	23
III.2.1 Witterung	23
III.2.2 Fruktifikation (Buche)	23
III.2.3 Schadorganismen	24
III.2.4 Luftverunreinigungen	26
III.2.5 Gefährdungspotenziale durch Bodenversauerung	32
IV. Waldzustand in Europa	33
V. Maßnahmen der Bundesregierung gegen Neuartige Waldschäden ..	38
V.1 Luftreinhaltung	38

	Seite
V.2 Minderung landwirtschaftlicher Emissionen	40
V.3 Maßnahmen der Forstwirtschaft gegen Neuartige Waldschäden	43
VI. Länderbeiträge	46
VII. Glossar	69
VIII. Anlagen	72

Kurzfassung

Der Zustand vieler Waldökosysteme in Deutschland gibt weiterhin Anlass zur Sorge. Das Ausmaß deutlicher Schäden an den Baumkronen hat sich zwar stabilisiert, ist aber immer noch zu hoch. Außerdem werden die tief greifenden, durch Luftverunreinigungen verursachten Veränderungen in vielen Waldböden und die damit einhergehenden langfristigen Folgeerscheinungen immer deutlicher. Die bisherigen Erfolge der Luftreinhaltung reichen nicht aus. Insbesondere die Stickstoffeinträge aus Landwirtschaft und Verkehr müssen noch weiter gesenkt werden.

Das sind die Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitorings, die im vorliegenden Waldzustandsbericht vorgestellt werden. Der Gesundheitszustand der Waldökosysteme wird seit nunmehr über 15 Jahren untersucht. Die Waldschadenserhebung ist Teil dieser Untersuchungen. Sie betrachtet die Baumkronen als ein wichtiges Merkmal für den Zustand des Waldes. Dabei wird unterschieden zwischen

- ungeschädigten Bäumen mit einem Nadel- bzw. Blattverlust bis zu 10 %,
- der „Warnstufe“ mit Nadel- bzw. Blattverlusten von 11 bis 25 % und
- den „deutlichen Schäden“ mit Nadel- bzw. Blattverlusten von mehr als 25 %.

Im Durchschnitt aller Baumarten liegt der Anteil deutlicher Schäden bei 22 %. Das Schadniveau hat sich damit seit 1996 stabilisiert. Es liegt zwar deutlich unter dem Höchststand von 1991 (30 %), ist aber vor allem bei Laubbäumen immer noch zu hoch. In die Warnstufe (leichte Kronenverlichtungen) fallen 42 % der Waldfläche; 36 % sind ohne Schäden.

Bei den Baumarten ergeben sich unterschiedliche Entwicklungen:

- Bei der Fichte liegt der Anteil deutlicher Schäden bei 26 %. Er hat in den letzten Jahren leicht zugenommen, liegt aber deutlich unter dem Höchstwert von 1985 (33 %).
- Die Kiefer ist mit 14 % deutlichen Schäden die am wenigsten beeinträchtigte Hauptbaumart. Dieser Anteil hat sich in den letzten Jahren kaum verändert. Das Schadniveau hat sich gegenüber 1991 (33 % deutliche Schäden) mehr als halbiert.
- Die Buche ist – gemeinsam mit der Eiche – die am stärksten betroffene Baumart. Bei der Buche weisen 32 % deutliche Schäden auf. Damit hat sie die hohen Blattverluste des Vorjahres (40 Prozent deutliche Schäden) wieder ausgeglichen. Über die letzten Jahre nahmen aber die deutlichen Schäden insgesamt leicht zu. Das Schadniveau ist inzwischen mehr als doppelt so hoch wie zu Beginn der Waldschadenserhebung (1984: 13 %).
- Bei der Eiche liegt der Anteil deutlicher Schäden bei 33 %. Im Gegensatz zur Buche ergibt sich über die letz-

ten Jahre bundesweit jedoch eine erhebliche Entspannung: Der Anteil deutlicher Schäden erreichte 1996/97 mit 47 % einen absoluten Höchststand und ging seitdem um 14 %-Punkte zurück. Damit scheint der zwischen 1984 und 1996/97 vorherrschende langjährige Trend zunehmender Kronenverlichtung gebrochen. Allerdings liegt das Schadniveau immer noch mehr als dreimal so hoch wie 1984 (9 %).

- Die Ländererhebungen zeigen, dass auch erhebliche regionale Unterschiede bestehen. So hat sich der Kronenzustand beispielsweise in Hessen, Sachsen und Schleswig-Holstein verbessert, in Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz dagegen verschlechtert.

Der Verlust von Nadeln bzw. Blättern ist aber nur ein Merkmal für den Gesundheitszustand der Waldökosysteme. Zahlreiche Untersuchungen weiterer Merkmale zeigen immer deutlicher, wie tief greifend Luftverunreinigungen die Abläufe in den Waldökosystemen verändert haben: Jahrzehntelang anhaltende Einträge von Schwefel und Stickstoff haben nicht nur die Gesundheit der Bäume beeinträchtigt. Sie haben auch zu schwerwiegenden und langfristig wirksamen Veränderungen der Waldböden, der Bodenvegetation und teilweise auch der Qualität des Sickerwassers geführt. Im Ergebnis sind viele Waldböden versauert und geben zunehmend Schadstoffe ins Sickerwasser ab.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass die bisherigen Erfolge der Luftreinhaltung immer noch nicht ausreichen. Zwar hat sich die Luftqualität beispielsweise beim Schwefeldioxid entscheidend verbessert; die Anstrengungen und Investitionen zur Luftreinhaltung haben sich daher gelohnt. Die Stickstoffeinträge in die Wälder sind dagegen bisher kaum zurückgegangen. Auch sind die Säureeinträge vielfach immer noch zu hoch. Außerdem werden die über Jahre angesammelten Luftverunreinigungen aus der Vergangenheit noch lange eine kritische Altlast bleiben. Im Ergebnis ist bereits heute die Filterfunktion der Waldböden gegenüber Schadstoffen vielerorts beeinträchtigt.

Die Bundesregierung hält daher nach wie vor eine konsequente Luftreinhaltungspolitik für dringend geboten. Diese ist Teil eines umfassenden Konzeptes zur langfristigen Sicherung unserer natürlichen Lebensgrundlagen. Darin ergänzen sich Maßnahmen zur Luftreinhaltung, zum Klimaschutz, zur Energiewende und zur Neuausrichtung der Agrarpolitik.

Die neue Agrarpolitik ist Teil dieses ganzheitlichen Ansatzes und kommt auch dem Wald zugute. Ein wesentliches Element der neuen Agrarpolitik ist die Nachhaltigkeit in der Lebensmittelproduktion. Ziel ist es, die Umweltbelastungen zu verringern, die Erzeugung gesunder und hochwertiger Lebensmittel zu fördern sowie Tiere und Pflanzen als Teil der Schöpfung zu achten. Dabei stehen insbesondere folgende Maßnahmen im Mittelpunkt: Die verstärkte Förderung des ökologischen Landbaus, eine Verringerung der Nutztierdichte sowie gezielte, zusätzliche Maßnahmen zur Emissionsminderung.

Zentrales Anliegen der Forstpolitik von Bund und Ländern ist es, die Waldökosysteme mit ihren Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen und ihrer biologischen Vielfalt zu erhalten. Bei der langfristigen Sicherung dieser natürlichen Lebensgrundlage sind unter anderem folgende Maßnahmen besonders wichtig: Die Umsetzung einer naturnahen Waldbewirtschaftung auf möglichst großer Fläche, die Erhaltung der genetischen Vielfalt der Waldbäume sowie die verstärkte Nutzung von Holz als umweltfreundlichem, nachwachsendem Rohstoff.

I. Einführung

Wald ist wichtig für alle

Fast ein Drittel der Gesamtfläche unseres Landes ist bewaldet. Der Wald erfüllt eine Vielzahl von Funktionen: Er 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. Dem Wald kommt damit auch eine große Bedeutung bei der Sicherung der biologischen Vielfalt in unserem Land zu. Er schützt darüber hinaus Menschen vor Naturgefahren (z. B. gegen Geröllabgänge oder Lawinen) und bietet ihnen vielfältige Möglichkeiten für Entspannung und Erholung. Die nachhaltige Waldbewirtschaftung sichert dauerhaft Einkommen und Arbeitsplätze in Forst- und Holzwirtschaft und trägt zu einer vielseitigen Struktur ländlicher Räume bei. Regional haben die Funktionen der Wälder unterschiedliches Gewicht.

Allerdings sind nur stabile, widerstandsfähige Wälder in der Lage, die vielfältigen Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen für unsere Gesellschaft nachhaltig zu erfüllen. Es ist daher ein Kernanliegen der Forstpolitik, widerstands- und funktionsfähige Wälder zu erhalten und zu fördern. Standortangepasste, naturnahe Wälder erfüllen diese Anforderungen in besonderem Maße. Doch auch in weitgehend stabilen Waldökosystemen können Stresssituationen (z. B. Immissionen, Trockenheit, etc.) und Schadereignisse (z. B. Stürme, Insektenbefall) auftreten. Eine höhere Widerstandsfähigkeit bietet zwar keine völlige Sicherheit, verbessert aber die Aussichten der Waldökosysteme, solche Belastungen zu überstehen.

Wälder sind komplexe Systeme

Waldökosysteme bestehen aus zahlreichen lebenden und unbelebten Bestandteilen, deren Zusammenwirken durch verschiedene Einflüsse gesteuert wird. Aufbau- und Abbauprozesse sind durch vielfältige Stoffkreisläufe und Energieflüsse miteinander verbunden. Diese Vorgänge unterliegen gleichzeitig auch äußeren Einflüssen wie z. B. Witterung, waldbaulichen Maßnahmen und Luftverunreinigungen. Diese äußeren Einflüsse wirken sich auf das gesamte Ökosystem aus, wobei die Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung nicht leicht und eindeutig erkennbar sind: Einerseits beeinflussen sich verschiedene Einflüsse gegenseitig. Andererseits sind auch die Waldökosysteme nicht gleichförmig: Auf kleinstem Raum können Umweltfaktoren (z. B. Boden, Kleinklima, Geländeausprägung etc.) und damit auch die Le-

bensbedingungen für die jeweilige Waldvegetation stark wechseln. Im Ergebnis reagieren scheinbar gleiche Vegetationsformen bzw. Waldökosysteme z. T. völlig unterschiedlich auf gleichartige Einflüsse. Diese Komplexität der Waldökosysteme und der in ihnen ablaufenden Prozesse stellen daher immer noch eine große Herausforderung für die Waldökosystemforschung dar.

Das Prinzip der Nachhaltigkeit – geboren aus einer Krise

Ein Blick in die Vergangenheit zeigt, dass die ersten Siedler den Wald zunächst nur dort rodeten, wo sich dadurch gute landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten ergaben. 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 rücksichtslose Holzgewinnung, Waldweide und Streunutzung insbesondere im Einzugsbereich von Siedlungen so stark degradiert, dass das Holz knapp wurde und zum Teil ganze Landschaften verödeten. In dieser Zeit wurden die ersten Anweisungen zur pfleglichen Nutzung und zur Erhaltung des Waldes erlassen: Aus der Not heraus entwickelte sich die Erkenntnis, dass nur so viel Holz genutzt werden darf, wie nachwächst. Gleichzeitig wurde damit begonnen, ehemalige, infolge von Übernutzung degradierte Waldflächen wieder aufzuforsten. Der heutige „Wirtschaftswald“ ging aus diesen Aufforstungen und den Resten der damals noch vorhandenen Waldbestände hervor.

Damit begann vor mehr als 200 Jahren die Entwicklung einer nachhaltigen Forstwirtschaft in Deutschland. Dabei stand zunächst die Nachhaltigkeit der Holzherzeugung im Vordergrund. Zwischenzeitlich wird unter Nachhaltigkeit wesentlich mehr verstanden; sie umfasst heute die dauerhafte Erfüllung aller Waldfunktionen, d. h. der ökonomischen, ökologischen und sozialen Wirkungen und Leistungen des Waldes. Dazu zählen auch die Bodenfruchtbarkeit und der Artenreichtum.

Luftverunreinigungen haben schon früher Waldschäden verursacht

Schon in früheren Jahrhunderten waren in der Nähe von Industrieanlagen Vegetationsschäden bekannt, die auf Rauchgase zurückgeführt wurden. Bereits 1853 veröffentlichte der Chemiker Julius Adolph Stöckhardt vom damaligen Institut für Rauchschadensforschung in Tharandt die Ergebnisse seiner Untersuchungen. Darin führt er akute Schäden an Waldbäumen (hier: Fichten und Kiefern) auf das bei der Erzverhüttung frei werdende Schwefeldioxid („Rauchgas“) zurück. Seitdem werden derartige Schäden als „Klassische Rauchschäden“ bezeichnet; sie wurden in den letzten Jahrzehnten mit zunehmender Verschärfung der Luftreinhaltemaßnahmen immer seltener. Gleichwohl aber wurden z. B. die Waldschäden im Erzgebirge aufgrund der damals gegebenen, extremen Luftbelastung mit Schwefeldioxid bis Anfang der 90er-Jahre diesem Schadtyp zugeordnet.

Neuartige Waldschäden

Gegen Ende der 70er-Jahre des 20. Jahrhunderts wurden ähnliche Schadenssymptome beobachtet. Im Gegensatz zu den bis dahin bekannten, klassischen Rauchschäden im

Nahbereich von Emittenten, traten die Schadsymptome jedoch großflächig und zudem fernab von Industrieanlagen auf. Diese sog. „Neuartigen“ Waldschäden stehen in Verbindung mit einem veränderten Emissions- und Immissionsgeschehen: Infolge des industriellen Aufschwungs nach dem Zweiten Weltkrieg stiegen einerseits die Emissionen deutlich an. Andererseits führte die „Hochschornsteinpolitik“ der 60er-Jahre erstmalig zu einer großräumigen Verfrachtung und Verteilung der Luftverunreinigungen. Die dabei entstehende Verdünnung der Luftverunreinigungen sowie deren chemischen Reaktionen in der Luft führte zu neuen, bis dahin unbekanntem Wirkungen und Symptomen in den betroffenen Waldökosystemen: Anstelle der akuten Schäden durch Einwirkung hoher Gaskonzentrationen klassischer Rauchgasschäden traten die indirekten Wirkungen durch langfristige Einträge von Säuren (v. a. aus Schwefel- und Stickstoffverbindungen, sog. „Saurer Regen“).

Dabei waren zunächst Tanne und Fichte betroffen. Innerhalb weniger Jahre wiesen aber auch nahezu alle anderen Baumarten die äußerlich sichtbaren Symptome dieser Neuartigen Waldschäden auf, nämlich:

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

Betroffen waren vor allem die den Luftströmungen in besonderem Maße ausgesetzten höheren Lagen der Mittelgebirge, wo örtlich sogar die Wälder abzusterben begannen. Angesichts abgestorbener Waldbestände (z. B. in Harz und Erzgebirge) prognostizierten damals die Medien und einige Wissenschaftler ein großflächiges „Waldsterben“; dieses ist bisher glücklicherweise nicht eingetreten. Hierzu dürften die ergriffenen Gegenmaßnahmen wesentlich beigetragen haben. Allerdings sind die Gefahren für die Waldökosysteme noch nicht völlig gebannt. Trotz der Erfolge der Luftreinhaltepolitik sind die eutrophierenden und versauernden Stoffeinträge für viele Waldökosysteme immer noch zu hoch. Außerdem haben sich in den Waldböden die Schadstoffeinträge von Jahrzehnten angesammelt. Zusätzlich erreicht auch die Ozonbelastung vielfach vegetations-schädliche Spitzenwerte.

Waldschadens- und Waldökosystemforschung haben gezeigt, dass die Neuartigen Waldschäden durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren verursacht werden, die regional und zeitlich (d. h. von Jahr zu Jahr) z. T. sehr unterschiedlich ausfallen und einwirken. Eine Schlüsselrolle spielen dabei Luftverunreinigungen (v. a. Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und Ammoniak) sowie die unter maßgeblicher Mitwirkung der Stickstoffoxide gebildeten aggressiven Photooxidantien und Ozon. Aber auch natürliche Einflussfaktoren (z. B. Trockenstress, Insekten, Pilze und Sturm) können den Wald belasten. Künftig werden infolge des Anstiegs der atmosphärischen Durchschnittstemperatur (Klimaänderung) zusätzliche Stresssituationen für die mitteleuropäischen Waldökosysteme erwartet, z. B. Verschiebungen der Konkurrenzverhältnisse zwischen den Baumarten, Zunahme von Witterungsextremen sowie von Massenvermehrungen forstschädlicher Insekten. Wie sich

die Ausdünnung der stratosphärischen Ozonschicht bzw. eine erhöhte UV-Einstrahlung auf unsere Waldökosysteme auswirkt, lässt sich derzeit nicht abschätzen.

II. Das forstliche Umweltmonitoring: Aufbau und Bedeutung

Die beobachteten Waldschäden führten zu raschem Handeln auf nationaler und internationaler Ebene. Die bereits in den 70er-Jahren eingeleiteten und zwischenzeitlich immer wieder weiterentwickelten Schritte zur Luftreinhaltung und Überwachung der Waldschäden sind auch heute noch wichtig und werden weitergeführt. Ein Beispiel ist dieser Bericht und die ihm zugrunde liegende Waldschadenserhebung: Seit 1984 führen die Länder die Waldschadenserhebung nach einem einheitlichen, von Wissenschaftlern entwickelten und vom Bund koordinierten Verfahren durch. Da derartige Waldschäden in anderen Staaten gleichfalls beobachtet wurden, finden seit 1986 Waldschadenserhebungen auch auf europäischer Ebene statt. Zwischenzeitlich wurde dieses Instrument um zahlreiche weitere Elemente und Beobachtungsebenen erweitert. Das sog. forstliche Umweltmonitoring ist derzeit eines der umfassendsten Biomonitoringverfahren in Europa.

Das forstliche Umweltmonitoring ist ein Instrument, um den Waldzustand zu beobachten, Veränderungen festzustellen und die Ursachen dieser Veränderungen besser zu verstehen. Dazu werden im Wald verschiedene Parameter erfasst. Das forstliche Umweltmonitoring wurde von Wissenschaftlern der beteiligten Disziplinen erarbeitet und wird mit Blick auf den technischen und wissenschaftlichen Fortschritt laufend überprüft und weiterentwickelt.

Aufbau des forstlichen Umweltmonitorings

Das forstliche Umweltmonitoring umfasst

- Erhebungen auf einem systematischen, ganz Deutschland überziehenden Stichprobenetz, die flächenrepräsentative Informationen über den Waldzustand und dessen Entwicklung bereitstellen (Level I) und
- intensive Untersuchung der Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Waldökosystemen und den sie beeinflussenden Faktoren auf Dauerbeobachtungsflächen (Level II).

Durchführung und Auswertung dieser Erhebungen obliegen den Ländern; der Bund koordiniert die Arbeiten und leitet daraus Ergebnisse für die Bundesebene ab, die u. a. auch in die Monitoringprogramme der Europäischen Union und der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa einfließen. An diesem Programm beteiligen sich 38 europäische Staaten.

Bei der Auswertung dieser Elemente werden auch Aspekte anderer Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen für Waldböden und Waldschäden berücksichtigt. Es bestehen vielfache Verbindungen zu weiteren Erhebungen, die für Auswertungen genutzt werden können. Außerdem bestehen enge Verbindungen zwischen dem forstlichen Umweltmonitoring und der Waldökosystemforschung.

Level I

Die Erhebungen auf dem systematischen Stichprobennetz (Level I) umfassen die jährliche Waldschadenserhebung und die bisher erst einmal durchgeführte Bodenzustandserhebung im Wald.

- Die Waldschadenserhebung dient dazu, mit vertretbarem Aufwand zeitnahe Aussagen über die Vitalität der Wälder und deren Entwicklung bereitzustellen. Sie ist derzeit das einzige großräumig anwendbare Verfahren, um zeitnah flächendeckende und zuverlässige Aussagen über den Waldzustand in Deutschland zu erhalten.

Die Erhebungen auf dem systematischen Stichprobennetz (Grundraster 16 x 16 km) dienen der Erfassung des aktuellen Waldzustandes repräsentativ für die gesamte Waldfläche.

Dabei wird der Kronenzustand (insbesondere die Kronenverlichtung sowie Vergilbung von Nadeln bzw. Blättern) von Stichprobenbäumen als Weiser für die Vitalität der Wälder ermittelt.

- Die bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) hat zum Ziel, den Waldbodenzustand und dessen Veränderungen zu erfassen. Die BZE wurde zwischen 1987 und 1993 durchgeführt. Auf einem Teil der Erhebungspunkte wurden zusätzlich Nadel-/Blattanalysen zur Bestimmung des Ernährungszustandes der Waldbäume durchgeführt. Weiterführende Information hierzu ist erhältlich vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft oder auf der Internetseite <http://www.verbraucherministerium.de>.

Level II

Dauerbeobachtungsflächen zur forstlichen Umweltkontrolle (sog. Level II) bilden die zweite Untersuchungsebene. An einer begrenzten Zahl ausgewählter Waldstandorte werden Ursache-Wirkungsbeziehungen intensiv untersucht. Die Probeflächen sind ausgewählte Fallstudien von in Deutschland häufig vorkommenden Waldökosystemen und überwiegend in mittelalten oder älteren Waldbeständen angelegt. Sie sind damit nicht repräsentativ für die gesamte Waldfläche.

Auf den Dauerbeobachtungsflächen des Level II-Programmes werden unter anderem folgende Parameter erfasst und untersucht: Kronenzustand, phänologische Daten, Waldboden, Nadel-/Blattchemie, Baumzuwachs, Streufall, Depositionen und Luftkonzentrationen bestimmter Schadstoffe, Bodenwasser (Menge und Chemie), Bodenvegetation und Witterungsdaten; einige Länder ergänzen dies durch weitere Untersuchungen (z. B. an Wurzeln).

89 dieser Dauerbeobachtungsflächen sind seit 1994 gleichzeitig auch in das europaweite Level II-Programm der EU eingebunden (vgl. Abschnitt IV); einige dieser Flächen werden bereits seit Ende der 70er-Jahre untersucht.

Die Verfahren werden weiterentwickelt

Die Erhebungsverfahren des forstlichen Umweltmonitorings werden weiterentwickelt und bundes- und europa-

weit abgestimmt. Die Forschung kann somit einerseits Daten verwenden, die weitgehend nach einheitlichen Methoden erhoben wurden, andererseits kann auch bei Untersuchungen innerhalb von Forschungsvorhaben auf die eingeführten Verfahren zurückgegriffen werden. Die Qualitätssicherung umfasst die Datenerhebungen im Wald, die chemischen Analysen im Labor sowie Datenverarbeitung und -auswertung. Anlage 2 zeigt an einem Beispiel der Waldschadenserhebung, wie und mit welchen Ergebnissen die Qualitätssicherung durchgeführt wird.

Mit zunehmender Datenfülle steigen Auswertungsmöglichkeiten und Aussagekraft der gesammelten Daten. Es stehen räumlich differenzierte Informationen zur Verfügung, mit deren Hilfe regionale Unterschiede deutlich und erklärbar werden. Die von den Ländern erhobenen Daten werden für Auswertungen und Forschungsarbeiten auf Landes-, Bundes- und europäischer Ebene genutzt.

Bedeutung des forstlichen Umweltmonitorings

Das forstliche Umweltmonitoring liefert neben der Information über den Waldzustand auch unverzichtbare Grundlagen zur Risikoabschätzung hinsichtlich Luftverunreinigungen: Im Ergebnis liegen für viele Waldökosysteme z. B. Erkenntnisse vor, wie sie auf Stoffeinträge reagieren und wo ihre langfristigen ökologischen Belastungsgrenzen für bestimmte Schadstoffe (z. B. Säuren) liegen. Werden diese kritischen Schwellenwerte, die sog. „Critical loads“, über längere Zeiträume überschritten, so sind dauerhafte, nachteilige Veränderungen der betroffenen Ökosysteme zu erwarten. Diese Risikoeinschätzungen wiederum werden z. B. bei internationalen Verhandlungen als Argumentationsgrundlage und zur Entwicklung nationaler Maßnahmen für die Senkung von Immissionen genutzt. Weiterführende Information hierzu ist erhältlich vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit oder über das im Internet zugängliche Umweltinformationsnetz Deutschland <http://www.gein.de>.

Das forstliche Umweltmonitoring bietet der Forschung beispielsweise einen Orientierungsmaßstab für die Bewertung von Fallstudienresultaten. Aber auch das Monitoring profitiert von den vertiefenden Untersuchungen der Forschung zu Ursachen und Wirkungen. Inzwischen erlauben die umfangreichen Datenreihen aus dem forstlichen Umweltmonitoring auch sog. integrierende Auswertungen. Sie sollen Beziehungen zwischen dem Waldzustand und den ihn beeinflussenden Faktoren aufdecken. Dazu werden Daten aus verschiedenen Erhebungsebenen zusammengeführt und ausgewertet.

III. Zustand der Wälder in Deutschland

III.1 Kronenzustand

Methode: Die Waldschadenserhebung ist eine Stichprobeninventur, die flächenbezogene Aussagen über den Waldzustand in Deutschland liefert. Als wichtigster Weiser für den Vitalitätszustand des Waldes wird dabei die Verlichtung der Baumkronen erfasst. Anlage 1 enthält eine Beschreibung des Verfahrens der Kronenansprache.

Kronverlichtung: Der Verlust von Nadeln bzw. Blättern ist ein gut sichtbares, aber unspezifisches Merkmal für den Gesundheitszustand der Bäume. Wenn ein Baum einen Teil seiner Nadeln/Blätter verliert bzw. nicht erst ausgebildet, ist dies meist ein Zeichen für Stress. Daraus ergeben sich i. d. R. jedoch keine Hinweise auf die Stressursachen. Ergänzende Untersuchungen sind daher erforderlich, um Art, Ausmaß und Wirkung der sehr vielfältigen Stressfaktoren für den Wald (z. B. Witterung, Schaderreger oder hohe Schadstoffeinwirkungen) einschätzen zu können.

Stichprobenumfang: Im Rahmen der Waldschadenserhebung wurde im Sommer 2001 an 13 478 Probebäumen auf 446 Probepunkten der Kronenzustand angesprochen. Die Stichprobe umfasst 38 Baumarten. Dabei entfallen rund 85 % der Probebäume auf die vier Hauptbaumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche. Für die Auswertung werden neben diesen Baumarten noch die Gruppen „sonstige Nadelbäume“ und „sonstige Laubbäume“ dargestellt.

Zeitreihen: Die folgenden Zeitreihen stellen die Entwicklung des Waldzustandes für Deutschland seit 1984 auf der Grundlage des 16 x 16 km-Stichprobennetzes dar. Dabei sind folgende Besonderheiten zu beachten:

- Die Angaben für die Jahre bis 1989 gelten nur für die alten Länder.
- 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.

- 1990 wurde in Bayern und im Saarland wegen der Sturmschäden keine Waldschadenserhebung durchgeführt. Um die Zeitreihe dennoch fortsetzen zu können, wurden deren Ergebnisse aus 1989 auch für das Jahr 1990 verwendet. Damit war es möglich, auch 1990 ein Bundesergebnis zu berechnen.

III.1.1 Alle Baumarten

Der Anteil deutlicher Schäden im Durchschnitt aller Baumarten liegt auf Bundesebene nun bei 22 %. Er hat sich in den letzten Jahren insgesamt kaum verändert. Das Schadniveau liegt damit nahe am Ausgangsniveau zu Beginn der Waldschadenserhebung 1984 (23 %).

In die Warnstufe (leichte Kronenverlichtungen) fallen 42 % der Waldfläche. Der Anteil ungeschädigter Waldfläche ging von 44 % (1984) auf 36 % (2001) zurück.

Ältere Bäume sind – wie aus den folgenden Abbildungen für die Baumarten ersichtlich – von Kronenverlichtungen durchgehend stärker betroffen als jüngere.

Hinter den o. g. Mittelwerten stehen hinsichtlich Ausmaß und Trend der Kronenverlichtungen jedoch beträchtliche Unterschiede. Dies gilt sowohl für die verschiedenen Baumarten (siehe unten) als auch für die Regionen (vgl. Abschnitt VI, Ländererhebungen): So hat sich der Kronenzustand beispielsweise in Hessen, Sachsen und Schleswig-Holstein verbessert, in Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz dagegen verschlechtert.

Abbildung 1

Entwicklung der Schadstufenanteile (bis 1989 ohne neue Länder; 2001: 13 478 Bäume)

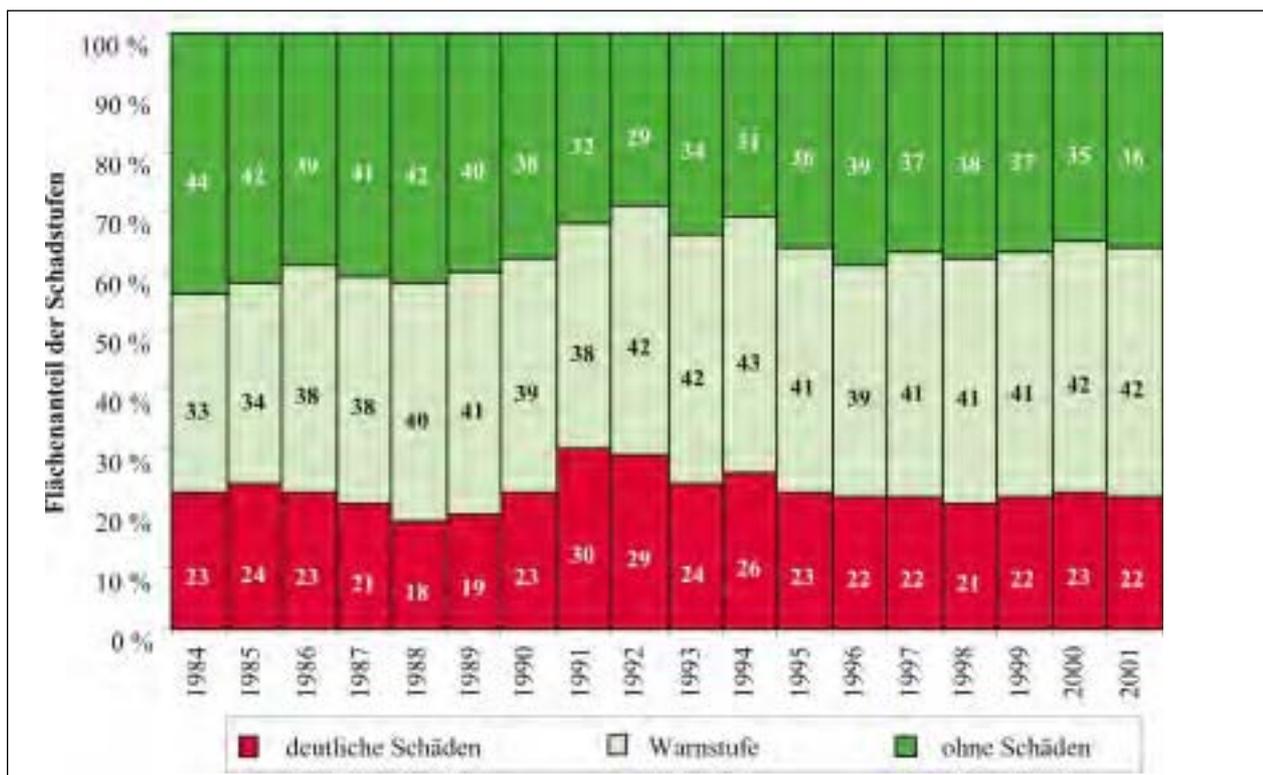


Abbildung 2

Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung (dunkelgrün: Schadstufe 0, hellgrün: Schadstufe 1, rot: Schadstufen 2 bis 4)

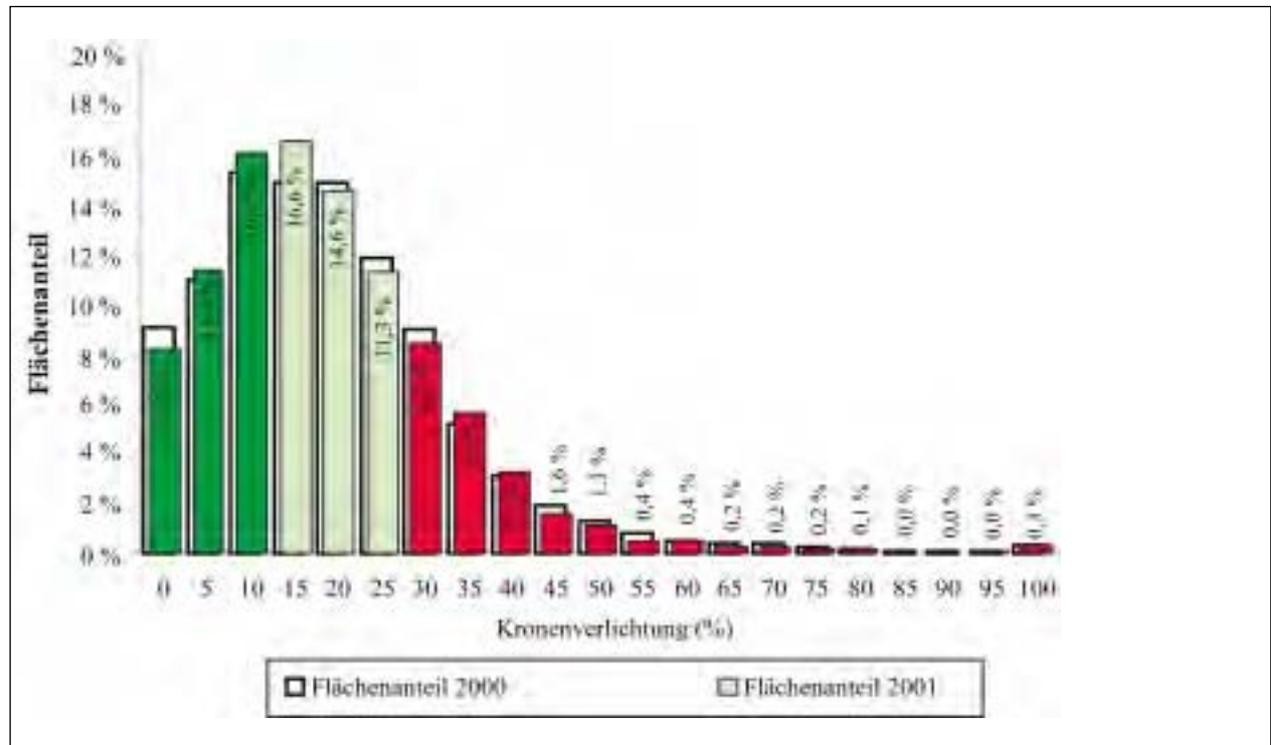
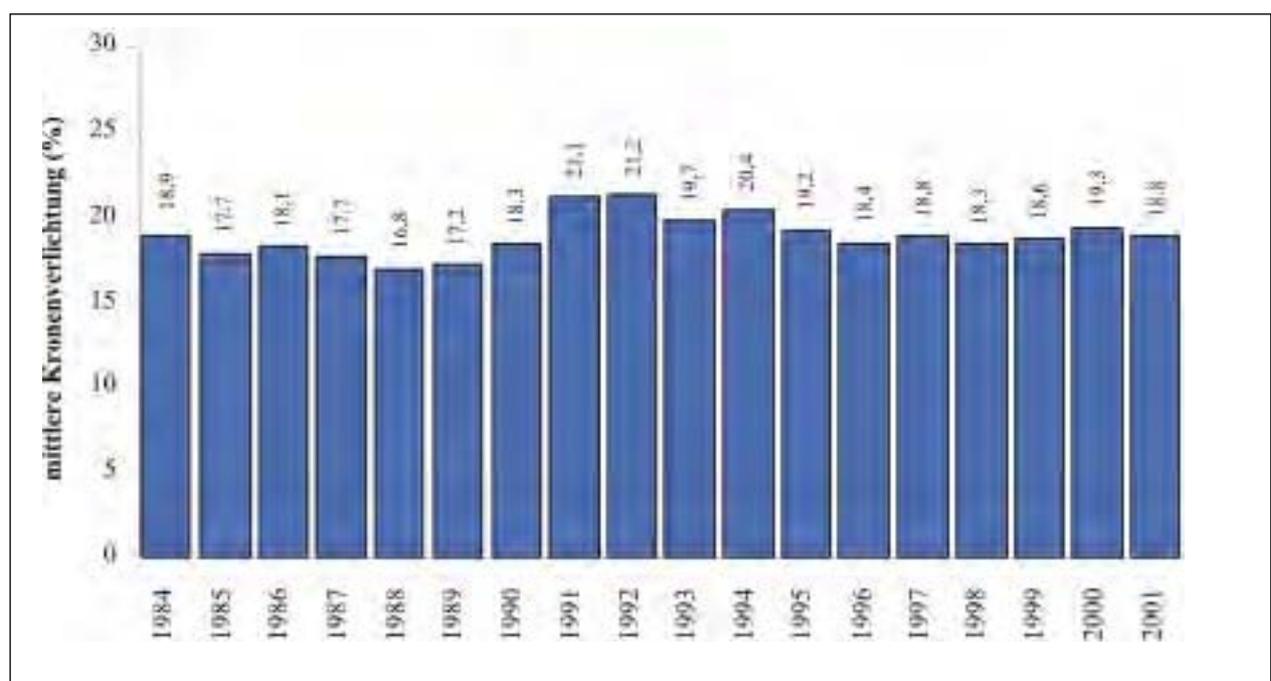


Abbildung 3

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



III.1.2 Fichte

Die Fichte ist die häufigste Baumart in Deutschland; sie ist auf einem Drittel der Waldfläche anzutreffen. In diesem Jahr weisen 26 % der Fichtenfläche deutliche Schäden auf. Die Warnstufe liegt bei 43 %. Der Anteil der Fichtenfläche ohne erkennbare Schäden liegt nun bei 31 % (vgl. Abbildung 4).

Die langjährige Zeitreihe veranschaulicht bei der Fichte eine Entwicklung der deutlichen Schäden, die sich bisher

zwischen 19 % (1988) und 33 % (1985) vollzogen hat, seit 1990 sogar nur noch zwischen 22 % und 30 %: Phasen der Schadzunahme wechseln sich mit Entspannungsphasen ab. Die deutlichen Schäden erreichten bei der Fichte ihren letzten Tiefpunkt 1996 (22 %). Seitdem haben sie wieder zugenommen, liegen aber deutlich unter dem Höchstwert von 1985 (33 %). Auch bei der Warnstufe ergibt sich in den letzten Jahren eine Zunahme. Der Anteil ohne erkennbare Schäden ging im gleichen Zeitraum dagegen deutlich zurück (vgl. Abbildung 4).

Abbildung 4

**Entwicklung der Schadstufenanteile
(bis 1989 ohne neue Länder;
2001: 4 617 Bäume)**

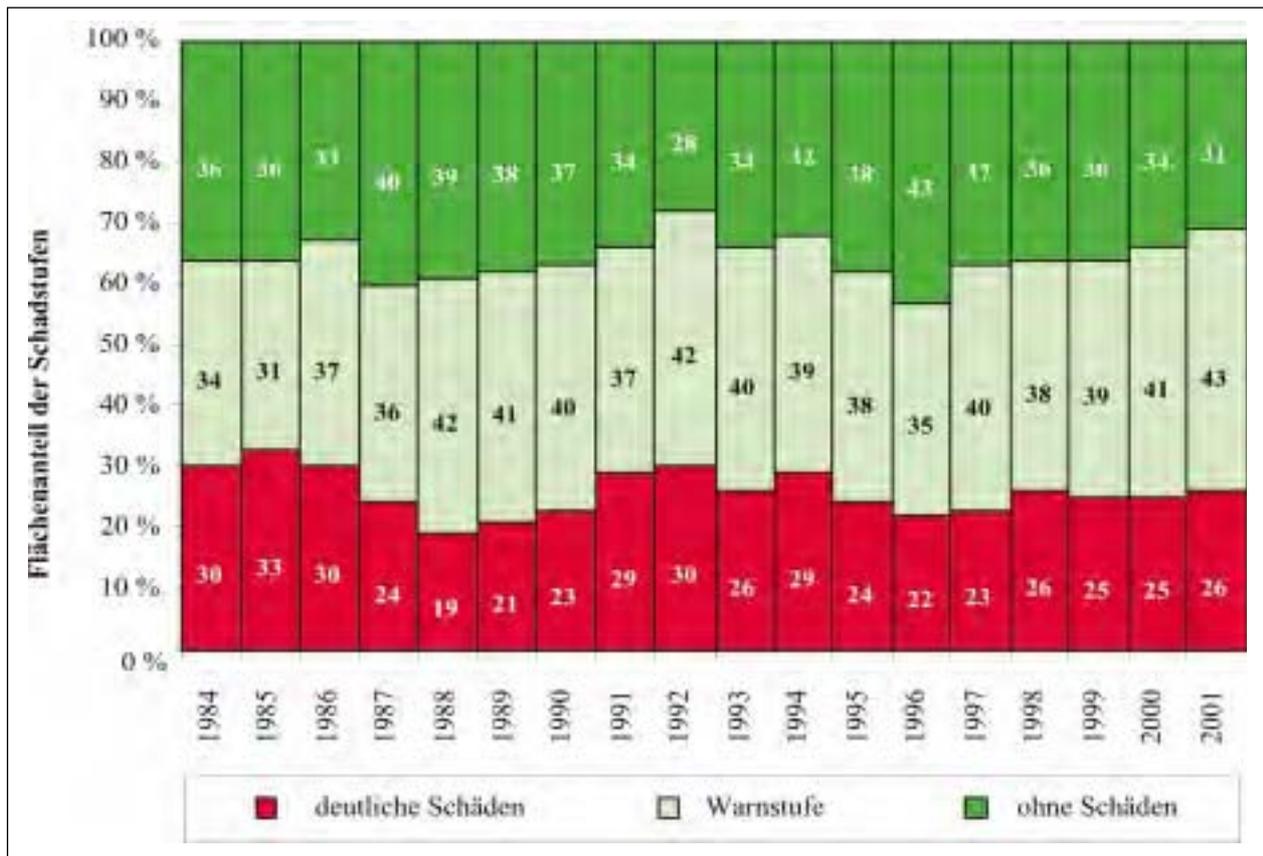


Abbildung 5

Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung (dunkelgrün: Schadstufe 0, hellgrün: Schadstufe 1, rot: Schadstufen 2 bis 4)

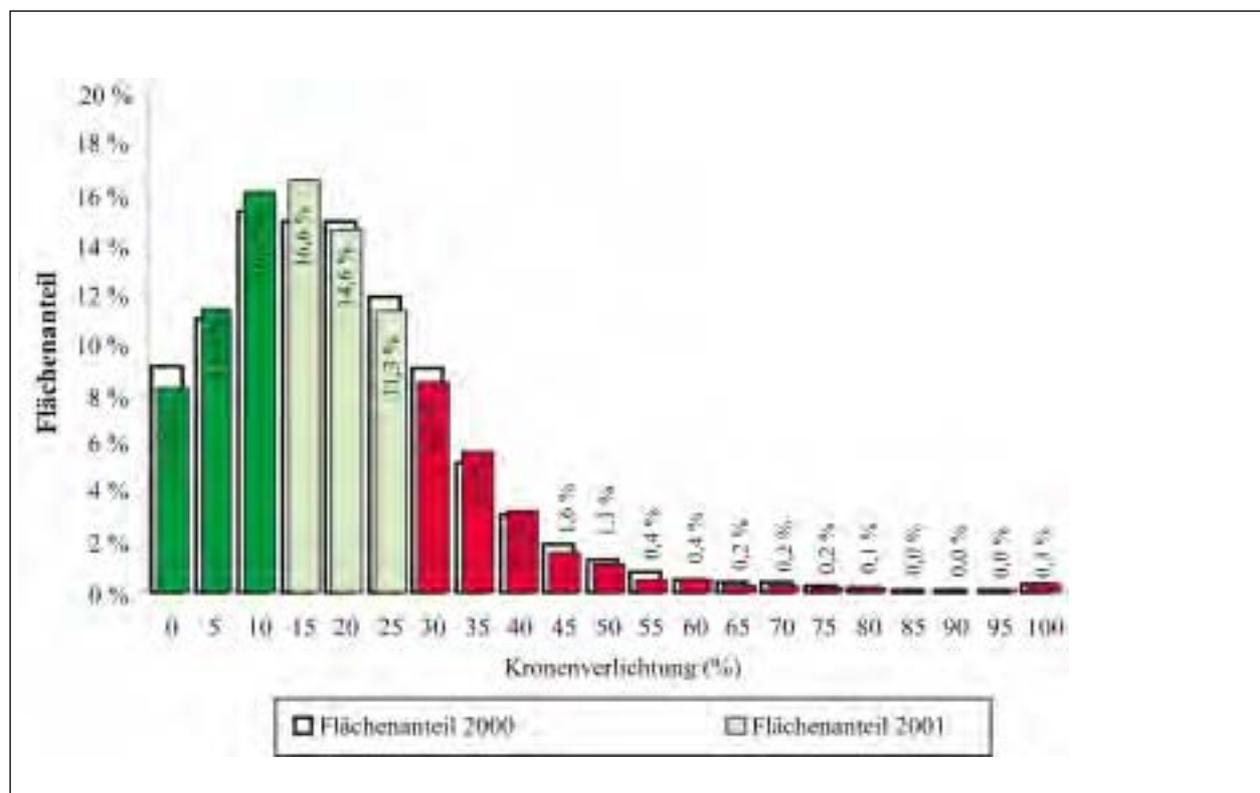


Abbildung 6

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung

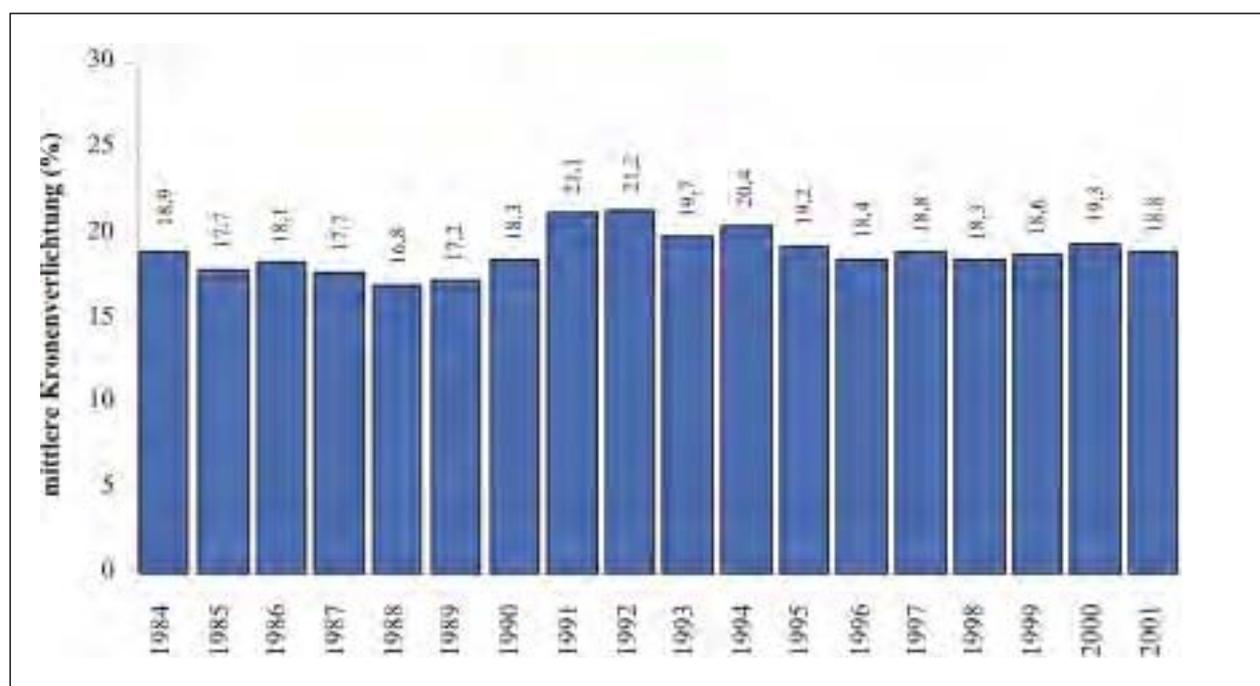
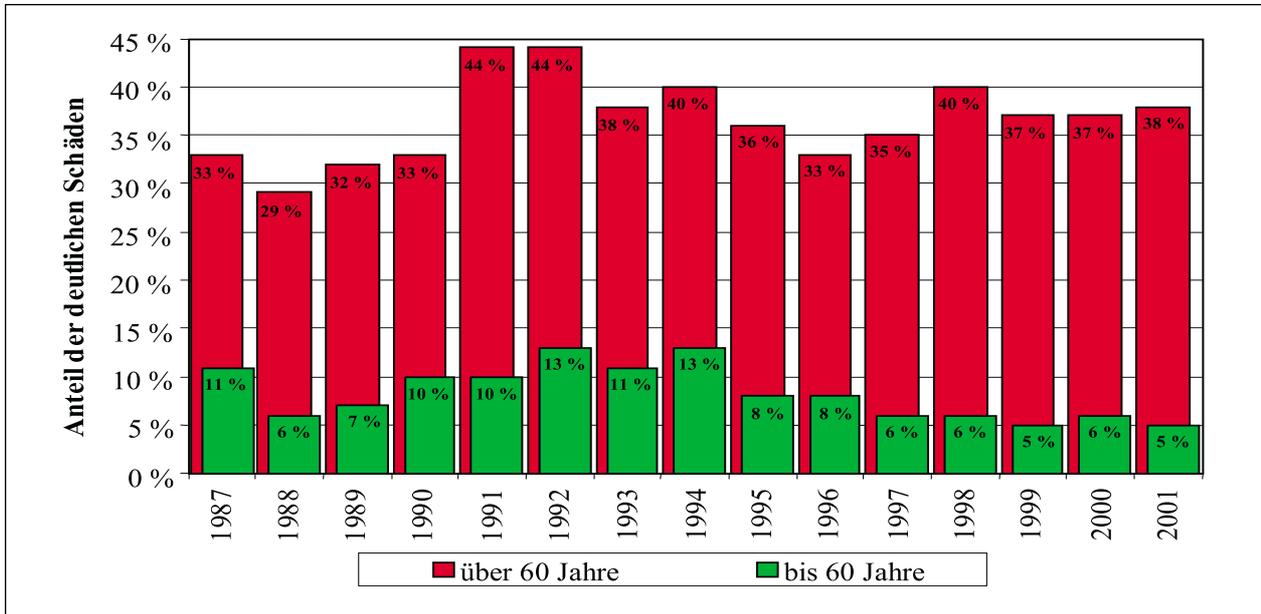


Abbildung 7

Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen (2001: bis 60 Jahre: 1 495 Bäume, über 60 Jahre: 3 102 Bäume)



III.1.3 Kiefer

Die zweithäufigste Baumart in Deutschland ist die Kiefer mit einem Anteil von 28 % an der Waldfläche. Gleichzeitig ist sie die von Kronenverlichtungen am wenigsten be-

troffene Hauptbaumart: Nur 14 % der Kiefernfläche weisen in diesem Jahr deutliche Schäden auf. Der Anteil der Warnstufe liegt bei 46 %. Ohne erkennbare Schäden sind 40 % der Kiefernfläche (vgl. Abbildung 8).

Abbildung 8

Entwicklung der Schadstufenanteile (bis 1989 ohne neue Länder; 2001: 4 004 Bäume)

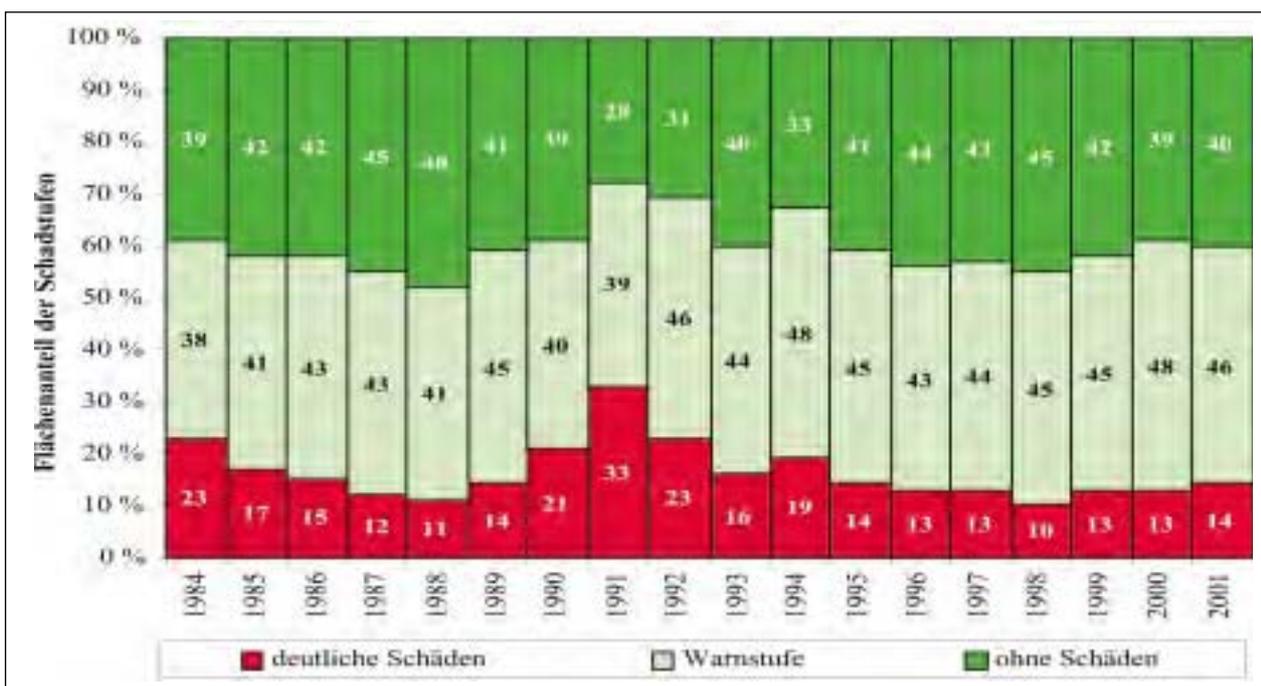


Abbildung 9

Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung (dunkelgrün: Schadstoffstufe 0, hellgrün: Schadstoffstufe 1, rot: Schadstoffstufe 2 bis 4)

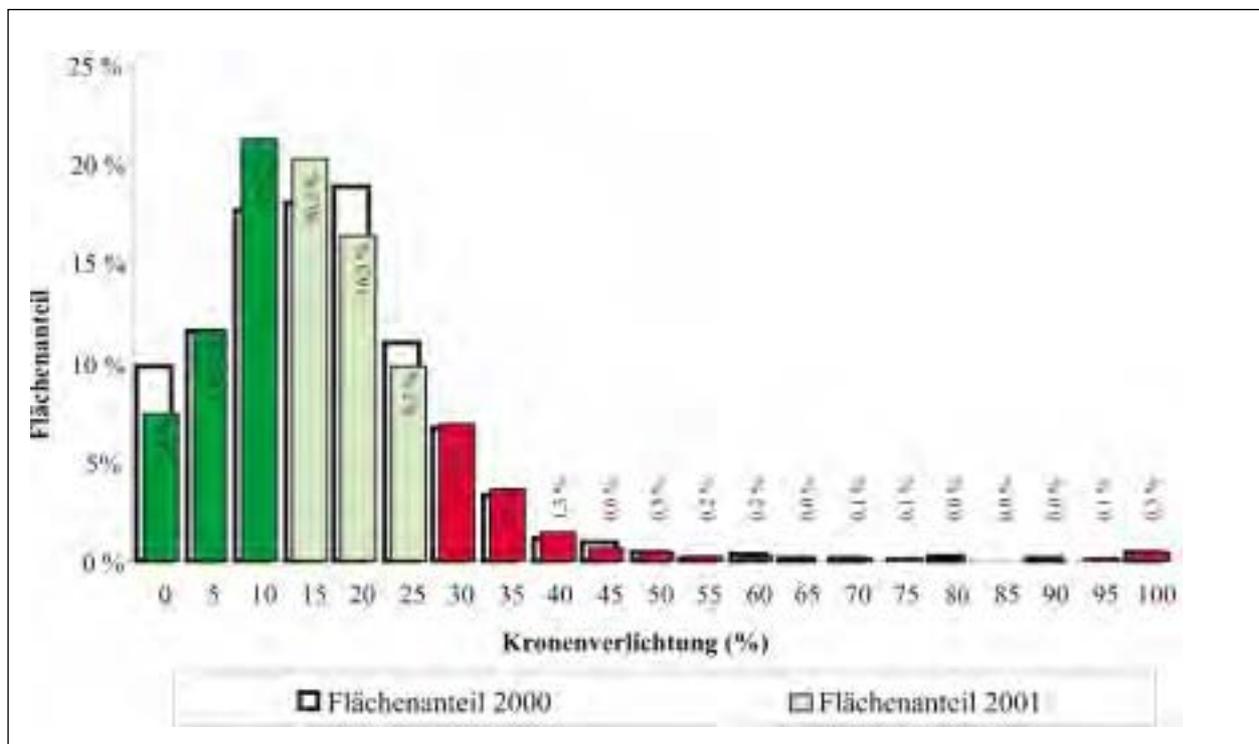
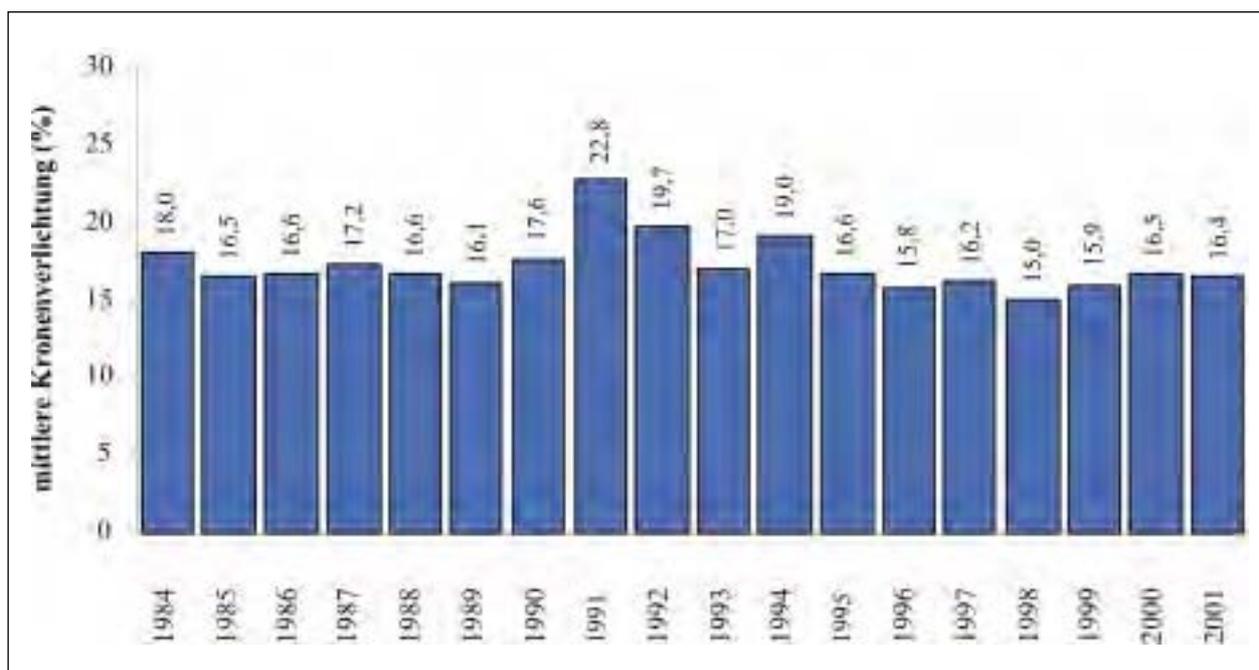


Abbildung 10

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung

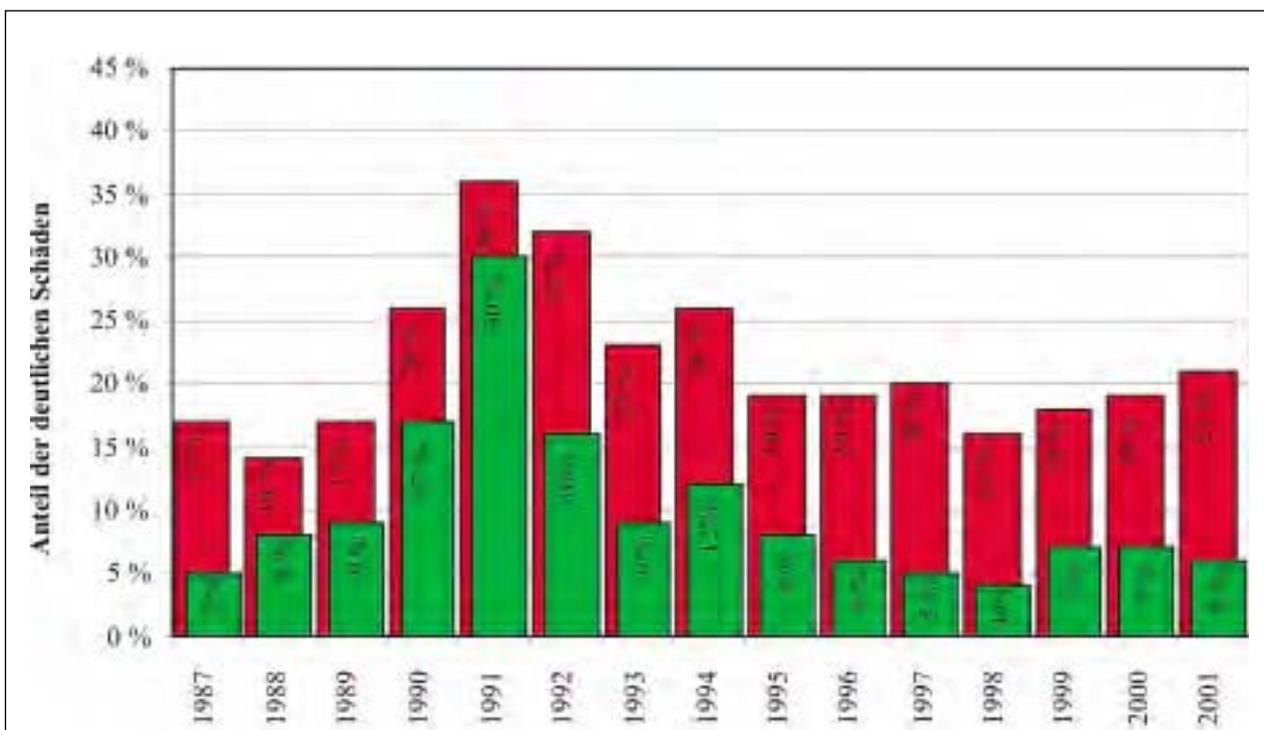


Die langjährige Zeitreihe zeigt bei der Kiefer zunächst einen deutlichen Rückgang der deutlichen Schäden (1984 bis 1988), gefolgt von einem jähen Anstieg bis auf 33 % (1991). Anschließend gingen die deutlichen Schäden bis auf 10 % (1998) zurück. Seitdem nimmt der Anteil deut-

licher Schäden wieder zu. Dies kommt von der Entwicklung bei den älteren Bäumen (vgl. Abbildung 11). In den letzten Jahren hat sich der Anteil der deutlichen Schäden dagegen kaum verändert. Das Schadenniveau hat sich gegenüber 1991 (33 %) mehr als halbiert.

Abbildung 11

Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen (2001: bis 60 Jahre: 1 704 Bäume, über 60 Jahre: 2 279 Bäume)



III.1.4 Buche

Die Buche ist mit ca. 14 % Anteil an der Waldfläche die am weitesten verbreitete Laubbaumart in Deutschland. In diesem Jahr weisen 32 % der Buchenfläche deutliche Schäden auf. Gegenüber dem Vorjahr (2000: 40 %) ist dies eine Entspannung, zu der die im Vergleich zum Vorjahr deutlich geringere Fruktifikation beigetragen hat (vgl. auch Abschnitt III.2.2). Damit ist der hohe Ausgangsstand des Jahres 1999 wieder erreicht. Das Schadniveau ist damit mehr als doppelt so hoch wie zu Beginn der Waldschadenserhebung

(1984: 13 %). Der Anteil der Warnstufe liegt bei 43 %, ohne erkennbare Schäden sind 25 % der Buchenfläche (vgl. Abbildung 12).

Die langjährige Zeitreihe ergibt – anders als bei Fichte und Kiefer – seit Mitte der 80er-Jahre einen Anstieg der deutlich geschädigten Buchen (vgl. Abbildung 12). Nach einem raschen Anstieg der deutlichen Schäden bis Anfang der 90er-Jahre hat sich die Dynamik in den letzten Jahren verlangsamt (Abbildung 14). Über die letzten Jahre nahmen die deutlichen Schäden insgesamt weiter zu.

Abbildung 12

**Entwicklung der Schadstufenanteile
(bis 1989 ohne neue Länder;
2001: 2 058 Bäume)**

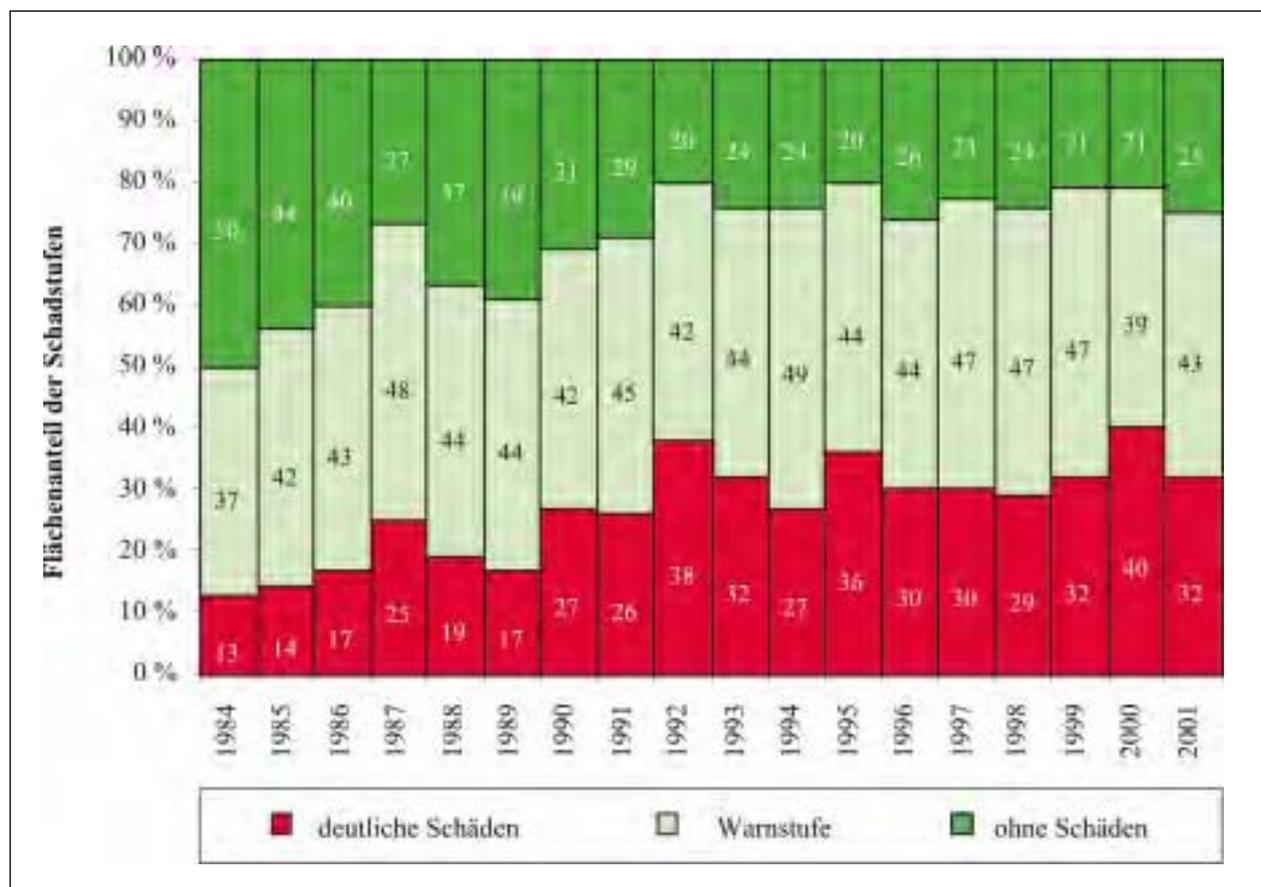


Abbildung 13

Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung (dunkelgrün: Schadstufe 0, hellgrün: Schadstufe 1, rot: Schadstufen 2 bis 4)

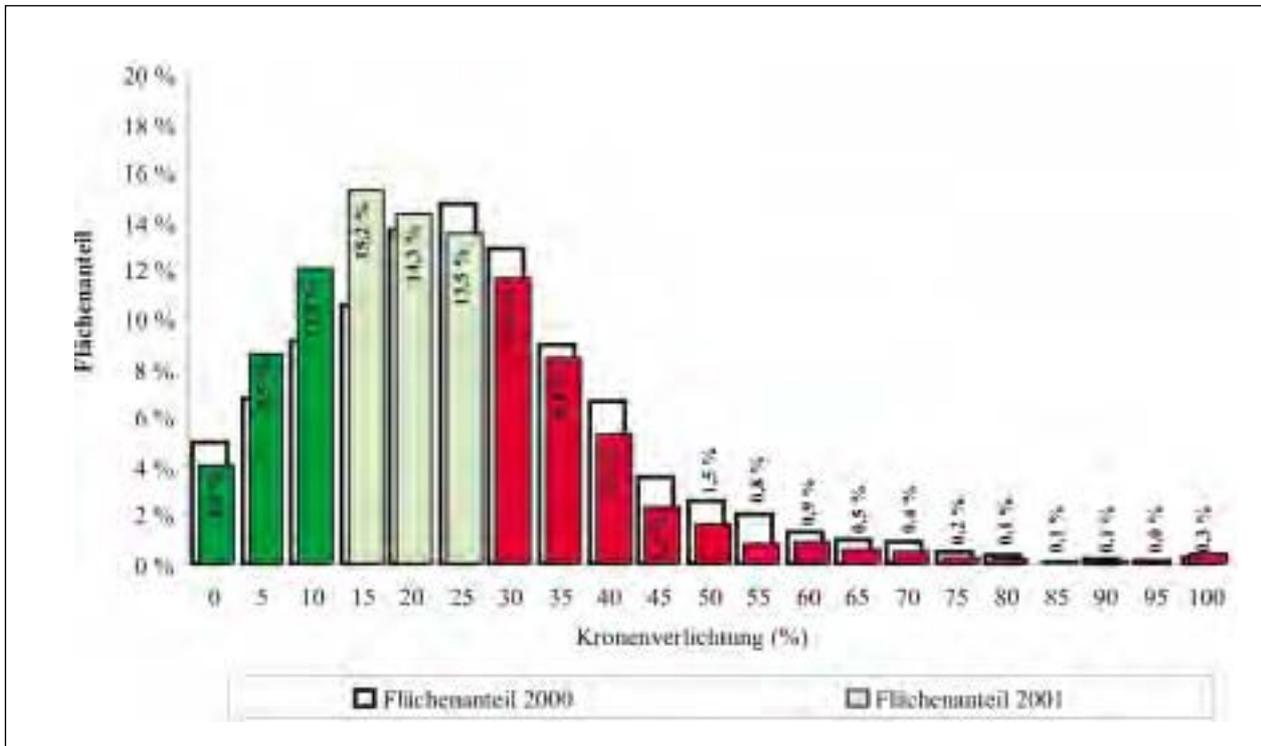


Abbildung 14

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung

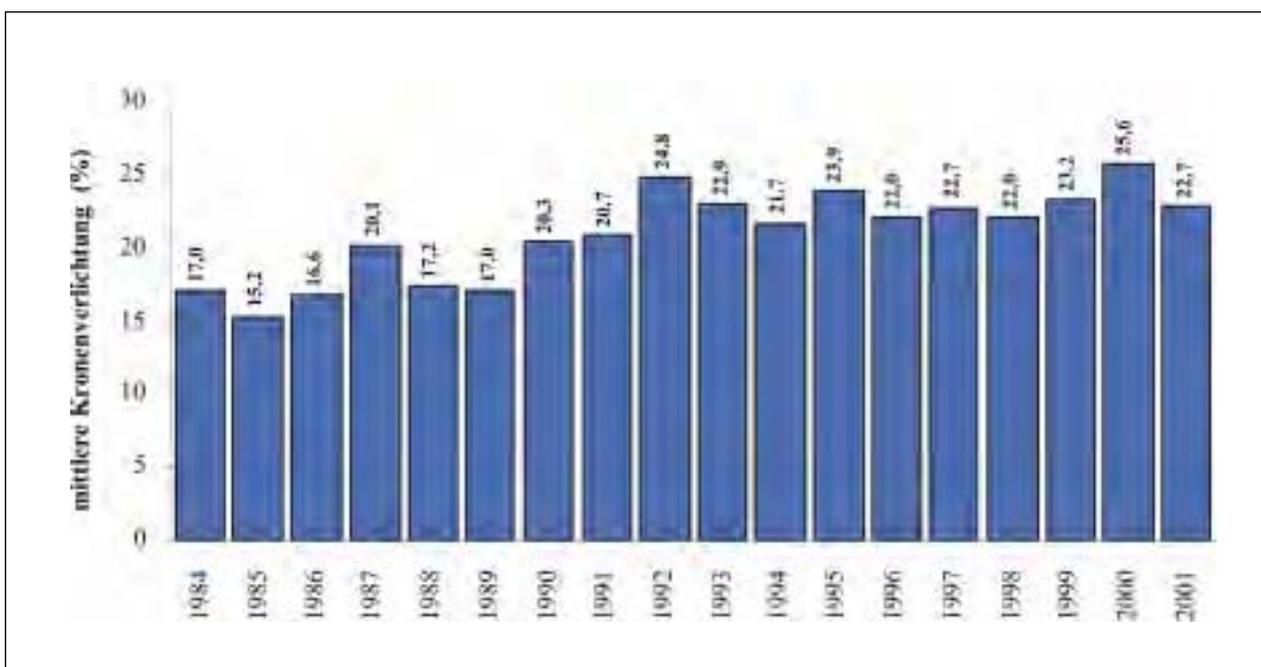
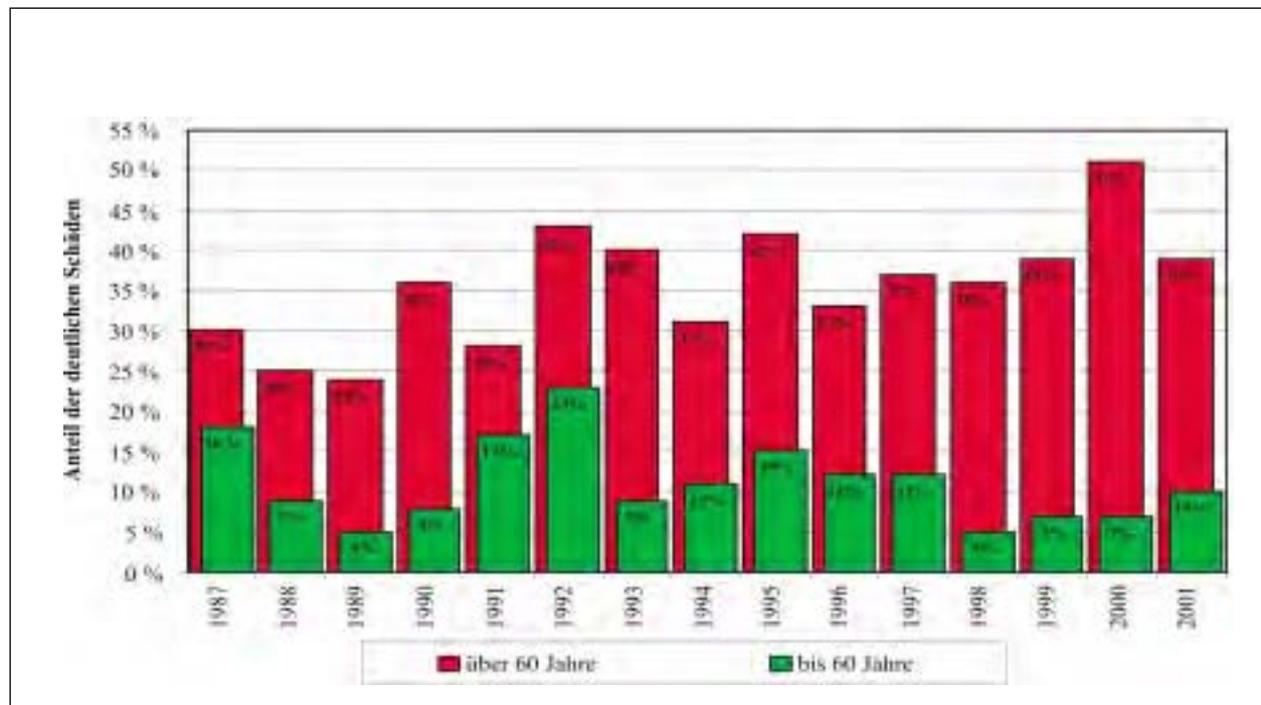


Abbildung 15

Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen (2001: bis 60 Jahre: 450 Bäume, über 60 Jahre: 1 598 Bäume)



III.1.5 Eiche

Die Eiche ist mit ca. 9 % Anteil an der Waldfläche die vierthäufigste Baumart in Deutschland. In diesem Jahr weisen 33 % der Eichenfläche deutliche Schäden auf. Der Anteil der Warnstufe liegt bei 46 %. Ohne erkennbare Schäden sind unverändert 21 % der Eichenfläche (vgl. Abbildung 16).

Im Vergleich der Zeitreihen der verschiedenen Baumarten ergibt sich bei der Eiche die größte Dynamik: Zu Beginn der Waldschadenserhebung war sie mit 9 % (1984) noch am geringsten betroffen. Doch dann nahmen die deutlichen Schäden rasch und stetig zu. 1996/97 erreichten sie

mit 47 % einen absoluten Höchststand. Bei keiner anderen Hauptbaumart erreichen die deutlichen Schäden so hohe Werte.

Im Gegensatz zur Buche ergibt sich in den letzten Jahren auf Bundesebene jedoch eine erhebliche Entspannung: Der Anteil deutlicher Schäden ging seit 1997 um 14 Prozentpunkte zurück. Damit scheint der zwischen 1984 und 1996/97 vorherrschende langjährige Trend zunehmender Kronenverlichtung gebrochen. Gleichwohl ist das Schadenniveau immer noch mehr als dreimal so hoch wie 1984 (9 %). Besonders hoch sind die Schäden bei den älteren Eichen (vgl. Abbildung 19, Seite 18).

Abbildung 16

**Entwicklung der Schadstufenanteile
(bis 1989 ohne neue Länder;
2001: 761 Bäume)**

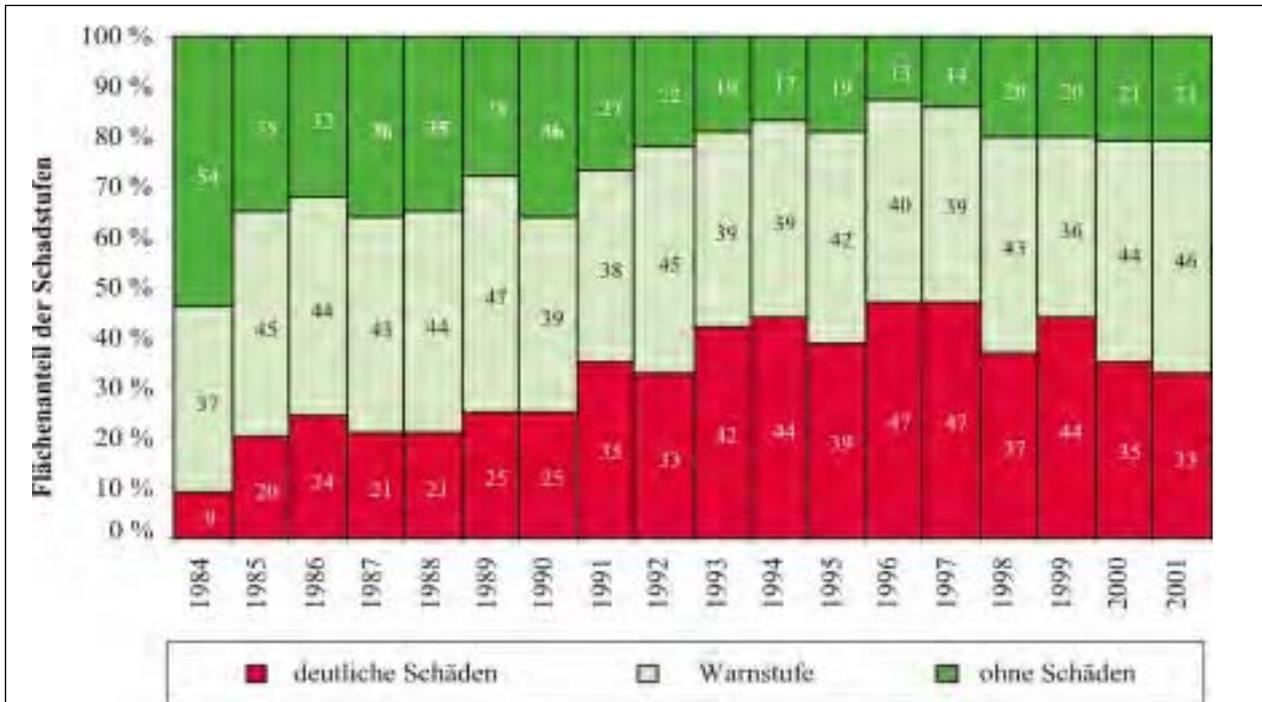


Abbildung 17

**Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung (dunkelgrün: Schadstufe 0,
hellgrün: Schadstufe 1, rot: Schadstufen 2 bis 4)**

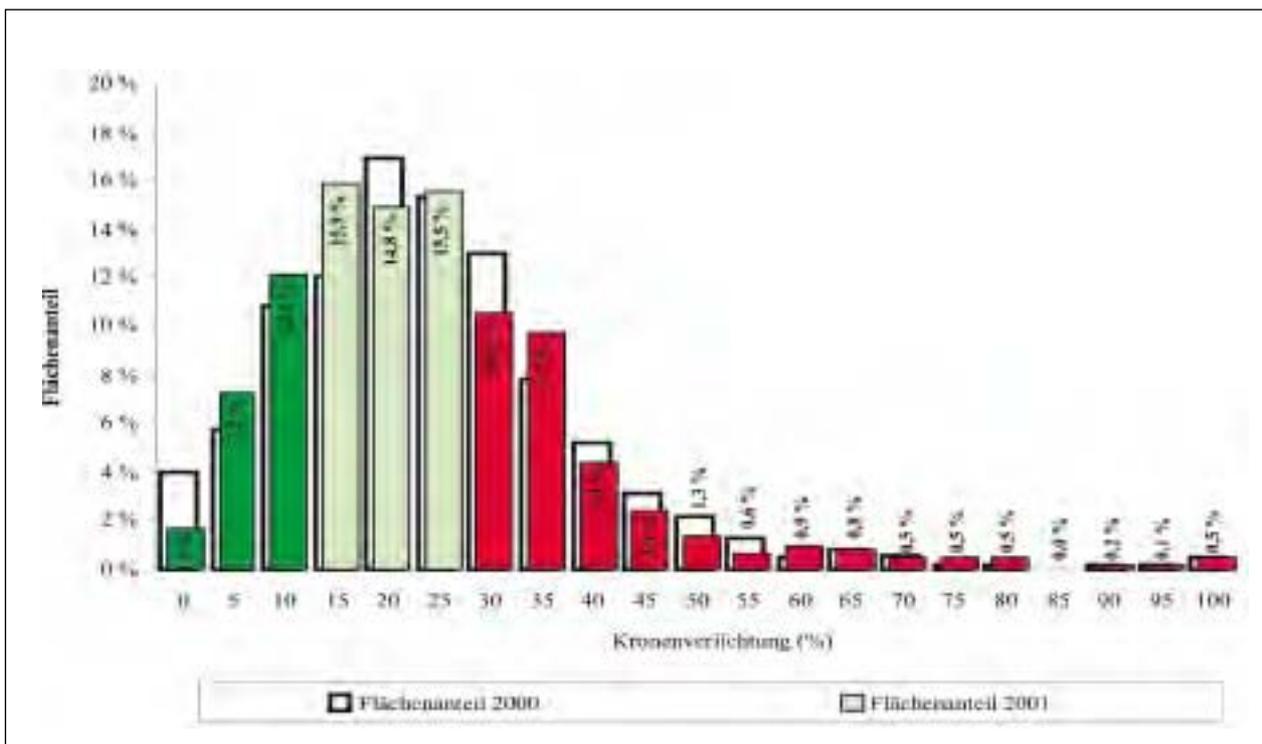


Abbildung 18

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung

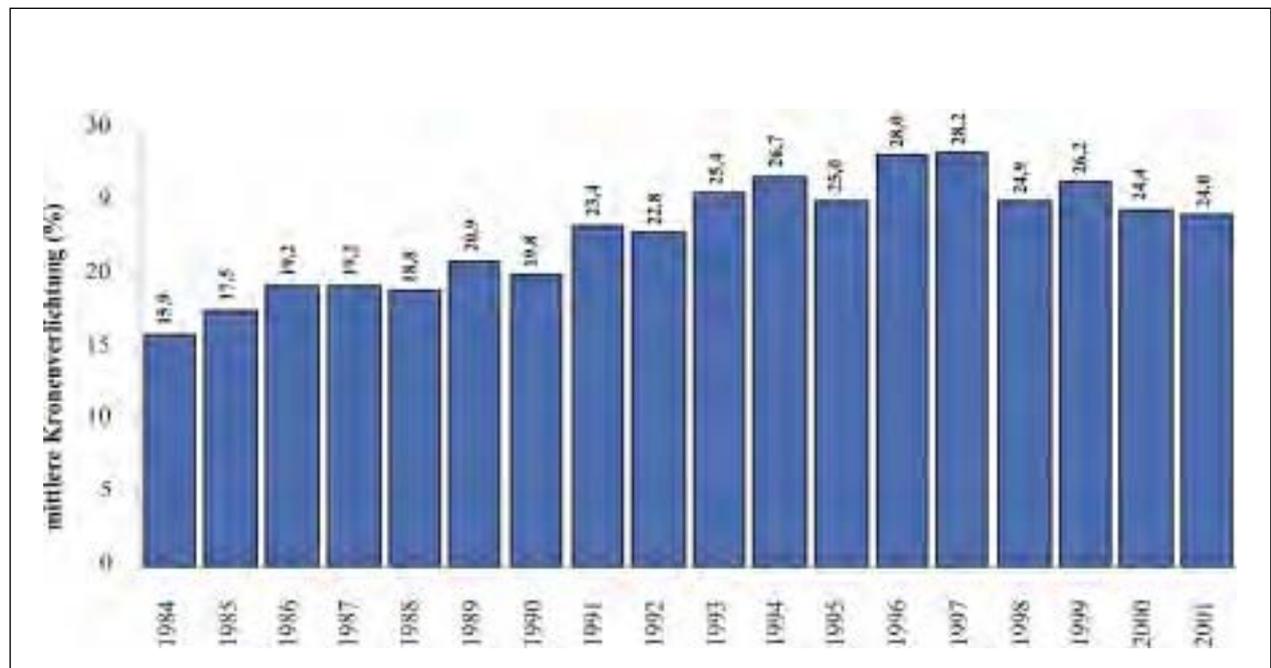
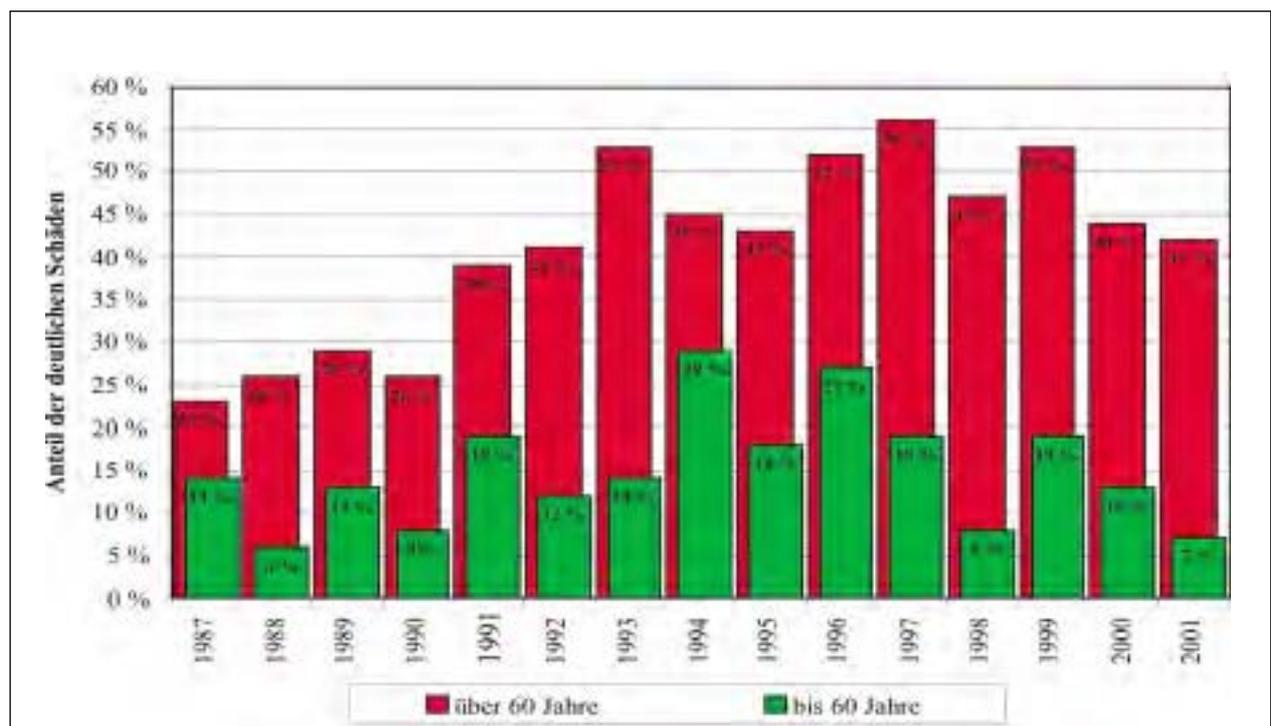


Abbildung 19

Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen (2001: bis 60 Jahre: 167 Bäume, über 60 Jahre: 537 Bäume)



III.1.6 Andere Nadelbäume

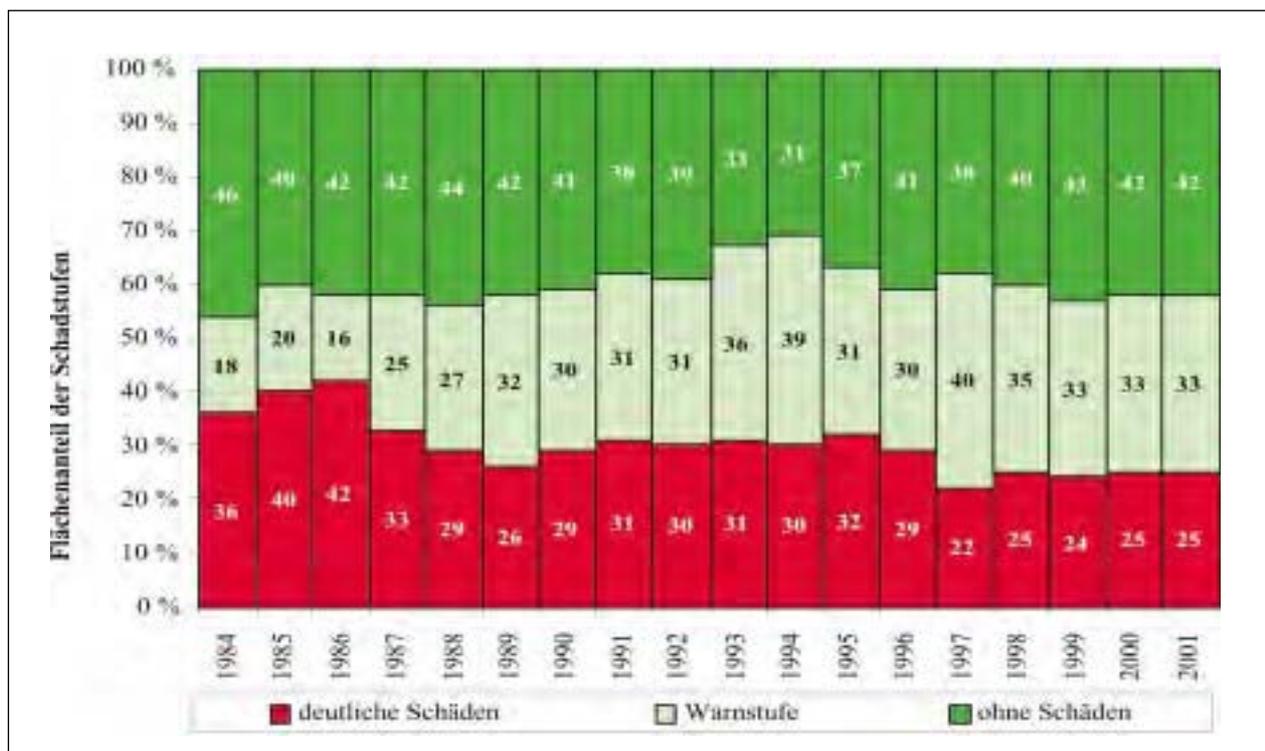
Bei der Gruppe der „anderen Nadelbäume“ (geprägt vor allem durch Tanne: 36 %; Lärche: 31 % und Douglasie: 25 %) hat sich die Situation beim Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr nicht verändert: 25 % weisen deutliche

Schäden auf, 33 % entfallen auf die Warnstufe, 42 % sind ohne erkennbare Schäden (vgl. Abbildung 20).

Das Niveau der deutlichen Schäden ist seit 1986 gesunken. Seit 1997 bewegen sie sich zwischen 33 % (1987) und 22 % (1997).

Abbildung 20

Entwicklung der Schadstufenanteile (v. a. Tanne, Lärche, Douglasie; bis 1989 ohne neue Bundesländer; 2001: 716 Bäume



III.1.7 Andere Laubbäume

Bei der Gruppe der „anderen Laubbäume“ (geprägt vor allem durch Erle: 21 %, Birke: 17 %, Esche: 13 %, Ahorn: 12 %) weisen unverändert 12 % der Fläche deutliche Schäden auf. Die Warnstufe ging auf 31 % zurück (2000: 33 %),

der Anteil ohne sichtbare Schäden liegt inzwischen wieder bei 57 % (2000: 55 %; vgl. Abbildung 21).

Die langjährige Zeitreihe zeigt einen Anstieg bis 1992. In den Folgejahren verbessert sich der Kronenzustand wieder, allerdings ohne bisher auf das Ausgangsniveau zurückzusinken.

Abbildung 21

Entwicklung der Schadstufenanteile (v. a. Erle, Birke, Esche, Ahorn; bis 1989 ohne neue Länder; 2001: 1322 Bäume)

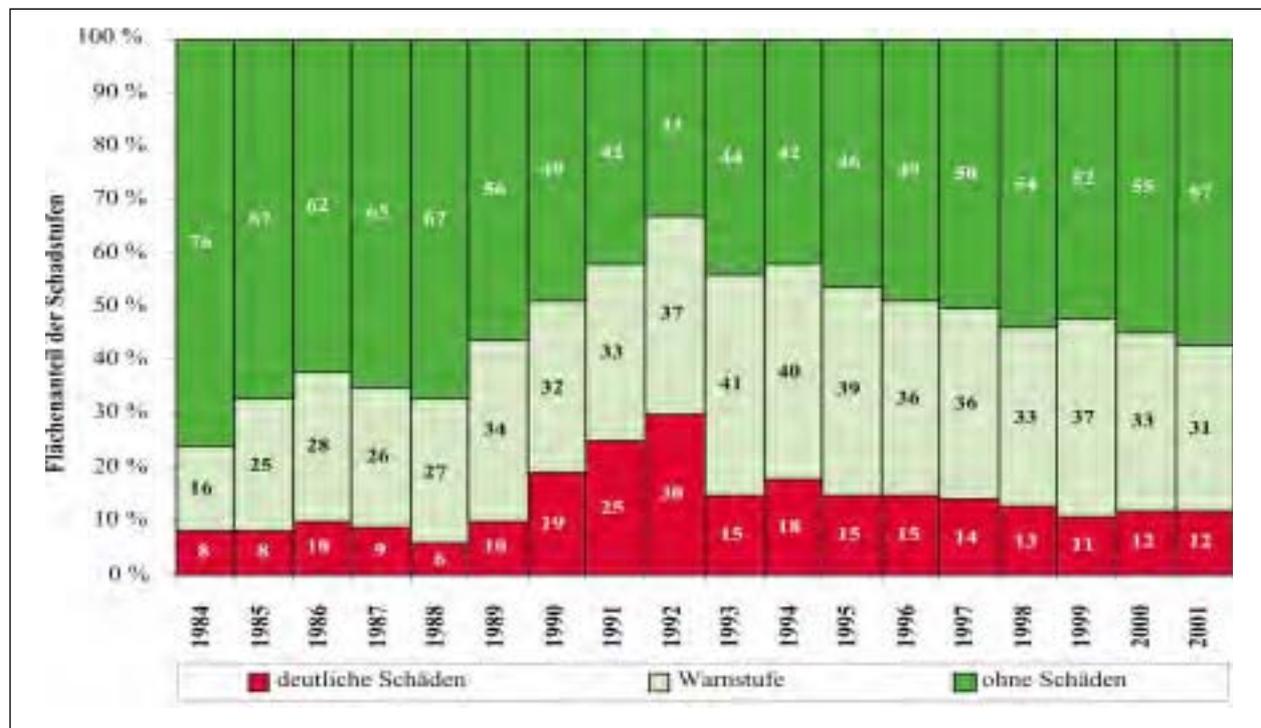
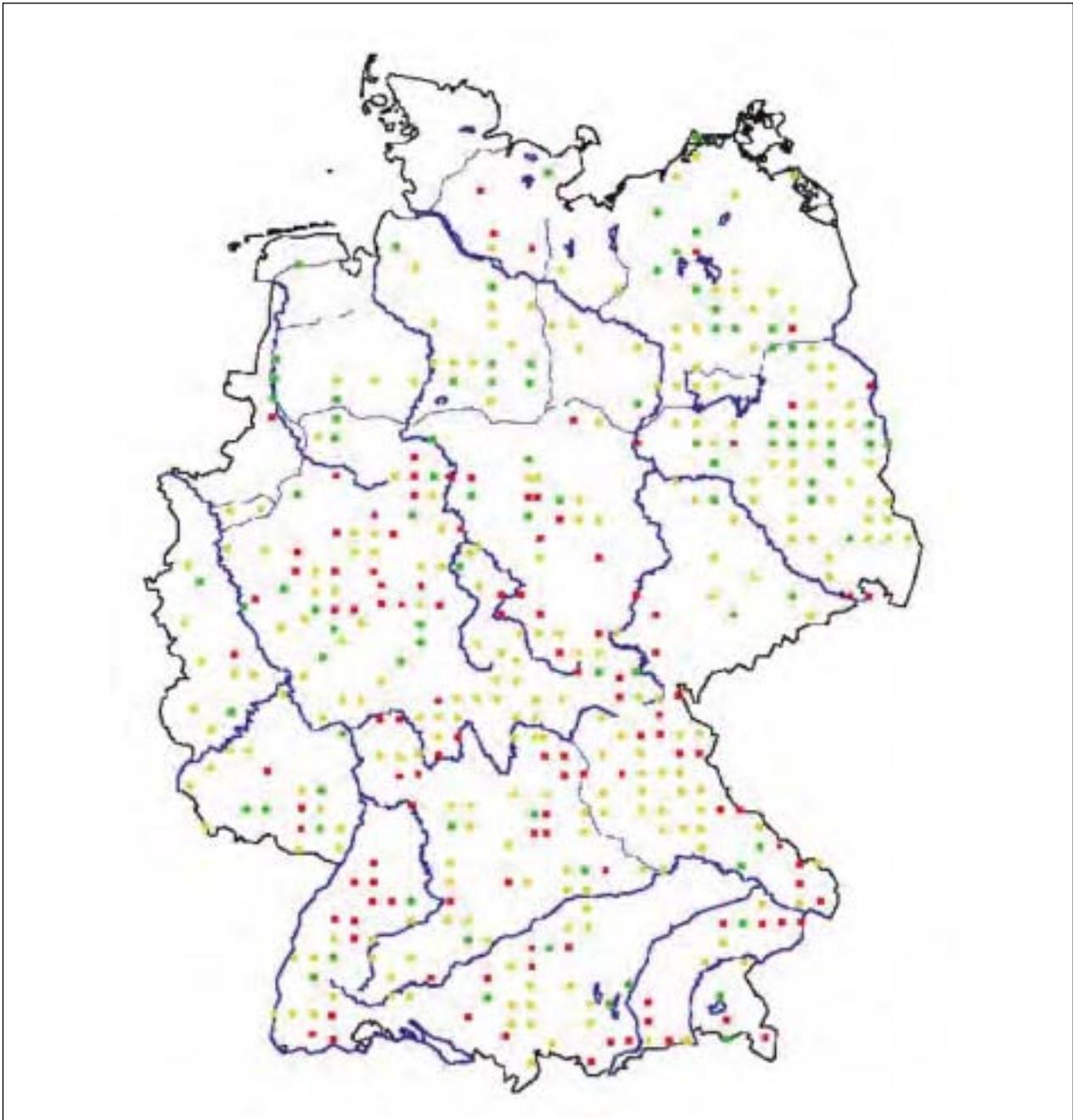


Abbildung 22

Mittlere Kronenverlichtung 2001 je Stichprobenpunkt (Grün: bis 10 %, Gelb: über 10 bis 25 %, Rot: über 25 %)



III.1.8 Räumliche Verteilung

Die Karte gibt einen groben Überblick über die räumliche Verteilung der mittleren Kronenverlichtung an den 446 Probepunkten des 16 km x 16 km-Stichprobennetzes (Abbildung 22). 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.

III.1.9 Statistische Sicherheit

Mit Blick auf die statistische Zuverlässigkeit der Waldschadenserhebung spielen insbesondere folgende Aspekte eine Rolle:

- Schätzgenauigkeit: Die Waldschadenserhebung beruht auf der visuellen Einschätzung des Kronenzustands durch geschulte Gutachter (vgl. Verfahrensbeschreibung in Anlage 1). Um eine möglichst genaue und v. a. übereinstimmende Kroneneinschätzung zu erreichen, finden jährlich Abstimmungskurse der Inventurleiter des Bundes und der Länder statt. Eine Auswertung der Ergebnisse dieser Abstimmung (Anlage 2) zeigt, dass die Einschätzung des Kronenzustands bundesweit insgesamt sehr homogen und zuverlässig ist.
- Stichprobenfehler: Die Waldschadenserhebung ist ein Stichprobenverfahren. Es ist so gewählt, dass aus der Begutachtung kleiner Teile der Waldfläche zuverlässige Rückschlüsse auf den Gesamtzustand möglich sind. Da die Probestämme nach dem Zufallsprinzip 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 23 dargestellt.
- Ersatz von Stichprobenbäumen: Jedes Jahr scheiden einige der Stichprobenbäume aus dem Beobachtungskollektiv aus. Dies kann verschiedene Gründe

haben. Einer der wichtigsten ist die reguläre Holzernte. Die Wälder, in denen die Aufnahmepunkte der Waldschadenserhebung liegen, werden forstlich bewirtschaftet.

Ausgeschiedene Stichprobenbäume werden – sofern Nachbarbäume vorhanden sind – sofort ersetzt, ansonsten einige Jahre später, wenn junge Bäume nachgewachsen sind. Stichprobenbäume werden aber auch ersetzt, wenn die Baumkrone nicht mehr ansprechbar ist. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn die Baumkrone durch Sturm- oder Schneebruch stark beschädigt ist, oder wenn sie von Nachbarbäumen vollständig überwachsen wurde. Der Ersatz für die ausgeschiedenen Stichprobenbäume ist notwendig, damit die Waldschadenserhebung den aktuellen Zustand des Waldes widerspiegelt.

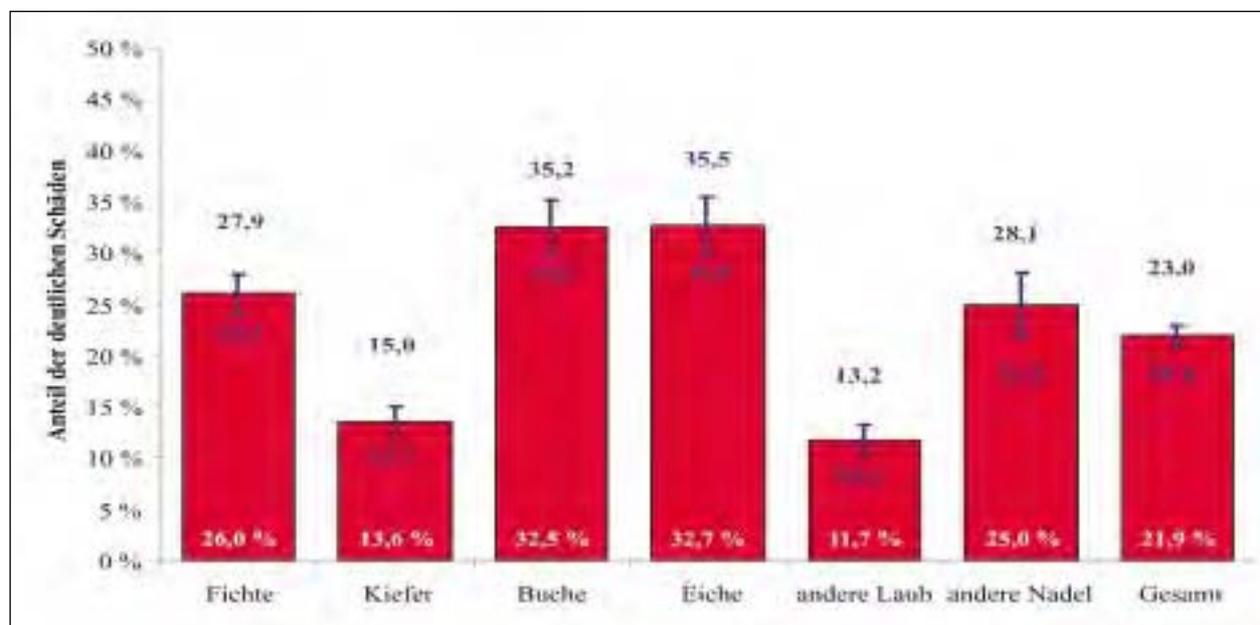
Im Rahmen der diesjährigen Waldschadenserhebung wurde der Kronenzustand von 13 478 Bäumen ausgewertet. Von 2000 zu 2001 sind insgesamt 640 bzw. 4,7 % der Stichprobenbäume ausgeschieden, darunter ein kompletter Probepunkt.

Die Stichprobenbäume sind aus folgenden Gründen ausgeschieden:

- 267 Bäume wurden im Rahmen planmäßiger Holznutzung entnommen.
- 56 Bäume schieden wegen abiotischer Einflüsse (Sturmwurf/Kronenbruch) aus.

Abbildung 23

**Anteil deutlicher Schäden (Säule) und Stichprobenfehler (Intervallklammer) im Jahr 2001
(mit 68 % Wahrscheinlichkeit liegt der wahre Anteil in dem
blau gekennzeichneten Bereich)**



- 21 Bäume schieden aus, weil sie im Wachstum hinter die bestandesbildenden Bäume zurückgefallen und nicht mehr am Kronendach beteiligt sind.
- 12 Bäume schieden aus, weil sie inzwischen alles Feinreisig verloren hatten; sie waren in den Vorjahren aufgrund von Insekten und/oder Pilzbefall abgestorben und gingen in diesen Jahren mit jeweils 100 % Kronenverlichtung in die Erhebung ein.
- 284 Bäume sind ausgeschieden, ohne dass im Rahmen der Waldschadenserhebung die Ursachen für eine Entnahme (281) bzw. für ein Absterben (3) ermittelt werden konnte.

Insgesamt wurden 396 Probebäume, darunter drei Probepunkte erstmals aufgenommen.

III.2 Einflussfaktoren auf den Waldzustand

Verschiedenste Faktoren beeinflussen die Stabilität der Waldökosysteme und die Vitalität der Waldbäume. Dies sind insbesondere

1. Witterung,
2. Fruktifikation (v. a. bei der Buche),
3. Schadorganismen (v. a. Pilze und Insekten) sowie
4. vom Menschen verursachte Stoffeinträge in den Wald.

Diese Faktoren beeinflussen sich auch wechselseitig. Sie können sich in ihrer Wirkung auf den Wald verstärken oder abschwächen. Bei einem ungünstigen Witterungsverlauf erhöht sich z. B. die Empfindlichkeit eines Baumes gegenüber Luftschadstoffen oder Insektenbefall: Bäume unter hohem Witterungsstress (z. B. Trockenheit) sind anfälliger für zusätzliche Belastungen als Bäume, die optimale Witterungsbedingungen haben.

Für die Beurteilung des aktuellen Waldzustands ist jedoch nicht nur die aktuelle Konstellation dieser Umweltfaktoren wichtig, sondern auch deren Entwicklung in den Jahren vorher: Die aktuelle Benadelung/Belaubung ist z. B. in wesentlichen Teilen Ergebnis der Knospenbildung im vorangegangenen Herbst. Diese wiederum wird maßgeblich von den Niederschlägen und den Temperaturen in den vorausgehenden Monaten beeinflusst. Noch langfristiger wirken die durch Stoffeinträge hervorgerufenen Änderungen in den Waldböden: Die Waldböden regenerieren nur sehr langsam; dort sind die Stoffeinträge von Jahrzehnten gespeichert.

III.2.1 Witterung

Das Jahr 2000 war – bis auf den kühlen Juni – überdurchschnittlich warm (insbesondere war der Winter außergewöhnlich mild) und in den meisten Monaten vielerorts auch zu trocken. Dies war für die meisten Wälder ungünstig. Vorteilhaft für das Wachstum und die Vitalität der Waldbäume waren allerdings die überdurchschnittlich hohen Niederschläge im März und Juli. Sie dürften wesentlich dazu beigetragen haben, die Bodenwasserspeicher soweit aufzufüllen, dass es während der Vegetationsphase nur in wenigen Regionen zu Trockenstress kam.

Ungünstig für den Waldzustand war der allgemein zu milde und vielfach auch zu trockene Winter 2000/2001. Allerdings blieben die Wälder von großen, überregionalen Stürmen und Schneebruchereignissen verschont.

Das Jahr 2001 war bisher zwar überwiegend zu warm, aufgrund der Niederschlagsentwicklung aber für die Wälder nicht ungünstig: Die Niederschläge waren in den meisten Regionen überdurchschnittlich hoch. Entscheidende Teile der Vegetationszeit (v. a. April und Juni, regional auch März) waren außergewöhnlich kühl und feucht. Der Trockenstress in den zu warmen und trockenen Monaten Mai und Juli hielt sich daher in den meisten Regionen in Grenzen. Auch die Vermehrung von Schadinsekten (s. u.) wurde dadurch gehemmt.

Insgesamt haben Niederschlagsverteilung und Temperaturentwicklung von Sommer 2000 bis Sommer 2001 in den meisten Regionen Wachstum und Vitalität der Waldbäume wiederum begünstigt bzw. nicht übermäßig belastet.

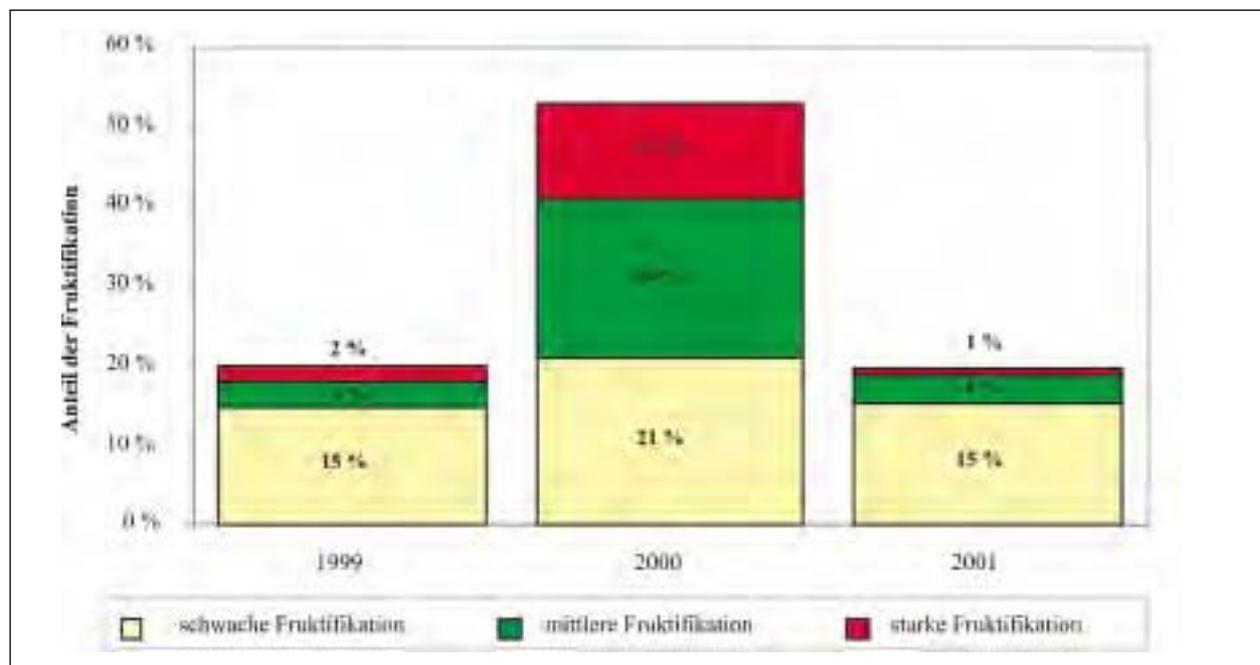
III.2.2 Fruktifikation (Buche)

Seit 1999 stehen die nach bundeseinheitlichen Methoden erhobenen Informationen zur Intensität der Fruktifikation für alle Probepunkte des 16 x 16 km-Netzes zur Verfügung. Dieses Merkmal hat besondere Bedeutung bei der Buche: Hier besteht ein Zusammenhang zwischen Intensität der Fruktifikation und Kronenzustand: Je stärker die Fruktifikation, desto schlechter ist i. d. R. der Kronenzustand. Die Ausbildung vieler Früchte ist für die Buche mit einem erheblichen Energie- und Reservestoffverbrauch verbunden.

In diesem Jahr zeigen nur 5 % der älteren Buchen mittleren und starken Fruchtanhang; im Vorjahr waren es dagegen 32 % (vgl. Abbildung 24). Damit ist der Einfluss der Fruktifikation auf den Kronenzustand in diesem Jahr gering. Nach der zusätzlichen Belastung der älteren Buchen durch die Fruktifikation im Vorjahr konnten sich die Bäume daher dieses Jahr wieder erholen (vgl. Abschnitt III.1.4).

Abbildung 24

Häufigkeit der Fruktifikation bei Buche über 60 Jahre



III.2.3 Schadorganismen

Im Rahmen der Waldschadenserhebung werden – soweit möglich – auch direkt erkennbare Schadursachen erfasst. Fraßschäden durch Insekten können dabei i. d. R. gut zugeordnet werden und werden entsprechend häufig vermerkt. In diesem Jahr wurden an rund 9 % der Probebäume Fraßschäden von Insekten festgestellt. Insgesamt waren 3 % der Nadelbäume und 21 % der Laubbäume betroffen, wobei die Fraßschäden allerdings fast ausschließlich von geringer Intensität waren.

Insgesamt spielen Insektenfraß und andere Schaderreger in diesem Jahr auf Bundesebene nur eine geringe Rolle. Dies ist auch das Ergebnis einer Sonderumfrage bei den Wald- bzw. Forstschutzsachverständigen des Bundes und der Länder. Regional haben sie z. T. Schäden verursacht (z. B. die Buchenkomplexkrankheit), wie im Folgenden skizziert wird.

Komplexkrankheiten

- Regional gibt die sog. Buchenkomplexkrankheit (auch „Buchensterben“) Anlass zur Sorge: Seit Sommer 2000 tritt dieses Phänomen regional begrenzt in Nordrhein-Westfalen (Hocheifel, Sauerland) und Rheinland-Pfalz (Eifel) auf. Der Schadensschwerpunkt mit hohen Ausfällen liegt jedoch im benachbarten Ausland (Belgien, Nordluxemburg und im Nordosten Frankreichs). Die Symptome dieser Komplexkrankheit sind eine rasche Blattwelke, absterbende Äste, großflächige Rindennekrosen und der Befall von holzbrütenden Borkenkäfern (v. a. *Trypodendron domesticum*, *Hylecoetus dermestoides*, *Anisandrus dispar*). Betroffene Bäume sterben i. d. R. rasch ab. Die Erkrankung tritt einzelbaum- bis gruppenweise auf und führt zu

Verlichtungen der Bestände. Der Schadholzanfall beträgt in Rheinland-Pfalz ca. 7 000 m³ und in Nordrhein-Westfalen 4 000 m³. Die Ursachen für die Buchenkomplexkrankheit sind noch unklar, allerdings spielen die Buchenwollschildlaus (*Cryptococcus fagi*) und bastzerstörende Pilze (*Nectria coccinea*) eine wesentliche Rolle.

- Der sog. Eichenkomplexkrankheit fallen nach wie vor zahlreiche Eichen zum Opfer. Bei dieser Komplexkrankheit wirken verschiedene Schadfaktoren zusammen, die sich gegenseitig verstärken, regional aber in sehr unterschiedlicher Ausprägung auftreten können. Nachzeitigem Kenntnisstand können v. a. Grundwasserabsenkungen, Luftverunreinigungen, Witterungsanomalien (z. B. warme Winter) sowie insbesondere der Befall durch den Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) das Absterben auslösen bzw. verstärken. Eine Zunahme der Schadholzmengen gab es 2001 in Brandenburg, während sich die Lage in anderen Ländern entspannte.

Insektenbefall

... an Fichte

- Rindenbrütende Borkenkäfer gehören zu den bedeutendsten Schadinsekten an Fichte, vor allem der Buchdrucker (*Ips typographus*). Borkenkäfer verursachen das Absterben der befallenen Bäume; beim Absterbeprozess treten Verfärbungen an Nadeln und Nadelverluste auf.

In den vom Sturm „Lothar“ (Dezember 1999) betroffenen Gebieten (v. a. Süddeutschland) nahm der Befallsdruck weiter zu: Das hohe Brutraumangebot hatte

bereits im Vorjahr zu einer deutlichen Vermehrung der Borkenkäfer geführt. Insbesondere in Baden-Württemberg verursachte Borkenkäferbefall zwangsweise Holznutzungen in erheblichem Umfang. In den übrigen Regionen wurden dieses Jahr dagegen keine Massenvermehrungen des Buchdruckers beobachtet.

- Im Osten Baden-Württembergs verursachte die Sitka- oder Fichtenröhrenlaus (*Liosomaphis abietina*) örtlich starke Kronenverlichtungen an Altfeichten.

... an Kiefer

- Die Raupen der Nonne (*Lymantria monacha*) schädigen die Kiefern und Fichten durch Nadelfraß im Frühjahr. In diesem Jahr sind Fraßschäden an Kiefern in Brandenburg aufgetreten, wo sich die lokalen Fraßherde des Vorjahres erweitert haben. Trotz Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf ca. 1 200 ha kam es auf einer Fläche von insgesamt ca. 2 300 ha zu merklichen bis starken Nadelmasseverlusten.
- Auch der Fraß der Raupen der Forleule (*Panolis flammea*) an Knospen, Maitrieben und an vorjährigen Nadeln kann die Ergebnisse der Waldschadenserhebung beeinflussen. Die seit einigen Jahren in Brandenburg festgestellte Massenvermehrung hat sich in diesem Jahr nicht fortgesetzt. Fraßschäden wurden nur auf ca. 650 ha registriert. In Sachsen dagegen haben die Raupendichten deutlich zugenommen. Dort waren auf ca. 1 000 ha Gegenmaßnahmen zur Verhinderung bestandesbedrohender Schäden erforderlich. Gleichwohl kam es in angrenzenden Bereichen auf ca. 350 ha zu merklichem Fraß.
- Die Blauen Kiefernprachtkäfer (*Phaenops* spp.), deren Larvenfraß in der Bastschicht die Bäume zum Absterben bringen kann, verursachten in diesem Jahr insbesondere in Brandenburg und Sachsen weitere Schäden.

... an Buche

- Anders als bei den anderen Hauptbaumarten treten bei Buche kaum Massenvermehrungen blattfressender Insekten auf.
- Ein ungewöhnlicher Befall von scheinbar symptomfreien Buchen mit grüner Krone und grünem Bast durch holzbrütende Laubholz-Borkenkäfer wurde im westlichen Hunsrück und im zentralen südwestfälischen Bergland festgestellt. Es ist unklar, ob diese Erscheinung im Zusammenhang mit der o. g. Buchenkomplexkrankheit steht. Der weitere Schadensverlauf ist nicht absehbar.

... an Eiche

- Fraßschäden durch die sog. Eichen-Fraßgesellschaft (Eichenwickler/*Tortrix viridana*, Frostspanner/*Opeophthera brumata* u. a.) traten in diesem Jahr nur in geringem Umfang und mit geringen Blattmasseverlusten auf. In einigen Ländern wurden sogar die geringsten Fraßschäden seit mehr als zehn Jahren registriert.

- Der Schwammspinner (*Lymantria dispar*) dagegen wurde – aufgrund deutlich erhöhter Eigelegezahlen in bereits vorgeschädigten Beständen – in Bayern auf rund 100 ha bekämpft.
- Der Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) tritt seit einigen Jahren in einigen Regionen Bayerns und Sachsen-Anhalts in unterschiedlicher Stärke immer wieder auf. Die Prognose ließ in Bayern auf ca. 140 ha zum wiederholten Male Kahlfraß befürchten, dort wurden Gegenmaßnahmen ergriffen. Gleichwohl trat in dieser Region entlang von Waldrändern starker Licht- bzw. Kahlfraß auf.
- Wald-(*Melolontha hippocastani*) und z. T. Feldmaikäfer (*Melolontha melolontha*) haben sich in den vergangenen Jahren mit einem Schwerpunkt im nördlichen Oberrheintal massenhaft vermehrt. Im Jahr 2001 war ein schwaches Nebenflugjahr des südhessischen Flugstammes. Der z. T. starke Larvenfraß der Engerlinge an den Baumwurzeln führt zu Vitalitätseinbußen und bei jungen Bäumen sogar bis zum Absterben.

Pilzbefall

Wie in den Vorjahren spielt Pilzbefall für die diesjährige Waldschadenserhebung auf Bundesebene kaum eine Rolle. Regional traten folgende Schäden auf:

- Der überwiegend an älteren Kiefern auftretende Kiefernbaumschwamm (*Phellinus pini*) führte in Brandenburg und Berlin zu einem Aufkommen an Schadholz von ca. 19 000 m³ bzw. 27 000 m³.
- Der Weißtannen-Säulenrost (*Pucciniastrum epilobii*), der bei intensivem Befall innerhalb kürzester Zeit zum Verlust der diesjährigen Nadeln bzw. zu starker Kronenverlichtung führt, sowie der Weymouthskiefernblasenrost (*Cronartium ribicola*) verursachte in Sachsen lokale Schäden.
- Apioognomonien-Blattbräune der Buche war in diesem Jahr in Bayern verbreitet (leichter Befall).
- Mehltau (*Microsphaera alphitoides*) wurde insbesondere an Eichen in Sachsen-Anhalt (nach Fraß des Eichenprozessionsspinners) sowie in Nordrhein-Westfalen festgestellt.

Mistelbefall

Starker Mistelbefall (*Viscum album*) kann das Ergebnis der Waldschadenserhebung beeinflussen: Zweige und Blätter der Misteln können noch den Anschein einer saten grünen Vollbenadelung/-belaubung vortäuschen, selbst wenn der Baum bereits eine fortgeschrittene Kronenverlichtung aufweist.

Der Mistelbefall hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen, insbesondere an Kiefern, Pappeln und Tannen in Hessen, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Um Fehleinschätzungen bei der Waldschadenserhebung zu vermeiden, wird das Erkennen von Mistelbefall seit einigen Jahren besonders geschult. Mistelbefall hat auf das Ergebnis der Waldschadenserhebung wahrscheinlich keinen Einfluss gehabt.

III.2.4 Luftverunreinigungen

Luftverunreinigungen belasten die Wälder in unterschiedlicher Weise. Ihre Einwirkung hat zu anfänglich kaum wahrnehmbaren, inzwischen messbaren und langfristig wirksamen Veränderungen in den Waldökosystemen geführt. Trotz bisheriger Erfolge der Luftreinhaltung liegen die Belastungen vielfach immer noch deutlich über den ökologisch vertretbaren kritischen Schwellenwerten (sog. Critical Loads).

Das forstliche Umweltmonitoring erfasst vor allem den atmosphärischen Stoffeintrag und seine Auswirkung auf Waldökosysteme. Aber auch die Wirkung gasförmiger Luftverunreinigungen wird erfasst. Im Folgenden werden wesentliche Ergebnisse und Zusammenhänge skizziert.

Wirkung von Luftverunreinigungen in Waldökosystemen

Über die Wirkung von Luftverunreinigungen in Waldökosystemen ist aus der Waldschadensforschung/Waldökosystemforschung Folgendes bekannt:

- Wirkungspfade: Viele Waldökosysteme Europas werden v. a. durch die Einwirkung von Stickstoffverbindungen und Säurebildnern sowie durch hohe Ozonkonzentrationen belastet. Dabei lassen sich unterscheiden
 - direkte, akute pflanzentoxische Wirkungen (z. B. Blattschäden) infolge hoher Schadstoffkonzentrationen in der Luft und
 - indirekte, chronische Wirkungen infolge langfristig hoher Depositionsraten mit Wirkungen auf das gesamte Ökosystem; Prozesse wie Eutrophierung und Versauerung betreffen dabei sowohl den Baum als auch den Boden, die Begleitvegetation sowie andere Teile des Ökosystems Wald.

Direkte und indirekte Einwirkung von Luftverunreinigungen führen letztlich zu Vitalitätsverlusten bei den Bäumen und Störungen des Wasser- und Nährstoffhaushalts der Ökosysteme.

- Schwefel gelangt gasförmig, partikelförmig und auch in wässriger Lösung in die Wälder: Gasförmig (SO_2) wird es v. a. über die Spaltöffnungen der Nadeln/Blätter aufgenommen und greift in lebenswichtige biochemische Prozesse der Pflanzen (z. B. Photosynthese) ein. Schon in geringen Konzentrationen kann es Ernährungsstörungen, in hohen Konzentrationen das Absterben von Nadeln/Blättern verursachen. Schwefeldioxid (SO_2) verbindet sich in der Atmosphäre jedoch auch leicht mit Wasser und Sauerstoff zu schwefeliger Säure und Schwefelsäure. Der daraus entstehende „Saure Regen“ hat in vielen Regionen maßgeblich zur Versauerung der Waldböden beigetragen.
- Stickstoff wird v. a. als Nitrat und Ammonium in die Wälder eingetragen. In den meisten Fällen wird dadurch das Wachstum der Bäume angeregt: Stickstoff ist unter naturnahen Bedingungen im Vergleich zu anderen Nährstoffen knapp. Die Waldökosysteme haben sich im Lauf der Evolution auf diese natürliche Mangelsituation eingestellt. Aufgrund menschlicher Akti-

vitäten (v. a. Landwirtschaft und Verkehr) ist in deutschen Wäldern der ehemalige Mangelnährstoff nun im Überfluss vorhanden. Dies, z. T. in Kombination mit toxisch wirkenden Substanzen, setzt eine verhängnisvolle Kettenreaktion in Gang, wie am Beispiel der Kiefer deutlich wird: Stickstoff regt das Pflanzenwachstum an, was sich zunächst in gut benadelten, dunkelgrünen Baumkronen äußert. Gleichzeitig aber wächst der Bedarf an anderen Nährstoffen (z. B. Magnesium), was auf ärmeren Waldstandorten bald zu Engpässen führt; es kommt zu Nährstoffungleichgewichten. Erste Anzeichen dafür sind Nadelverfärbungen. Bei anhaltender Einwirkung verlichten die Baumkronen dadurch, dass einerseits neue Nadeljahrgänge deutlich kleiner bleiben als in den Vorjahren und andererseits ältere Nadeljahrgänge vorzeitig abfallen.

Verschärfend kommt hinzu, dass die Bäume einerseits weniger Feinwurzeln ausbilden und andererseits große Teile ihrer Feinwurzelmasse in den humusreichen Oberboden verlagern. In der Folge geht nicht nur die für die Wasseraufnahme und das Waldwachstum notwendige Baum-Pilz-Symbiose (Mykorrhiza) zurück, sondern auch die Fähigkeit, Pflanzennährstoffe in ausreichendem Maß aus tieferen Bodenschichten aufzunehmen. Dies führt zu einer erhöhten Anfälligkeit gegen Trockenstress. Außerdem begünstigen die Stickstoffeinträge einen Befall der Kiefern durch Hallimasch, einen Pilz, der auf stickstoffangereicherten Böden zu einem wichtigen Schadfaktor werden kann.

All dies – gemeinsam mit Veränderungen im Pflanzenstoffwechsel – erhöht die Anfälligkeit der Bäume gegenüber anderen Stressfaktoren. Kronenverlichtung und Stickstoffeinträge begünstigen außerdem die Entwicklung einer üppigen Bodenvegetation, was die Verjüngung der Waldbäume behindert und die Wasserkonkurrenz verschärft.

Das derzeitige Stickstoffüberangebot verursacht ferner bodenprozessbedingte Säurebelastungen des Wurzelraumes. Die Gesamtsäurebelastung der Waldökosysteme ist mittlerweile primär durch Stickstoffeinträge bedingt. Im Durchschnitt der Level II-Flächen liegt der Anteil des Stickstoffs am potenziellen Säureeintrag bei 65 %. Wenn die Nitratausträge zunehmen, wird dies außerdem zu einer Belastung des Grundwassers führen.

- Bodennahes Ozon (O_3) und andere Photooxidantien entstehen unter dem Einfluss von ultravioletter Sonnenstrahlung sowie unter Mitwirkung von Stickstoffoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen. Bäume nehmen diese Gase über die Spaltöffnungen in Nadeln und Blättern auf. Dort greifen sie in biochemische Abläufe ein, stören den Pflanzenstoffwechsel und zerstören das Chlorophyll in den Blättern. Unsere Waldbäume reagieren unterschiedlich empfindlich auf hohe Ozon-Konzentrationen. Diese Wirkungsmechanismen wurden bisher allerdings überwiegend unter kontrollierten Bedingungen an jüngeren Bäumen untersucht. Die Übertragbarkeit dieser Forschungsergebnisse auf Freilandbedingungen und auf ältere Bäume ist noch nicht ausreichend geklärt.

- Einträge von Säuren und säurebildenden Substanzen, insbesondere die Einträge von Schwefel und Ammoniumstickstoff können zu erheblicher Versauerung der Waldböden und des Sickerwassers führen: Die Anionen von Schwefel- und Stickstoffverbindungen setzen im Boden basische Kationen wie Calcium, Magnesium und Kalium frei und werden zusammen mit diesen mit dem Sickerwasser ausgewaschen. Diese anthropogen beschleunigte Bodenversauerung kann nicht nur zu Mangelernährung der Waldbäume, sondern auch zur Belastung des Grundwassers führen. Jahrzehntlang haben sich in vielen Waldböden versauernd wirkende Schwefel- und Stickstoffmengen angesammelt, die dort noch lange chemisch aktiv bleiben werden. Dies ist der „Treibstoff“ dafür, dass dort die Bodenversauerung – trotz Erfolgen der Luftreinhaltung – noch über Jahrzehnte fortschreiten wird.

Entwicklung der Emissionen von Luftverunreinigungen

Die Politik hat die Gefahren infolge der Luftverunreinigungen erkannt. Es ist daher schon seit längerem Ziel der Luftreinhaltungspolitik, den Ausstoß dieser Schadstoffe zu verringern. Dabei wurde in Deutschland bisher einiges erreicht:

- Die SO₂-Emissionen gingen zwischen 1990 und 1999* um 84 % zurück (1999*: 0,83 Mio. t).
- Die NO_x-Emissionen gingen zwischen 1990 und 1999* um ca. 40 % zurück (1999*: 1,64 Mio. t).
- Die NH₃-Emissionen gingen seit 1990 um rund 20 % zurück (1999*: ca. 0,6 Mio. t).

Weiterführende Information zu dieser Thematik ist erhältlich vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie vom Umweltbundesamt bzw. auf deren Internetseiten <http://www.bmu.de> bzw. <http://www.umweltbundesamt.org/dzu/default.html>.

Entwicklung von Immission und Deposition von Luftverunreinigungen an Waldmessstationen

Die Ergebnisse von Immissions- und Depositionsmessungen spiegeln diese Emissionsminderungen allerdings nur zum Teil wider:

- Messungen der Konzentration gasförmiger Luftverunreinigungen (Immissionsbelastung) zeigen:
 - Die Konzentrationen von Schwefeldioxid gingen sowohl in Ballungsräumen als auch in niedriger belasteten Regionen (z. B. ländliche Räume) sehr deutlich zurück.
 - Die Konzentrationen von Stickstoffoxiden gingen in den letzten Jahren auf die Gesamtfläche bezogen zurück. Allerdings sind in niedriger belasteten Regionen (meist mit hohem Waldanteil) keine nennenswerten Veränderungen erkennbar.
 - Die Ozon-Konzentrationen haben sich dagegen unterschiedlich entwickelt. Die Spitzenwerte sind deutlich zurückgegangen, während die für die Öko-

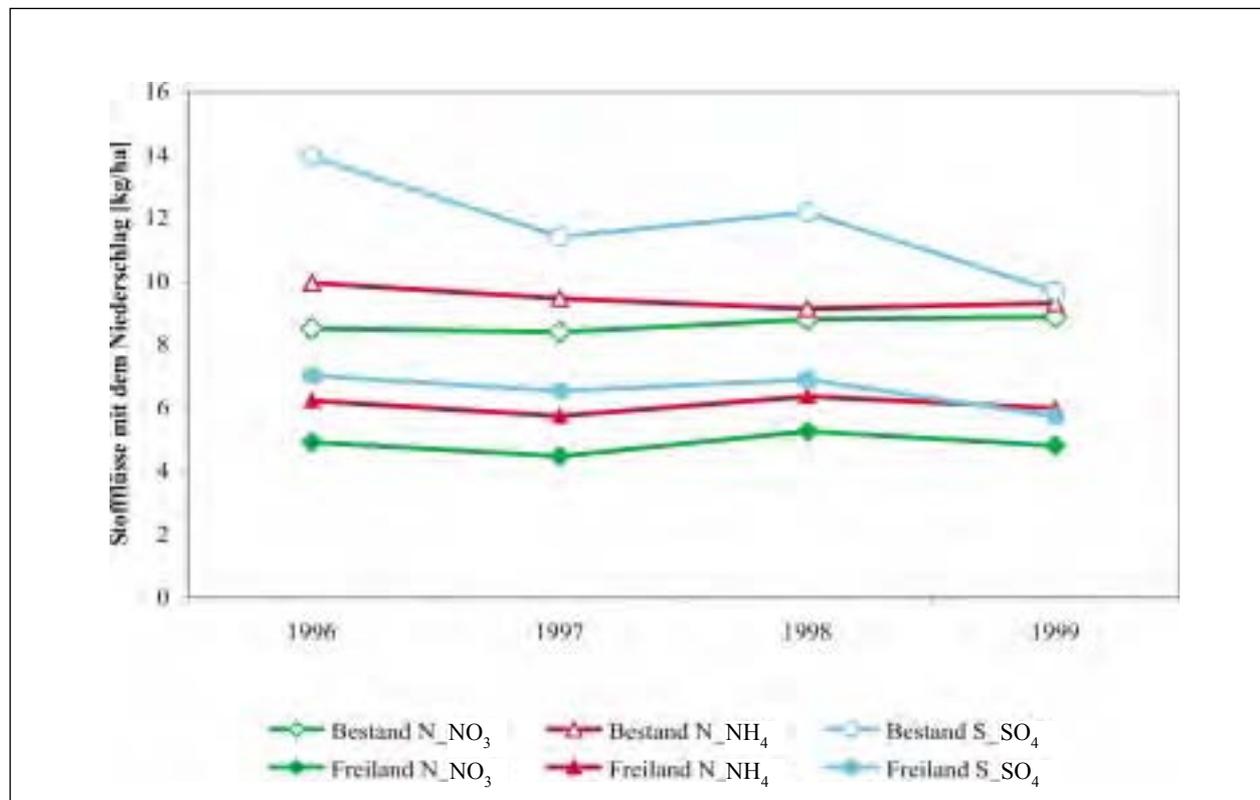
systeme maßgeblichen Langzeit-Mittelwerte sich auf hohem Niveau gehalten haben. Ozon ist damit derzeit der einzige gasförmige Luftschadstoff, dessen kritischer Wert zeitweilig großräumig, v. a. in den höheren Lagen der Mittelgebirge, überschritten wird. Eine direkte Schädigung von Waldbäumen infolge hoher Ozonwerte kann daher nicht ausgeschlossen werden. Um das Verständnis der Wirkungen von Ozon auf Pflanzen zu vertiefen, wurde auf mehreren Level II-Flächen damit begonnen, die Ozonkonzentration am Waldstandort zu messen und sichtbare Ozonschäden zu erfassen.

- Auch Ammoniakkonzentrationen der Luft werden vereinzelt gemessen. Dieses Gas setzt sich in der Luft mit anderen Luftverunreinigungen sehr schnell zu anderen Stickstoffverbindungen (v. a. Ammonium) um. Akute Vegetationsschäden durch Ammoniak treten meist nur in unmittelbarer Nähe zu Emittenten auf. Allerdings spielen die Umsetzungsprodukte von Ammoniak (v. a. Ammonium) eine wesentliche Rolle hinsichtlich der indirekt wirkenden Einträge (siehe unten).
- Messungen der Stoffeinträge (Depositionen) an Waldstandorten zeigen:
 - Waldökosysteme filtern aufgrund der großen Kronenoberflächen Verunreinigungen aus der Luft: So liegt der Stoffeintrag im Wald je nach Baumart, Bestandesalter und Bestandesdichte etwa ein- bis dreimal so hoch wie im Freiland. Über die Jahrzehnte haben sich in den Waldböden daher erhebliche Mengen dieser Substanzen angereichert (vgl. Abbildung 25, Seite 28).
 - Stäube – oft Träger von Pflanzennährelementen wie Kalium, Calcium und Magnesium, aber auch von Schadstoffen wie Cadmium und Blei – werden im Vergleich zu den 70er-/80er-Jahren (vor dem Einsatz von Entstaubungsmaßnahmen bei Großemittenten) insgesamt nur noch in geringen Mengen in die Wälder eingetragen. Gleichwohl gibt es nach wie vor regionale Schwerpunkte, an denen auch heute noch überdurchschnittlich hohe Schwermetalleinträge in Waldökosysteme stattfinden (z. B. im Bereich der Rhein-Ruhr-Schiene in Nordrhein-Westfalen).
 - Die Schwefeleinträge lagen 1999 im Durchschnitt von 86 Level II-Dauerbeobachtungsflächen in Waldbeständen bei 8 kg/ha, allerdings mit z. T. erheblicher Variation (3,2 bis 47,3 kg/ha). Dies ist gegenüber 1996 (14 kg/ha) ein Rückgang um rund 40 % (vgl. Abbildung 25). Für einige Messstationen liegen Depositionsmessungen vor, die noch weiter zurückreichen. Der Vergleich mit den dort vor 1990 gemessenen Depositionen zeigt, wie sehr die Schwefelbelastung im Laufe der letzten 15 Jahre zurückgegangen ist: Im Mittel der Jahre 1985 bis 1989 lag der Schwefeleintrag an 57 westdeutschen Waldstationen bei durchschnittlich rund 42 kg/ha und Jahr; an einigen ostdeutschen Waldstationen wurden in diesem Zeitraum sogar mittlere jährliche Schwefeleinträge von bis zu 170 kg/ha gemessen.

* Angabe vorläufig.

Abbildung 25

Mittlere Stickstoff- und Schwefeleinträge mit dem Bestands- bzw. Freilandniederschlag (Jahresmittelwerte, n = 86)



- Die Stickstoffeinträge* lagen 1999 in den 86 Waldbeständen des Level II-Programms bei durchschnittlich 21,3 kg/ha, auch hier mit erheblicher Streubreite (6,9 bis 44,5 kg/ha). Damit übersteigen sie mittlerweile die Schwefeleinträge erheblich. Die kritischen Werte für Stickstoffeinträge liegen in Waldökosystemen je nach Ökosystemtyp zwischen etwa 5 und 20 kg pro ha und Jahr.

Weiter zurückreichende Messreihen zeigen, dass die Stickstoffdeposition an Waldstandorten im Laufe der letzten 15 Jahre eine etwa gleich bleibende bis geringfügig abnehmende Entwicklung aufweist. Die erreichten Emissionsminderungen spiegeln sich in den Depositionsmessungen bisher nicht wider.

Im Hinblick auf die Stickstoffeinträge zählen die deutschen Waldflächen – wie auch zahlreiche andere Untersuchungen zeigen – zu den am höchsten belasteten Regionen in Europa (vgl. Abschnitt IV). Dies äußert sich u. a. auch in dem – in den letzten Jahren zunehmenden – Phänomen, dass stickstoffzeigende Pflanzen (z. B. Himbeeren, Brombeeren, Sandrohr, Drahtschmiele etc.) selbst in weitgehend geschlossenen

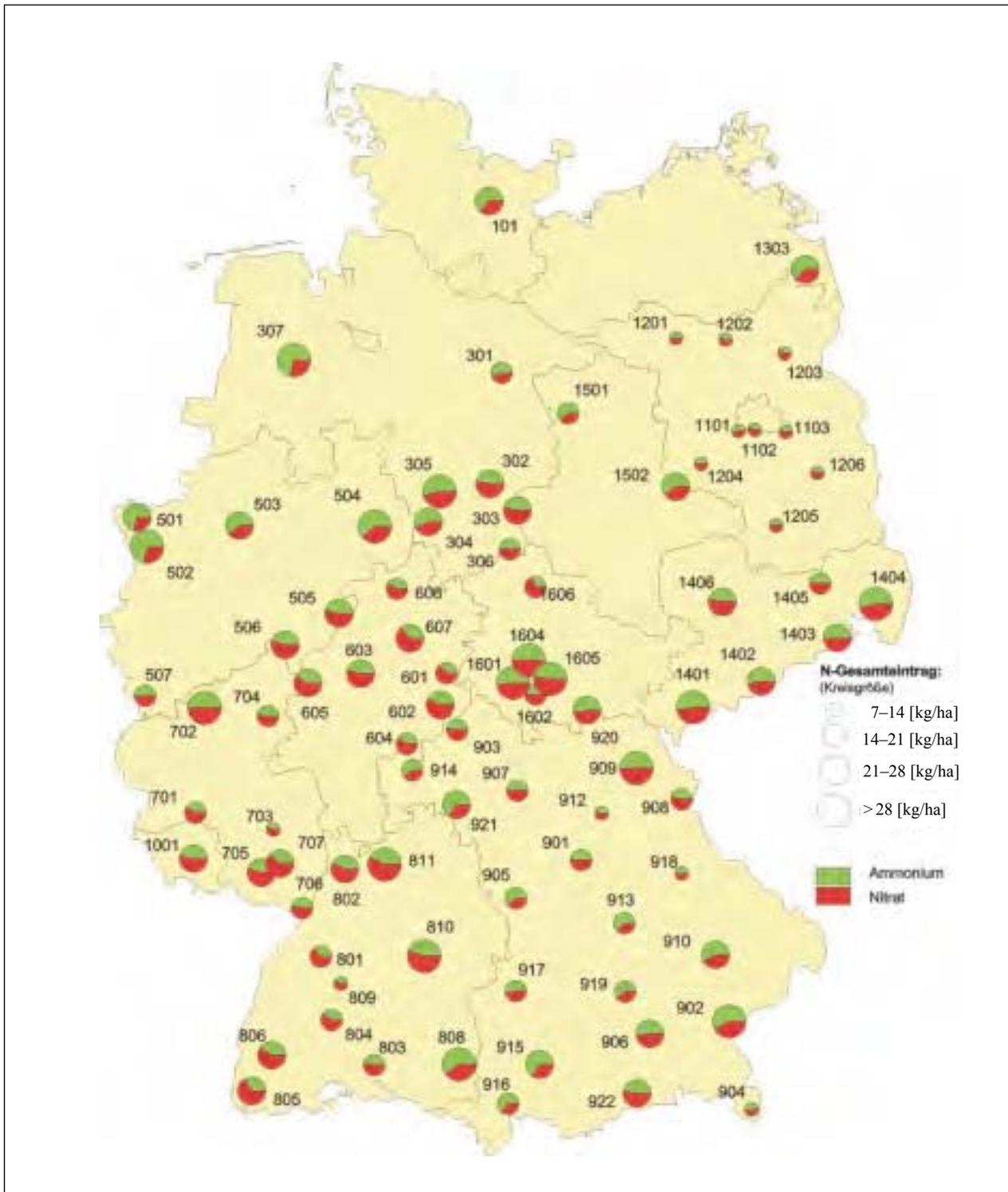
* Gemessen im Bestandesniederschlag und kronenraumbilanziert.

Waldbeständen dichte Vegetationsdecken bilden und damit u. a. auch die natürliche Verjüngung der Waldbäume behindern. Im Durchschnitt der 86 Level II-Dauerbeobachtungsflächen in Waldbeständen ist der Anteil des Ammoniums (v. a. aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung) am Gesamtstickstoff im Bestandesniederschlag höher als der Anteil von Nitrat (v. a. aus Verkehr). Dabei bestehen jedoch erhebliche regionale Unterschiede (vgl. Abbildung 26).

Die Höhe der Stickstoffbelastung durch atmosphärische Einträge ist schwer zu erfassen und wurde bisher wahrscheinlich systematisch unterschätzt: Einerseits tritt Stickstoff in verschiedenen Bindungsformen auf, von denen einige von den Bäumen bereits im Kronenraum aufgenommen werden. Andererseits bestehen methodische Schwierigkeiten bei Erfassung trockener Stickstoffdepositionen (z. B. als Gas oder Aerosol). Außerdem gibt es unterschiedliche Ansätze, um die ökosysteminternen Stickstoffflüsse (z. B. Aufnahme im Kronenraum) zu berechnen. Trotz dieser Unsicherheiten wird jedoch zunehmend deutlich, dass die Bedeutung von Stickstoff für den Säure/Basen- und den Nährstoffhaushalt der Waldökosysteme größer ist als bisher angenommen.

Abbildung 26

Ammonium-, Nitrat- und Stickstoffgesamteinträge* auf den Level II-Flächen im Jahr 1999 [in kg/ha]



* Gemessen im Bestandesniederschlag und kronenraumbilanziert.

- Die Säureeinträge (v. a. aus Sulfat, Nitrat und Ammonium) sind insgesamt deutlich zurückgegangen. Diese Entwicklung ist im Wesentlichen auf eine Verringerung der Sulfateinträge zurückzuführen. Dadurch hat sich das Verhältnis zwischen Schwefel und Stickstoff als Säurebildner verschoben. War früher Schwefel der größere Säurebildner, so hat inzwischen Stickstoff diese Rolle übernommen. Zudem überwiegt inzwischen an den meisten Waldstandorten die Problematik der Eutrophierung (ebenfalls eine Folge der Stickstoffeinträge) gegenüber der Versauerung.

Die Gesamtsäureeinträge* liegen – trotz des o. g. deutlichen Rückgangs – im Durchschnitt der 86 Level II-Dauerbeobachtungsflächen in Waldbeständen immer noch bei 1,6 kmol_c pro Hektar und Jahr, allerdings auch hier mit erheblichem Streubereich (0,2–3,9 kmol_c pro Hektar und Jahr). Einträge von potenzieller Säure, welche die langfristig versauernde Wirkung von Ammoniumeinträgen voll berücksichtigen, liegen sogar bei durchschnittlich 2,5 kmol_c pro Hektar und Jahr. Damit wird das natürliche Puffervermögen vieler nicht karbonatischer Standorte i. d. R. deutlich überschritten. Um dem Risiko einer weiteren Bodenversauerung durch anhaltende Säureeinträge entgegenzuwirken, bedürfen versauerungsempfindliche Waldböden daher weiterhin der Bodenschutzkalkung.

- Diese Bewertungen werden auch aus der Gegenüberstellung von Belastung einerseits und Belastbarkeit des jeweiligen Ökosystems (Critical Loads) andererseits gestützt:
 - 1996/97 wurden an 75 bzw. fast 90 % der bundesweit untersuchten Waldmessstationen die Critical Loads für Stickstoff (eutrophierende Wirkung) z. T. sehr deutlich überschritten, insbesondere in Gebieten mit hoher landwirtschaftlicher Tierhaltung.
 - Die Critical Loads für Säure (v. a. Stickstoff und Schwefel) wurden im gleichen Zeitraum an 54 Messstationen überschritten. Die höchsten Werte zeigten sich zum einen an den o. g. Standorten, zum anderen an Standorten, die noch durch hohe Schwefeleinträge geprägt sind (südliche neue Bundesländer).

Diese Gegenüberstellung zeigt, dass eine Minderung der Stickstoffeinträge dringend notwendig ist: Damit wird gleichzeitig sowohl die eutrophierende als auch die versauernde Belastung verringert.

Austräge mit dem Sickerwasser

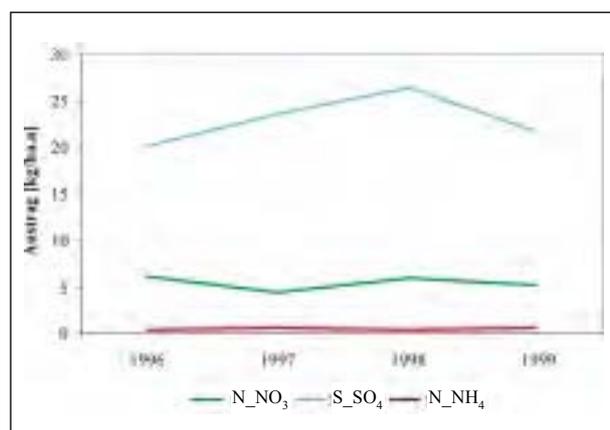
Ein weiterer wichtiger Weiser für den Zustand der Waldökosysteme ist die chemische Zusammensetzung des Sickerwassers unter Waldbeständen. Daher wird an zahlreichen Level II-Flächen auch das Sickerwasser auf seine chemische Zusammensetzung untersucht. Die dabei gewonnenen Daten ermöglichen Rückschlüsse auf die Zu-

sammensetzung der Bodenlösung im Hauptwurzelraum der Bäume und die Größenordnung der Elementausträge mit dem Sickerwasser. Eine Auswertung der Austragsdaten von 55 Standorten für den Zeitraum 1996 bis 1999 kommt zu folgenden Ergebnissen (vgl. Abbildung 27):

- Sulfatschwefel ist das wichtigste säurebildende Anion im Sickerwasser der untersuchten Waldstandorte: Durchschnittlich wurden zwischen 1996 und 1999 jährlich rund 20 bis 25 kg Schwefel je Hektar mit dem Sickerwasser ausgetragen. Diese Austräge liegen fast um das Dreifache über den aktuellen Schwefeleinträgen.
- Dies ist einerseits ein Hinweis auf die Länge der Zeiträume, über die der einmal eingetragene Schwefel von den Waldböden zurückgehalten werden kann. Dort haben sich die Schwefeleinträge von Jahrzehnten angesammelt, ihre bodenversauernde Wirkung hält noch an. Andererseits weisen die steigenden Schwefelausträge darauf hin, dass die Fähigkeit zahlreicher Waldstandorte, Schwefeleinträge festzulegen, überschritten ist. Dies kann erhebliche Folgen für die Wasserqualität in Waldgebieten haben, weil mit fortschreitender Bodenversauerung auch Aluminiumionen und Schwermetalle in Lösung gehen und in das Grundwasser gelangen können.
- Stickstoff wurde im Sickerwasser der untersuchten Waldstandorte mit durchschnittlich rund 5 kg je Hektar und Jahr gemessen. Rund 90 % der Stickstoffausträge erfolgen als Nitrat; Ammoniumausträge spielen im Sickerwasser der hier untersuchten Waldstandorte nur eine untergeordnete Rolle.

Abbildung 27

Mittlere Stickstoff- bzw. Schwefelausträge aus dem Hauptwurzelraum von Level II-Flächen



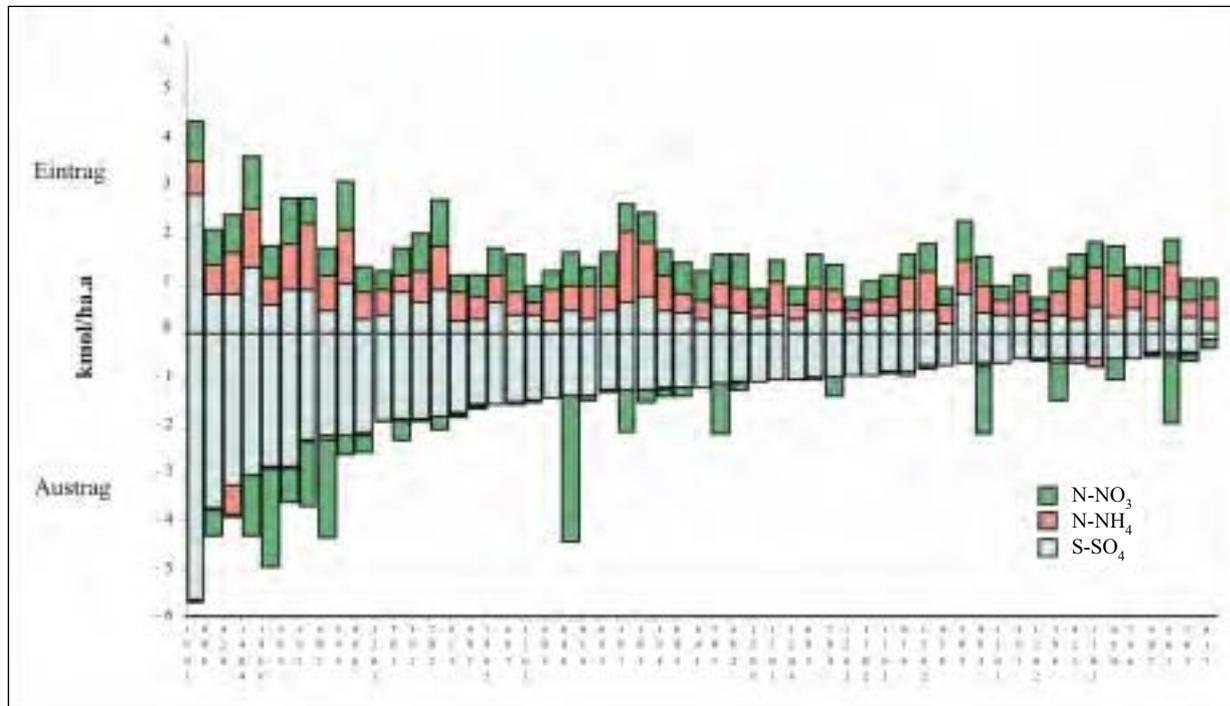
Ökosystembilanz

Eine Gegenüberstellung von Stoffeinträgen und Stoffausträgen zeigt, dass infolge der Stoffeinträge die Filterfunktion der Waldböden gegenüber Schadstoffen bereits heute vielerorts erheblich beeinträchtigt ist (vgl. Abbildung 28):

* Gemessen im Bestandesniederschlag und kronenraumbilanziert.

Abbildung 28

Ein- und Austragsgeschehen auf deutschen Level II-Flächen im Jahr 1999, n=55



- Sofern ausreichend Niederschläge vorhanden sind, finden mit dem Sickerwasser Stoffausträge aus den Waldböden statt, was zur Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität führen kann. Dabei speisen sich die heute zu beobachtenden Stoffausträge aus den angesammelten Stoffeinträgen vorangegangener Jahrzehnte. Dies lässt sich am Beispiel der wichtigsten, versauernd wirkenden Anionen verdeutlichen:
 - Nur noch bei einem Viertel der untersuchten 55 Level II-Flächen (n = 14) werden Stoffeinträge noch gespeichert. Nur 7 % der Standorte (n = 4) können als starke Speicher bezeichnet werden.
 - Etwa die Hälfte der Standorte (n = 27) weisen eine ausgeglichene Bilanz auf: Stoffein- und -austräge halten sich etwa die Waage. Weitere Stoffeinträge werden hier nicht (mehr) gespeichert.
 - Das restliche Viertel (n = 14) weist derzeit höhere Stoffausträge als -einträge auf: Über Jahrzehnte angesammelte Stoffe werden nun mit dem Sickerwasser aus den Waldböden austragen.
- Ein kritischer Ökosystemzustand entsteht jedoch auch, wenn die Niederschläge nicht ausreichen, um die angesammelten Einträge mit dem Sickerwasser auszuwaschen. Dies ist beispielsweise in vielen Waldflächen des nordostdeutschen Tieflands der Fall. Fast die Hälfte der ohnehin geringen Niederschläge verbleibt im Kronendach und verdunstet wieder, ohne den Waldboden zu erreichen. Die andere Hälfte erreicht

zwar den Waldboden, wird aber von dichten Grasdecken, die sich infolge der hohen Stickstoffeinträge entwickelt haben, weitgehend aufgezehrt. Das Wenige, was dann noch tiefer in den Waldboden eindringt, nehmen die Bäume über ihre Wurzeln auf. Auf solchen Standorten geht die Tiefensickerung in das Grundwasser gegen Null. Die unmittelbare Folge ist, dass diese Ökosysteme überschüssige Stoffeinträge nicht mit dem Sickerwasser ableiten können. Dadurch bauen sich erhebliche Stickstoffüberschüsse im Boden auf, die entweder infolge gestörter Abbauprozesse als Ammoniak, Stickstoffoxide oder in Form des hoch klimawirksamen Distickstoffoxids (N_2O) gasförmig entweichen oder/ und zu einer gesteigerten Biomasseproduktion in diesen Waldökosystemen führen. Jedenfalls verursacht die extreme Anreicherung von Stoffen in der Bodenlösung ein hoch toxisches und leicht mobilisierbares Belastungspotenzial, das permanent auf das Wurzelsystem einwirkt und jederzeit schubweise in die Tiefenversickerung übergehen kann.

Folgerungen für die Politik

Die o. g. Ergebnisse zeigen immer deutlicher, wie tief greifend Luftverunreinigungen die Abläufe in den Waldökosystemen verändert haben: Jahrzehntelang anhaltende Einträge von Schwefel und Stickstoff haben nicht nur die Gesundheit der Waldbäume beeinträchtigt, sondern auch zu schwerwiegenden und langfristig wirksamen Veränderungen der Waldböden, der Bodenvegetation und teilweise auch der Qualität des Sickerwassers geführt.

Zwar hat sich die Luftqualität beispielsweise beim Schwefeldioxid entscheidend verbessert; die Anstrengungen und Investitionen zur Luftreinhaltung haben sich gelohnt. Die Stickstoffeinträge in die Wälder sind dagegen bisher kaum zurückgegangen. Vielfach sind auch die Säureeinträge immer noch zu hoch. Außerdem werden die Einträge aus der Vergangenheit noch lange eine kritische Altlast bleiben. Die bisherigen Erfolge der Luftreinhaltung reichen daher noch immer nicht aus.

III.2.5 Gefährdungspotenziale durch Bodenversauerung

Die Böden unterliegen in unserem Klimabereich einer sehr langsam ablaufenden, natürlichen Versauerung. Diese ist vorwiegend durch einen an Kohlensäure gekoppelten Austrag der basischen Kationen Calcium, Magnesium und Kalium mit dem Sickerwasser bedingt. Allerdings verursacht dieser natürliche Prozess normalerweise keine Werte unter pH 5. Inzwischen weisen aber über 80 % der in Deutschland überwiegenden, carbonatfreien Waldstandorte Werte deutlich unter pH 5 auf (siehe unten). Ursache hierfür sind vor allem versauernd wirkende Einträge aus Luftverunreinigungen.

Die Waldböden sind von diesen anthropogen ausgelösten Versauerungsvorgängen besonders betroffen, da Waldbestände versauernd wirkende Luftverunreinigungen in großem Maße aus der Luft ausfiltern. Stoffeinträge aus der Atmosphäre haben in den letzten Jahrzehnten – regional in unterschiedlichem Ausmaß – auf die Waldböden 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 eingetragenen und z. T. angereicherten Stoffe das ökologische Beziehungsgefüge in den Waldökosystemen stören oder ob deren Regenerationskraft ausreicht.

Um das Ausmaß dieser Prozesse im Boden zu erfassen, wurde einerseits eine repräsentative, flächendeckende Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) durchgeführt, andererseits werden an ausgewählten Level II-Standorten bestimmte Bodenparameter fortlaufend untersucht.

Die im Zeitraum 1987 bis 1993 an ca. 1 800 Stichprobenpunkten durchgeführte Bodenzustandserhebung im Wald zeigt eine flächendeckende, weitgehend substratunabhängige Versauerung und Basenverarmung der Oberböden.

- 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 %. Die aufgrund der Mannigfaltigkeit der Ausgangsgesteine und Bodenbildungsprozesse erwartete Vielgestaltigkeit der Waldböden kommt in der geringen Streubreite bodenchemischer Parameter nicht mehr 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 erhebliche Störungen der natürlichen bodenökologischen Prozesse durch atmosphärische Einträge hin.

- Durch den Eintrag starker Säuren, für deren Neutralisation die meisten Silikatverwitterungsböden 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 einerseits Überversorgung mit Stickstoff und Schwefel sowie andererseits Nährstoffmangelscheinungen bei wichtigen Pflanzennährstoffen wie Calcium, Kalium und Magnesium.

Dieser Befund wird durch Untersuchungen auf Level II-Ebene ergänzt. Gegenwärtig wird an 79 Standorten nach einheitlichen Verfahren das Bodensickerwasser verschiedener Bodentiefen beprobt. Da die untersuchten Standorte ein großes Standortspektrum sowie sehr unterschiedliche Belastungsverhältnisse hinsichtlich der Stoffeinträge abdecken, bilden die erhobenen Daten eine gute Basis zur eingehenden Untersuchung der Wirkung der Stoffeinträge auf den chemischen Bodenzustand. Wesentliche Ergebnisse sind:

- Die Alkalinität im Wurzelraum von etwa 90 % der untersuchten Level II-Standorte ergab Werte nahe Null oder negative Werte; diese Standorte sind als „akut versauerungsgefährdet“ bis „versauert“ anzusehen.
- Der Aciditätsgrad der Bodenlösung liegt bei zwei Dritteln der bislang 69 untersuchten Level II-Standorte bei Werten über 40 % („sauer“) und bei 15 % der Standorte sogar über 70 % („sehr sauer“).
- Auch das Kationen-Aluminiumverhältnis (Bc/Al-Verhältnis) – ein häufig verwendeter Weiser für den Versauerungszustand der Bodenlösung und für Aluminiumstress der Bäume – kommt zu ähnlichen Ergebnissen.

Die festgestellte Bodenversauerung bedingt Nährstoffverluste. Die Bodenversauerung ist mit einer Verdrängung der Pflanzennährstoffe Calcium, Magnesium und Kalium von ihren Bindungsplätzen im Boden und einer Abnahme der Konzentration dieser Nährstoffe in der Bodenlösung verbunden. Dies wirkt sich auch auf die Nährstoffversorgung der Bäume und vermutlich auch auf ihr Wachstum und ihre Vitalität aus. Eine Analyse der umfangreichen Datensätze der bundesweiten Bodenzustandserhebung ergab, dass sich die Magnesiumernährung von Fichten recht gut aus dem Magnesiumvorrat im Boden (Gehalte in der Humusaufgabe und austauschbare Gehalte im Mineralboden) abschätzen lässt. Vergleichsweise enge Beziehungen ergaben sich anhand der Level II-Datensätze auch zwischen den Calcium- bzw. Magnesiumgehalten in der Bodenlösung und den Gehalten dieser Elemente in den Nadeln bzw. Blättern der Waldbäume.

Die Bodenversauerung bringt Gefahren für das Grund- und Quellwasser mit sich. Nach den Befunden der Level II-Untersuchungen geben viele Waldböden an der Untergrenze des Wurzelraumes versauertes Wasser mit hohen Konzentrationen an Aluminiumionen ab. Diese Böden erfüllen demnach nicht mehr ihre Filter-, Puffer- und Reglerfunktionen. Das saure Sickerwasser stellt außer einem hohen Säurestress für die Vegetation auch ein Belastungspotenzial für das Grund- und Quellwasser dar. Ob die Qualität des Grund- und Quellwassers tatsächlich beeinträchtigt wird, hängt am einzelnen Standort von den Versickerungswegen und den Puffereigenschaften des tieferen Untergrundes ab.

IV. Waldzustand in Europa

Das forstliche Umweltmonitoring in Deutschland ist eingebunden in das europaweite Monitoringsystem der Europäischen Union und der Wirtschaftskommission für Europa (ICP Forests der UN-ECE), einer Organisation der Vereinten Nationen, die die Genfer Luftreinhaltekonvention von 1979 umsetzt. Das Umweltmonitoring wird gemeinsam durchgeführt, die Ergebnisse werden in gemeinsamen Auswertungszentren ausgewertet und in jährlichen Publikationen der Öffentlichkeit vorgestellt.

Die Einbindung in das europaweite Monitoringsystem bietet zahlreiche Vorteile: Sie ermöglicht insbesondere die europaweite Harmonisierung von Erhebungs- und Analyseverfahren, einen intensiven Austausch von Daten und Erkenntnissen sowie – durch den europäischen Vergleich – ein besseres Verständnis der nationalen Daten. Bund und Länder setzen sich daher nachdrücklich für eine Weiterentwicklung und Stärkung dieses Programms ein.

Das forstliche Umweltmonitoring auf europäischer Ebene stützt sich auf zwei Beobachtungsebenen, einerseits die jährliche, großräumige Waldschadenserhebung (Level I) und andererseits ein Netz von intensiv untersuchten Dauerbeobachtungsflächen (Level II).

- Level I bezeichnet ein repräsentatives Messnetz im systematischen 16 x 16 km-Raster; es umfasst europaweit ca. 6000 Stichprobenpunkte im Wald. Dort wird jährlich der Kronenzustand erhoben; außerdem wurden auf den meisten Flächen Bodenzustandserhebungen und/oder chemische Nadel-/Blattanalysen durchgeführt.
- Level II dient der intensiven Beobachtung der wichtigsten Waldökosysteme in Europa. Auf über 860 Level II-Flächen werden regelmäßig zahlreiche Parameter erfasst, z. B. Kronenzustand, chemische Nadel-/Blattspiegelwerte, Bodenzustand, Bodenlösungsschemie, Baumzuwachs, Bodenvegetation, Luftschadstoffkonzentrationen und -einträge sowie Wetterdaten. Die gesammelten Daten ermöglichen Fallstudien über die Auswirkungen von Luftverschmutzungen und an-

deren Stressfaktoren auf die wichtigsten Baumarten und Standorte.

Weiterführende Information hierzu ist erhältlich vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft oder auf der Internetseite des Internationalen Kooperationsprogramms zur Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverschmutzungen auf Wälder in Europa <http://www.icp-forests.org>.

Ergebnisse des europaweiten Monitoringprogramms

Kronenzustand in Europa im Jahr 2000¹

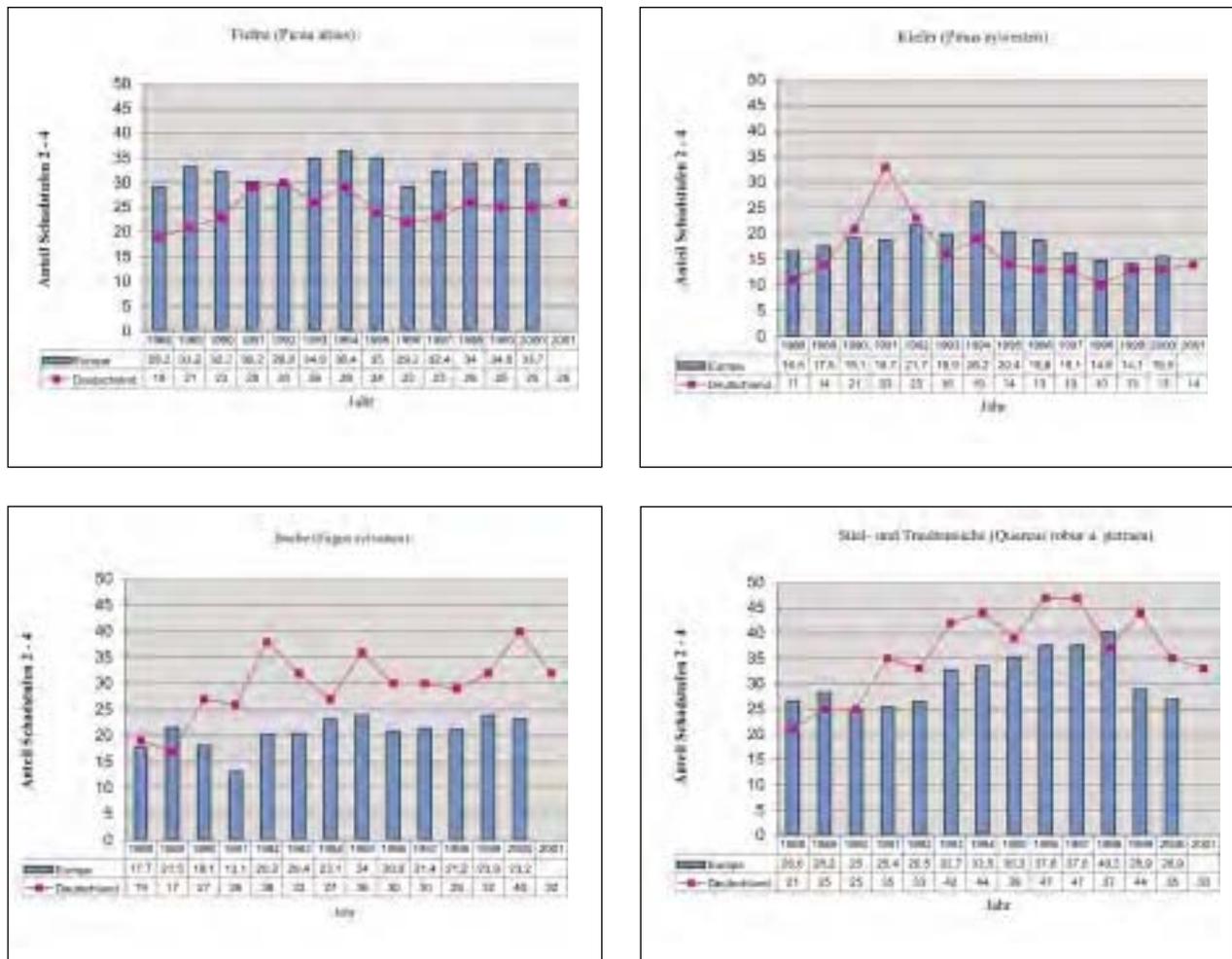
Die folgenden Aussagen beruhen auf einer Stichprobe im Jahr 2000, die rund 136 000 Bäume in 30 europäischen Ländern erfasst. Wesentliche Ergebnisse sind:

- 22,8 % aller Bäume fallen in die Schadstufen 2 bis 4 und 42,4 % in die Warnstufe; 34,8 % der Bäume sind ohne sichtbare Schäden. Eichen (hier: *Quercus robur* und *petraea*) und Fichten (hier: *Picea abies*) weisen mit 33,7 % bzw. 27,4 % den höchsten Anteil an Bäumen in den Schadstufen 2 bis 4 auf; für Kiefer (hier: *Pinus sylvestris*) und Buche (*Fagus sylvatica*) liegen die entsprechenden Werte bei 19,1 % bzw. 22,2 %.
- Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Waldzustand in Europa im Jahr 2000 kaum verändert. Die Anteile der Schadstufen 2 bis 4 lagen 1999 auf europäischer Ebene bei 22,6 % für alle Baumarten, bei 27,5 % für Fichte, 19,6 % für Kiefer, 21,9 % für Buche und 34,8 % für Eiche.
- Die langjährige Entwicklung der Kronenverlichtung ist bei den europäischen Hauptbaumarten durch eine generelle Verschlechterung gekennzeichnet.
- Von den auch in Deutschland vorherrschenden Baumarten (vgl. Abbildung 29, Seite 34) fällt der 1994 einsetzende Rückgang des Nadelverlustes der Waldkiefer auf, der vor allem auf einer Verbesserung in Osteuropa beruht. Hierbei dürfte die deutliche Verbesserung der Luftqualität in diesen Staaten entscheidend beigetragen haben.
- Der Trend zur Verbesserung des Kronenzustands hat sich allerdings seit 1998 nicht fortgesetzt. Der Nadelverlust bei der Fichte schwankt seit 1988 um die 30 %, ohne dass ein klarer Trend zu erkennen ist. Das höchste Schadniveau weisen Trauben- und Stieleichen auf. Hier stieg der Blattverlust von 1991 bis 1998 deutlich an, um sich in den letzten zwei Jahren wieder spürbar zu verringern. Bei der Buche blieb der Anteil der Schadstufen 2 bis 4 mit rund 20 % seit 1992 im Großen und Ganzen unverändert.

¹ Die Ergebnisse des europaweiten Monitorings beziehen sich – anders als die nationalen Ergebnisse in den vorstehenden Abschnitten – auf das Erhebungsjahr 2000 (Vorjahr)! Diese zeitliche Verzögerung ergibt sich aus den aufwendigeren Verfahren der gemeinschaftlichen und insbesondere der internationalen Zusammenarbeit.

Abbildung 29

Anteil der Schadstufen 2 bis 4 der Jahre 1988 bis 2000 für die Baumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche in Europa (Balken); zum Vergleich ist die entsprechende Entwicklung in Deutschland (Linie) eingeblendet.



- Das Schadniveau in Deutschland ist im Vergleich zum europäischen Schadniveau für die Laubbaumarten Buche und Eiche deutlich höher, für Kiefer in etwa gleich und für Fichte niedriger.
- Betrachtet man die in Deutschland nicht verbreiteten Baumarten, so betraf die seit 1993 festzustellende kontinuierliche Verschlechterung des mittleren Nadelverlusts der Strandkiefer vor allem die atlantisch geprägten Flächen Südfrankreichs und Nordspaniens. Der Kronenzustand von Steineiche und Aleppo-Kiefer verschlechterte sich bis 1995 und unterliegt seither Schwankungen.

Die Ergebnisse der jeweiligen nationalen Erhebung sind in Anlage 3 zusammengestellt.

Einflussfaktoren auf den Kronenzustand in Europa im Jahr 2000

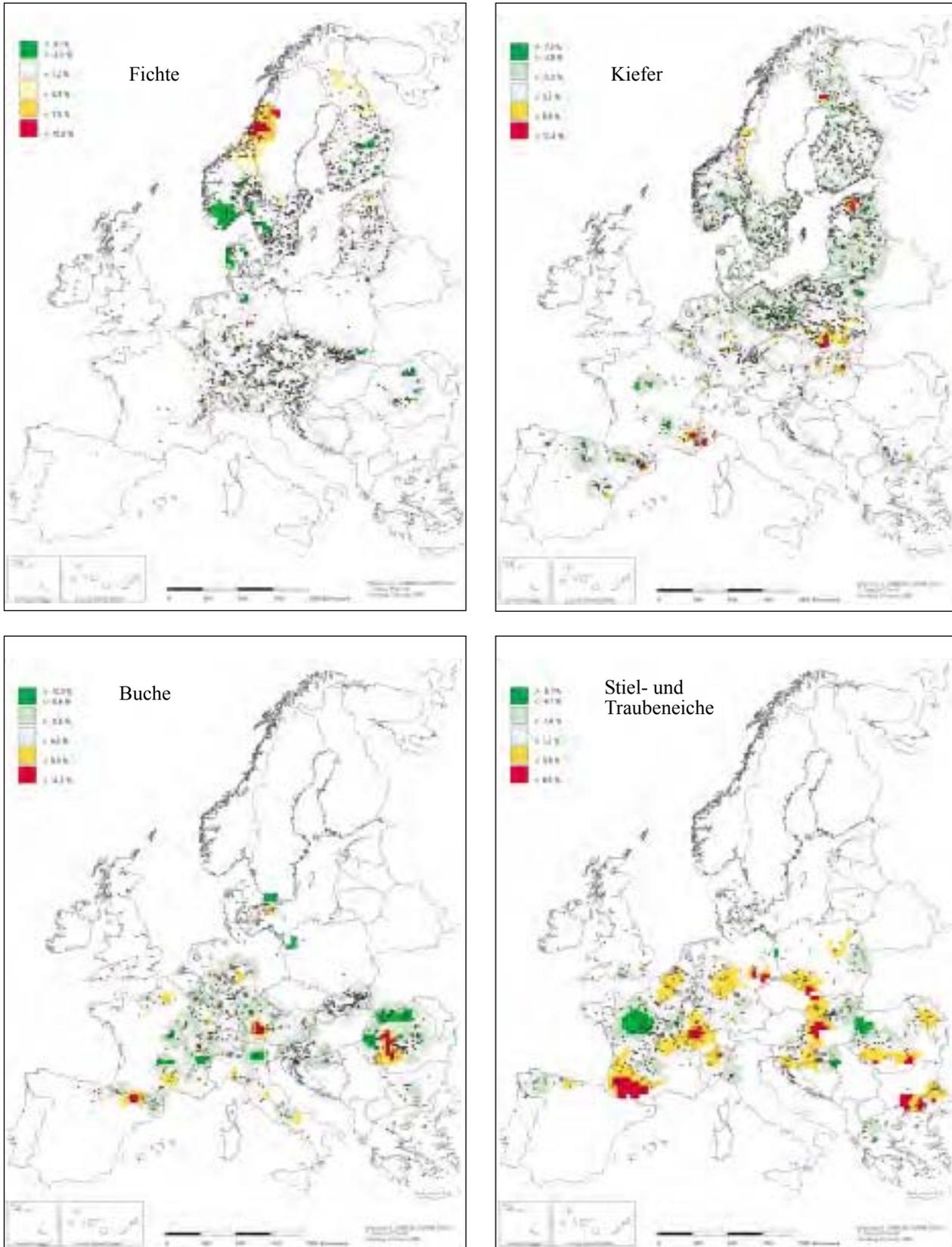
Der Kronenzustand wird durch ein komplexes Zusammenspiel von natürlichen und menschlich verursachten Fak-

toren erklärt. Multivariate statistische Analysen zeigen, dass Bestandesalter, Witterungsextreme, biotische Faktoren wie Insekten- und Pilzbefall, Bodenzustand und Luftverschmutzung Einfluss auf den Kronenzustand haben. Luftverschmutzung gilt insbesondere in Teilen Zentral- und Osteuropas als Ursache für die starken Kronenverlichtungen.

Die räumliche Variation des Kronenzustands, speziell der mittlere Nadel-/Blattverlust von 1994 bis 2000, wurden auf dem Level I-Netz mithilfe eines dazu speziell entwickelten statistischen Verfahrens untersucht. Um den Einfluss unterschiedlicher Bestandsalter und Erhebungsmethoden der einzelnen Länder auszugleichen, wurden dabei nicht der vor Ort erfasste Kronenzustand, sondern die jeweilige Differenz (Residuum) zu einem modellierten Wert der Einzelflächen herangezogen. Anschließend wurden die Werte der Einzelflächen interpoliert. Das Ergebnis dieser Berechnungen sind die Karten in Abbildung 30.

Abbildung 30

Interpolierte Abweichungen zwischen tatsächlichem Nadel-/Blattverlust und flächenspezifischen Modellwerten (Durchschnitt der Jahre 1994 bis 2000) für die Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche



Mit diesem Verfahren wird deutlich, wo die Kronenverlichtungen geringer (grün markierte Bereiche) bzw. höher (rot markierte Bereiche) sind, als aufgrund der Modellrechnung zu erwarten. Regionale Schadensschwerpunkte werden damit sichtbar. Im Rahmen einer Differenzialdiagnose wird dann gezielt nach den Ursachen für diese Abweichungen gesucht.

Faktoren, die in den Jahren 1994 bis 2000 regional besonderen Einfluss auf den Waldzustand hatten, sind:

- Die starke Verlichtung der Kiefer in Südpolen erklärt sich – nach Literaturlauswertungen und Aussagen nationaler Experten – v. a. mit dem hohen langfristigen Luftschadstoffeintrag durch das schlesische Industriegebiet.
- Als Erklärung für die roten Bereiche der Karte in Finnland und Frankreich wurde auf natürliche abiotische und biotische Faktoren verwiesen.
- Der überdurchschnittlich hohe Nadelverlust der Fichte in Mittelnorwegen wird v. a. Pilzbefall an Nadeln (*Chrysomyxa abietis*) und Wurzeln (*Heterobasidion annosum*) zugeschrieben.
- Für Buche fallen der hohe mittlere Blattverlust im Südosten Deutschlands und in Rumänien auf. Beide wurden Insekten und Pilzbefall zugeschrieben.
- Die Eichen zeigen insgesamt eine stark ausgeprägte Variation des mittleren Blattverlustes, die im Einzelfall meist noch nicht erklärbar ist. Hier dauern die Auswertungen noch an.

Stoffbilanzen: Vergleich von Elementeinträgen und -austrägen

Im europäischen Programm wird auch der Stoff- und Nährstoffkreislauf im Ökosystem Wald untersucht. Damit

können Verluste wichtiger Nährelemente (z. B. durch Auswaschung mit dem Sickerwasser) abgeschätzt sowie Szenarien für die weitere Entwicklung berechnet werden. Ein Vergleich von Elementeinträgen aus der Atmosphäre und Elementausträgen durch Versickerung gibt Aufschluss über den Verbleib (Speicherung oder Freisetzung) bestimmter Stoffe in den Ökosystemen.

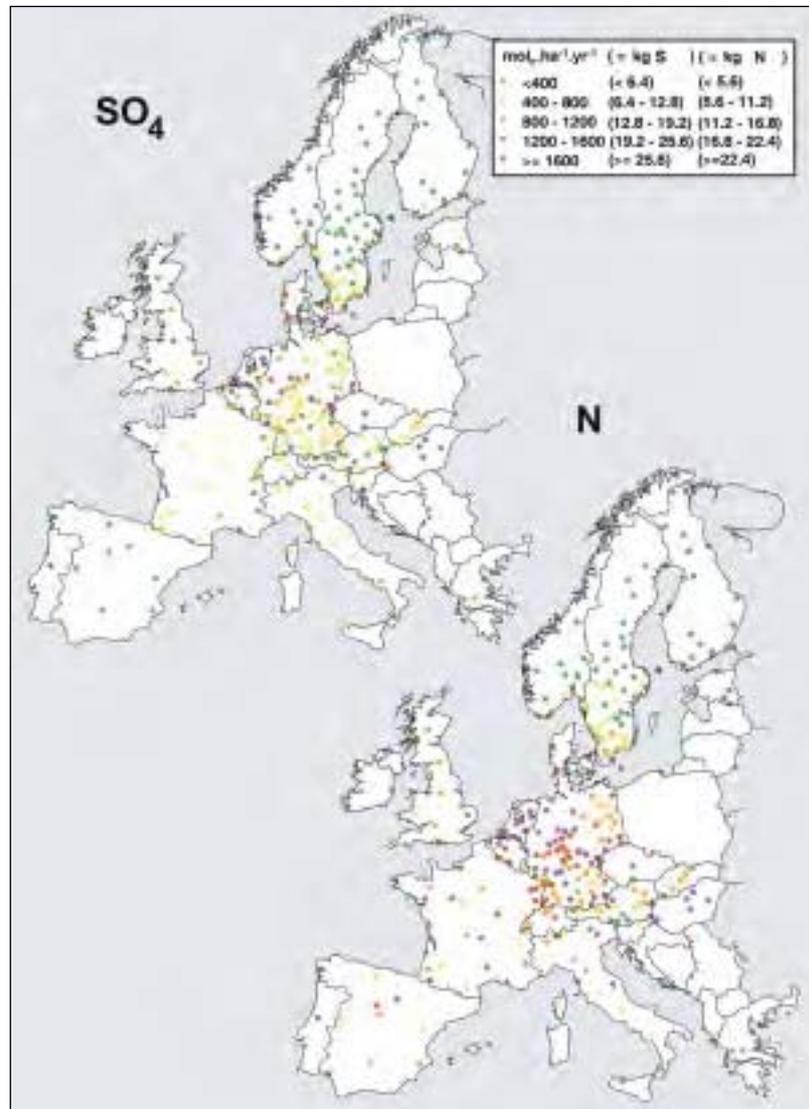
Dazu wurden für Level II-Flächen (Beobachtungszeitraum: 1995 bis 1998) ein Vergleich der Elementeinträge und -austräge erstellt und schließlich Stoffbilanzen insbesondere für Schwefel und Stickstoff erarbeitet. Wesentliche Ergebnisse sind:

- Stoffeinträge (309 untersuchte Flächen, vgl. Abbildung 31):
 - Schwefel: Der Median² der Schwefeleinträge lag bei ca. 9 kg (SO₄-S) pro Hektar und Jahr. Die Schwefeldepositionen sind damit auf den meisten Untersuchungsflächen in Zentraleuropa mittlerweile niedriger als die Stickstoffdepositionen. Dies ist eine unmittelbare Folge der erzielten Reduzierung der Schwefelemissionen.
 - Stickstoff (hier: Nitrat und Ammonium): Der Median der Stickstoffeinträge lag bei ca. 14 kg pro Hektar und Jahr. Dabei wurde die Mehrzahl der Spitzenwerte über 22,2 kg pro Hektar und Jahr in Mitteleuropa gemessen; die geringsten Werte in den nördlichen und südlichen Teilen Europas. Im Durchschnitt aller Messstationen stammt jeweils rund eine Hälfte des Stickstoffs aus Nitrat (47 %) bzw. Ammonium (53 %).

² Der Median ist ein statistischer Mittelwert, der die Stichproben in zwei gleich große Teilkollektive teilt: 50 % der Stichprobe liegen darunter, 50 % darüber. Der Vorzug dieses Mittelwertes ist, dass er auf Extremwerte weniger stark reagiert als zum Beispiel das arithmetische Mittel.

Abbildung 31

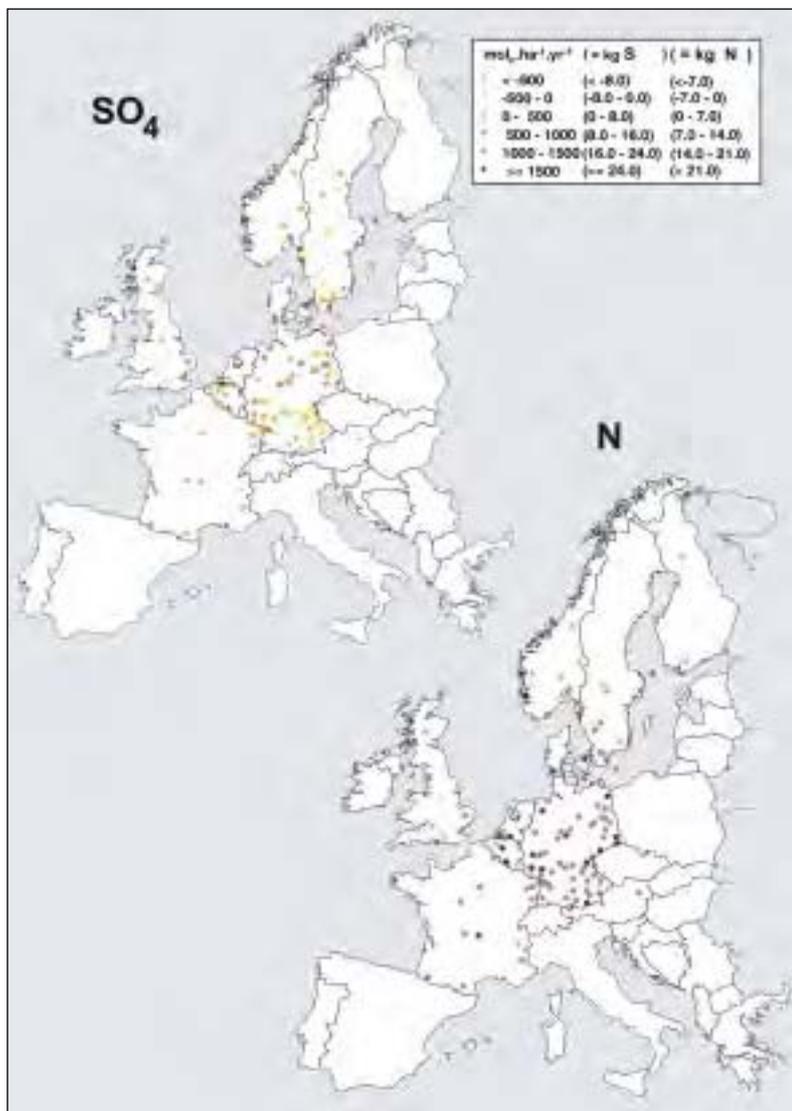
Durchschnittliche jährliche Gesamteinträge von 1995 bis 1998 für Schwefel (SO₄-S) und Stickstoff (N = NH₄-N und NO₃-N) auf 309 Level II-Flächen



- Stoffausträge und Bilanzen (121 untersuchte Flächen, vgl. Abbildung 32, Seite 38):
- Schwefel: Im Untersuchungszeitraum 1995 bis 1998 lag der Median des Schwefelaustrages bei 8,1 kg SO₄-S je Hektar und Jahr. Auf 57 % der Flächen wurde mehr Schwefel mit dem Sickerwasser ausgetragen als durch die Luftschadstoffeinträge eingetragen wurde. Schwefel trug damit – trotz deutlich verringerter Einträge – immer noch wesentlich zur Versauerung der Waldböden bei. Die Standorte mit den höchsten Schwefelbilanzen befinden sich in Regionen Mitteleuropas, die in der Vergangenheit unter hohen Schwefeleinträgen gelitten haben, in denen es jedoch in den vergangenen Jahren zu einer deutlichen Verringerung der Schwefeldeposition gekommen ist.
- Stickstoff: Im Untersuchungszeitraum (1995 bis 1998) lag der Median des Stickstoffaustrages bei 0,8 kg je Hektar und Jahr und auf nur 4 % der Flächen überstieg der Austrag den atmosphärischen Stickstoffeintrag. Das bedeutet, dass Stickstoff auf den meisten Standorten in Europa derzeit noch in erheblichem Maß in die Biomasse aufgenommen, im Boden gespeichert oder im Wege der Denitrifizierung in die Luft freigesetzt wurde. Damit ist der Beitrag von Stickstoff zur Bodenversauerung auf europäischer Ebene derzeit noch relativ gering. In der Anreicherung von Stickstoff im Boden und der Biomasse liegt allerdings eine zunehmende Gefahr für die kommenden Jahrzehnte, wenn die Speichermöglichkeiten des Ökosystems erschöpft und Nitrat in das Grundwasser freigesetzt werden wird.

Abbildung 32

**Durchschnittliche jährliche Schwefel- und Stickstoffhaushalte von 1995 bis 1998 auf 121 Level II-Flächen;
negative Vorzeichen = Austrag; positive Vorzeichen = Elementaufnahme**



V. Maßnahmen der Bundesregierung gegen Neuartige Waldschäden

Wälder sind komplexe Ökosysteme. Die in ihnen ablaufenden Prozesse sind – trotz aller Fortschritte der ökologischen Waldforschung – erst zum Teil erfasst und verstanden. „Patentlösungen“ gegen die Waldschäden gibt es nicht.

Die Maßnahmen der Bundesregierung zielen vorrangig darauf, schädliche Einflüsse auf die Waldökosysteme zu verringern (v. a. Luftreinhaltungspolitik), die Funktionsfähigkeit dieser Ökosysteme zu erhalten (v. a. flankierende forstliche Maßnahmen), den Waldzustand und seine weitere Entwicklung zu beobachten sowie Entscheidungshilfen für die Politik zu erarbeiten.

V.1 Luftreinhaltung

Im Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden spielen folgende drei Luftverunreinigungen eine besondere Rolle (vgl. auch Abschnitt II.2.5):

- Stickstoffoxide (NO_x) entstehen fast ausschließlich bei Verbrennungsprozessen. Sie sind Vorläufersubstanzen von pflanzenschädlichem Ozon und tragen zur Nährstoffübersversorgung (Eutrophierung) sowie zur Versauerung der Böden bei.

Die NO_x-Gesamtemissionen lagen 1999 bei 1,64 Mio. Tonnen. Hauptquellen sind Verkehr (64 % der NO_x-Gesamtemissionen) sowie Kraft- und Fernheizwerke (15 % der NO_x-Gesamtemissionen). Sie gingen zwischen 1990 und 1999 um 40 % zurück.

- Ammoniak (NH₃) stammt zu rund 90 % aus der Landwirtschaft und entsteht v. a. bei der Tierhaltung und durch Düngemittelverwendung. Ammoniak ist wegen seines Beitrags zur Versauerung und Nährstoffübersorgung (Eutrophierung) von Böden, Gewässern und Biotopen bedeutsam.

Die NH₃-Gesamtemissionen im Jahr 1999 werden auf 0,6 Mio. Tonnen geschätzt. Sie gingen seit 1990 um rund 20 % zurück.

- Schwefeldioxid (SO₂) entsteht überwiegend bei der Verbrennung von schwefelhaltigen Brennstoffen und verbindet sich mit Wasser und Sauerstoff zu Schwefelsäure. SO₂ beeinträchtigt lebenswichtige Prozesse in Pflanzen, darunter die Photosynthese, und trägt zur Bodenversauerung bei.

Die SO₂-Gesamtemissionen lagen 1999 bei 0,83 Mio. Tonnen, Hauptquelle sind Kraft- und Fernheizwerke mit ca. 0,4 Mio. Tonnen bzw. 49 %. Die SO₂-Emissionen gingen zwischen 1990 und 1999 um 84 % zurück; 1990 lagen sie immerhin noch bei 5,33 Mio. Tonnen.

Die eutrophierenden und versauernden Immissionen haben auf den Stoffhaushalt und die Vitalität der Waldökosysteme sowie deren nachhaltige Entwicklung großen Einfluss. Sie bewirken nicht nur akute oder chronische Schäden an Pflanzen, sondern führen auch zu einer Monotonisierung und damit Verringerung der Artenvielfalt. Insbesondere die in Deutschland herrschenden diffusen Stickstoffimmissionen müssen weiter erheblich zurückgeführt werden. Die Bundesregierung ruht sich daher nicht auf bereits Erreichtem aus, sondern ist entschlossen, den Ausstoß von Luftschadstoffen und die Umweltbelastungen weiter zu senken. Dabei ist die klassische Luftreinhaltepolitik nicht mehr isoliert, sondern integrativer Teil eines übergreifenden Konzeptes zur langfristigen Sicherung unserer natürlichen Lebensgrundlagen, bei dem sich Maßnahmen zur Luftreinhaltung, zum Klimaschutz und zur Energiewende ergänzen. Angesichts der grenzüberschreitenden Ausbreitung der Luftschadstoffe verfolgt die Bundesregierung dieses Anliegen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene.

- Auf internationaler Ebene ist das „Genfer Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung“ ein zentrales Instrument der Luftreinhaltung; darunter arbeiten rund 40 west- und osteuropäische Staaten sowie die USA und Kanada zusammen. Das Übereinkommen wird durch sog. „Protokolle“ umgesetzt, in denen z. B. Emissionsminderungsziele für bestimmte Luftschadstoffe vereinbart sind. Bisher gibt es acht Protokolle (vgl. Anlage 4).

Das neueste Protokoll in dieser Reihe ist das sog. Göteborg-Protokoll (1999). Darin hat sich u. a. auch die Bundesregierung zu weitergehenden Emissionsminderungen verpflichtet.

Deutschland soll bis zum Jahr 2010 folgende Emissionsminderungen erreichen:

- NO_x-Emissionen: Rückführung auf 1,1 Mio. Tonnen,

- NH₃-Emissionen: Rückführung auf 0,55 Mio. Tonnen (im Göteborg-Protokoll wurde erstmals auf internationaler Ebene eine Verringerung der Ammoniakemissionen vereinbart!) und

- SO₂-Emissionen: Rückführung auf 0,55 Mio. Tonnen.

In diesem Zusammenhang ist jedoch auch das 2001 unterzeichnete „Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe (POP-Konvention)“ von Bedeutung: Persistente organische Schadstoffe (POP) zeichnen sich durch ihre Toxizität, ihre Langlebigkeit, ihr Potenzial zur Bioakkumulation und ihren weiträumigen, grenzüberschreitenden Transport aus. Sie werden hauptsächlich über die Luft verbreitet.

Dieses Übereinkommen verbietet Herstellung und Gebrauch von zunächst zwölf dieser Substanzen weltweit bzw. schränkt diese stark ein.

- Der in diesen internationalen Verpflichtungen dokumentierte Wille zu einer weiteren Verringerung der Schadstoffemissionen manifestiert sich auch auf EU-Ebene. Besonders wichtige weiterführende Richtlinien und Verordnungen, an denen die Bundesregierung maßgeblich mitgewirkt hat, sind z. B.:

- Die Verordnung (EG) Nr. 3528/86 des Rates vom 17. November 1986 über den Schutz des Waldes in der Gemeinschaft gegen Luftverschmutzung. Sie legt die Grundlagen für eine europaweite Überwachung und Dokumentation der Auswirkungen der Luftschadstoffe auf die Wälder.

- Die Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verhinderung der Umweltverschmutzung (sog. IVU-Richtlinie). Sie enthält Vorgaben über die Genehmigung von Industrieanlagen.

- Die Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Qualität von Otto- und Dieselmotoren und zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG.

- Die Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide sowie Partikel und Blei in der Luft. Sie legt strenge Immissionsgrenzwerte für diese Schadstoffe fest.

- Die Richtlinie des Rates über nationale Emissionshöchstmenge für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-RL), die vom Europäischen Parlament am 20. September 2001 verabschiedet wurde. Sie zielt auf die gleichzeitige Reduzierung der Emissionen von Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden, flüchtigen organischen Verbindungen und Ammoniak. Von der nationalen Umsetzung der Richtlinie wird eine deutliche Verbesserung bei Bodenversauerung, Bodeneutrophierung und bodennahem Ozon erwartet.

- Die Richtlinien des Europäischen Parlaments und des Rates über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen (stufenweise Verschärfung der Abgasrichtlinien).

Wichtige Instrumente zur Verbesserung der Luftqualität bzw. der Umweltsituation auf nationaler Ebene sind:

- Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG, 1974) ist die zentrale Vorschrift zur Verringerung der Schadstoffemissionen aus Kraftwerken und Industrieanlagen. Es wird durch Verordnungen und technische Anleitungen (z. B. Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, TA-Luft) ergänzt. Seit 1997 gab es z. T. weit reichende Neuregelungen bei Kleinf Feuerungsanlagen, genehmigungsbedürftigen Anlagen, sowie für Abfallverbrennungsanlagen.

Die TA-Luft wird derzeit novelliert. Dabei stellt die Berücksichtigung von Ammoniak mit seinen Auswirkungen auf den Wald eine wesentliche Weiterentwicklung dar.

- Das Sofortprogramm der Bundesregierung zur Minderung der Ozonbelastung (Mai 2000) zielt auf eine wirksame, dauerhafte und deutliche Absenkung der Vorläufersubstanzen für Ozon. Es umfasst 17 Einzelmaßnahmen in den Bereichen, in denen ozonbildende Substanzen in großen Mengen entstehen, nämlich Verkehr und Lösemittelverwendung.
- Weitere verkehrsrelevante Maßnahmen sind:
 - Weitere Verschärfung der Abgasgrenzwerte: für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge ab 2005, für Lkw ab 2005 (Euro 4) bzw. 2008 (Euro 5).
 - Förderung schwefelarmer und -freier Kraftstoffe; schwefelarme Kraftstoffe (< 50 ppm) werden seit dem 1. November 2001 durch einen 3 Pf-Aufschlag auf schwefelreiche Kraftstoffe steuerlich gefördert, ab dem 1. Januar 2003 werden nur noch schwefelfreie Kraftstoffe (< 10 ppm) ohne Aufschlag bleiben.
 - Förderung des schienengebundenen öffentlichen Personennahverkehrs im Rahmen des Klimaschutzprogramms der Bundesregierung.
 - Verlängerung der Mineralölsteuerbegünstigung der Kraftstoffe Erdgas und Flüssiggas bis Ende 2009.
- Auch das von der Bundesregierung im Rahmen der Energiewende eingeleitete Maßnahmenbündel zur Energieeinsparung und zum Klimaschutz bewirkt unmittelbare Emissionsminderungen. Je weniger und je effizienter Energie umgewandelt, transportiert und genutzt wird, desto geringer sind die damit einhergehenden CO₂- und Schadstoffemissionen. Die Bundesregierung hat daher vielfältige, an Wirtschaft, Verkehr, Haushalte und Endverbraucher gerichtete Anreize zum Energiesparen sowie zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger gesetzt. Wichtige Instrumente in diesem Bereich sind:
 - Die Förderung regenerativer Energien unter anderem durch
 - das „Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG)

vom 29. März 2000; das EEG zielt darauf, den Anteil erneuerbarer Energieträger am gesamten Energieverbrauch bis zum Jahr 2010 zu verdoppeln;

- die Biomasseverordnung (21. Juli 2001), sie setzt das EEG im Bereich der Biomasse um und schafft die Voraussetzungen für klimaschonende Erzeugung von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen, wie Holz, Pflanzenabfällen oder Biogas;
- das Marktanzreizprogramm Erneuerbare Energien sowie
- das Markteinführungsprogramm Biogene Treib- und Schmierstoffe.
- Die Bundesregierung sieht außerdem großes Potenzial in Wasserstoff als Energieträger. Wasserstoff ist regenerativ herstellbar und vielseitig einsetzbar (z. B. in Verbrennungsmotoren, Hybridantrieben, Brennstoffzellen etc.). Außerdem können dadurch die Emissionen von Schadstoffen und CO₂ in der gesamten Energiekette weiter reduziert werden. In 2002 soll dieses Konzept mit dem sog. „Clean Energy Partnership Berlin (CEP)“ in der Praxis des öffentlichen Personennahverkehrs eingehend erprobt werden.
- Die Förderung der Energieeinsparung unter anderem durch
 - die Ökologische Steuerreform (u. a. Anhebung der Mineralölsteuer sowie Einführung einer Stromsteuer und deren stufenweise Anhebung bis 2003),
 - das Klimaschutzprogramm der Bundesregierung (Oktober 2000), es umfasst u. a.:
 - Sicherung, Modernisierung und Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung,
 - Energieeinsparverordnung (2002) und KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm; sie sind v. a. darauf gerichtet, den Energiebedarf von Gebäuden (Neu- und Altbauten) deutlich zu verringern.

V.2 Minderung landwirtschaftlicher Emissionen

Die Neuausrichtung der Agrarpolitik ist Teil des ganzheitlichen Ansatzes und kommt auch dem Wald zugute. Ein wesentliches Element der neuen Agrarpolitik ist der Aspekt der Nachhaltigkeit in der Lebensmittelproduktion. Ziel ist es, die Umweltbelastungen durch Stoffeinträge zu verringern, die Erzeugung gesunder und hochwertiger Lebensmittel zu fördern sowie Tiere und Pflanzen als Mitgeschöpfe zu achten.

Das Fundament hierfür ist eine nachhaltige Landwirtschaft. Sie erhält weitestgehend die natürlichen Ressourcen und deren Funktionsfähigkeit dauerhaft für heutige

und nachfolgende Generationen. Umweltbelastende Stoffverluste, insbesondere Ammoniakemissionen und Nitratreinträge in Boden und Gewässer sind so weit wie möglich zu vermeiden und eine umweltgerechte Bewirtschaftung zu unterstützen. Immerhin stammen rund 90 % der gesamten Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft.

Die Bundesregierung setzt sich dafür ein, die Ammoniakemissionen deutlich zu verringern: Sie sollen bis zum Jahr 2010 bis auf insgesamt 550 000 Tonnen jährlich zurückgeführt werden. Im Vergleich zu 1990 entspricht dies einer Verminderung um 28 %. Diese Zielsetzung spiegelt sich u. a. auch in eingegangenen gemeinschaftlichen und internationalen Verpflichtungen wider, z. B. in der EG-Richtlinie über nationale Emissionshöchstmenge und im Göteborg-Protokoll zum Genfer Luftreinhalteabkommen.

Diese Minderungsverpflichtungen betreffen vor allem die Landwirtschaft. Im Gegensatz zur Industrie arbeitet die Landwirtschaft jedoch mit Kulturpflanzen und Nutztieren in offenen Agrarökosystemen. Insbesondere bei der Tierhaltung wird deutlich, dass Anforderungen des Tierschutzes (z. B. Freilandhaltung) die Möglichkeiten des Emissionsschutzes mit technischen Mitteln (z. B. Luftfilter an Ställen) beschränken. Darüber hinaus können Minderungen eines Schadstoffes im System zu einer Erhöhung anderer Emissionen führen.

Die Bundesregierung verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz, um von der Landwirtschaft ausgehende Umweltbelastungen zu verringern. Dieser Ansatz umfasst folgende Elemente:

1. verstärkte Förderung des ökologischen Landbaus,
2. Begrenzung der Nutztierdichte sowie
3. spezielle Maßnahmen zur Minderung landwirtschaftlicher Emissionen.

Zu 1.: Verstärkte Förderung des ökologischen Landbaus

Der ökologische Landbau entspricht heute schon weitestgehend den Kriterien der Nachhaltigkeit. Er hat damit Modellcharakter und kann eine Vorreiterrolle für die nachhaltige Landwirtschaft übernehmen. Die Bundesregierung wird deshalb den ökologischen Landbau und die Umstellung konventioneller Betriebe auf den ökologischen Landbau besonders fördern. Ziel ist es, dass ökologischer Landbau bis 2010 auf 20 % der Fläche betrieben wird. Dazu dienen insbesondere die folgenden Maßnahmen:

- Verbesserte Förderung in der Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK) für die Umstellung und Beibehaltung des Öko-Landbaus, die Verarbeitung und Vermarktung entsprechender Erzeugnisse sowie für einzelbetriebliche Investitionen in diesem Bereich.
- Weitere Verbesserung der Rahmenbedingungen durch das „Bundesprogramm ökologischer Landbau“: Das Bundesprogramm soll – ergänzend zur o. g. Förderung im Rahmen der GAK – zu einem nachhaltigen Wach-

tum von Angebot und Nachfrage für ökologisch hergestellte Lebensmittel beitragen. Im Rahmen des Bundesprogramms können vielfältige Maßnahmen in den Bereichen landwirtschaftliche Produktion, Erfassung und Verarbeitung, Handel, Vermarktung, Verbraucher, Technologieentwicklung und -transfer sowie flankierende Maßnahmen (z. B. Forschung und Entwicklung) durchgeführt werden. Das Bundesprogramm ist für die Jahre 2002 und 2003 mit rd. 35 Mio. Euro je Jahr ausgestattet.

- Einführung des Bio-Siegels: Das Bio-Siegel ist ein einheitliches, gesetzlich geschütztes, staatliches Kennzeichen für Erzeugnisse des ökologischen Landbaus. Nur Produkte, die den Anforderungen der EG-Öko-Verordnung genügen, dürfen das Bio-Siegel führen. Angesichts der bisherigen Vielfalt von Zeichen für ökologisch hergestellte Lebensmittel soll es Verbrauchern Klarheit und Sicherheit geben.
- Memorandum der Bundesregierung an die Europäische Kommission über die Weiterentwicklung der EG-Öko-Verordnung: Die EG-Öko-Verordnung ist eine seit Jahren erprobte Rechtsgrundlage für den Öko-Landbau. Im Laufe der Zeit hat sich jedoch herausgestellt, dass die Verordnung im Interesse der Verbraucher noch verbessert werden kann. Beispielsweise sollte das Kontrollsystem erweitert, teilnehmende Betriebe zur Umstellung des gesamten Betriebes auf den ökologischen Landbau verpflichtet und Vorschriften für die Aquakultur aufgenommen werden. Außerdem sollten bei der Öko-Tierzucht mehr Futtermittel aus eigener bzw. ökologischer Erzeugung verwendet und im Öko-Pflanzenbau bestimmte Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft aus konventionellen Betrieben ausgeschlossen werden. Die Bundesregierung hat die Europäische Kommission aufgefordert, die EU-Öko-Verordnung in diesem Sinne weiterzuentwickeln.
- Vorlage eines Öko-Landbaugesetzes: Um das Vertrauen in den Öko-Landbau zu verbessern, sollen das Kontrollwesen gestärkt sowie entsprechende Gesetzesverstöße mit Straf- und Bußgeldvorschriften beehrt werden.

Zu 2.: Begrenzung der Nutztierdichte

Regional erhöhte Schadstoffeinträge durch Ammoniumeinträge haben ihre Ursache vor allem in hohen Nutztierdichten. Eine Begrenzung der Nutztierdichte trägt dazu bei, nicht nur die landwirtschaftlichen Emissionen sondern auch verschiedene weitere Umwelteinflüsse der landwirtschaftlichen Produktion (z. B. Nitratreinträge ins Grundwasser, Emission klimarelevanter Spurengase) zu vermindern. Um dies zu erreichen, wurden folgende Maßnahmen ergriffen:

- Grundsatz der standortangepassten landwirtschaftlichen Nutzung: Mit der Novelle des Bundesnaturschutzgesetzes wird die Grundlage für einen modernen, zukunftsweisenden Naturschutz gelegt, der einen Ausgleich zwischen Nutzungsinteressen und dem Schutzbedürfnis der

Natur schafft und gleichzeitig die Akzeptanz des Naturschutzes verbessert. Die landwirtschaftliche Nutzung soll standortangepasst erfolgen, sodass vermeidbare Beeinträchtigungen benachbarter Biotope (einschließlich der Waldökosysteme) unterlassen werden.

Mit Blick auf den Wald sind insbesondere folgende, neue Elemente wichtig: Die Bindung der Tierhaltung an die Fläche sowie die Verpflichtung, eine schlagspezifische Dokumentation über den Einsatz von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln zu führen. Damit sollen insbesondere Nährstoffüberschüsse vermieden werden, die z. B. in Form von Ammoniakemissionen in die Atmosphäre gelangen können.

- Strengere Anforderungen für die Genehmigung von Tierhaltungsanlagen: Mit der Neufassung der 4. Bundesimmissionsschutzverordnung durch das Gesetz zur Umsetzung der UVP-Änderungsrichtlinie, der IVU-Richtlinie und weiterer EG-Richtlinien zum Umweltschutz wurde die Genehmigungspflicht nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz auf Tierhaltungsanlagen mit 50 und mehr Großvieheinheiten sowie mehr als 2 Großvieheinheiten je Hektar ausgeweitet. Betriebe, die Nutztiere (z. B. Geflügel, Schweine, Rinder, Pferde, Ziegen) halten, aber keine ausreichende Flächenbindung haben (mehr als 2 Großvieheinheiten je Hektar), müssen künftig strengere Auflagen erfüllen und außerdem stärker überwacht werden. Für bestehende Betriebe gilt eine Übergangsfrist bis 30. Oktober 2007.

Auch bei der Frage, ob Tierhaltungsanlagen einer Umweltverträglichkeitsprüfung bedürfen, werden Anlagen unter den genannten Voraussetzungen (50 und mehr Großvieheinheiten sowie mehr als 2 Großvieheinheiten je Hektar) künftig strenger behandelt als Anlagen mit ausreichender Flächenbindung.

- Berücksichtigung der Nutztierdichte bei Beihilfemaßnahmen: Die Bundesregierung hat dafür Sorge getragen, dass eine Bindung der Nutztierhaltung an die Fläche auch in verschiedenen agrarpolitischen Maßnahmen eingeführt wird; Beispiele:
 - Die Sonderprämie für männliche Rinder wird nur bis zu einer Besatzdichte von 2 Großvieheinheiten je Hektar gezahlt; diese Besatzdichte soll bis 2003 sukzessive auf nur noch 1,8 Großvieheinheiten je Hektar gesenkt werden.
 - Die Mutterkuhprämie setzt ebenfalls eine Besatzdichte von 2 Großvieheinheiten je Hektar, die Extensivierungsprämie nur 1,4 Großvieheinheiten je Hektar als Maßstab.
 - Eine Förderung im Rahmen des Agrarinvestitionsförderungsprogramms der GAK kann grundsätzlich nur ein Betrieb in Anspruch nehmen, dessen Nutztierdichte 2 Großvieheinheiten je Hektar nicht überschreitet.
 - Die Ausgleichszulage in benachteiligten Gebieten kann im Rahmen der GAK grundsätzlich nur bei einem Viehbesatz von max. 2 Großvieheinheiten je Hektar gezahlt werden.

Zu 3.: Spezielle Maßnahmen zur Minderung landwirtschaftlicher Emissionen

Die eingangs genannten gemeinschaftlichen und internationalen Verpflichtungen zur Verminderung der Ammoniakemissionen sollen auf nationaler Ebene weitgehend im Rahmen des Bundesimmissionsschutzrechtes sowie des Düngemittelrechtes umgesetzt werden. Die wichtigsten Maßnahmen mit Blick auf den Wald sind:

- Ausweitung der immissionsschutzrechtlichen Genehmigungspflicht für landwirtschaftliche Betriebe: Um die o. g. Minderungsverpflichtungen zu erreichen, müssen sich dieser Genehmigungspflicht künftig nicht nur Betriebe mit hoher Nutztierdichte (s. o.) unterziehen: Auch große Rinder- und Kälberbetriebe (mehr als 250 bzw. 350 Rinderplätze; mehr als 300 bzw. 1 000 Kälberplätze) sollen künftig – unabhängig von ihrer Flächenbindung – der Genehmigung und Überwachung nach dem BImSchG und ggf. einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) unterworfen werden. Immerhin tragen Rinder zu ungefähr zwei Dritteln zu den Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung bei.
- Novellierung der TA-Luft: Diese Vorschrift wird derzeit novelliert. Mit Blick auf den Wald sind dabei insbesondere folgende Verbesserungen vorgesehen:
 - Alle großen Tierhaltungsanlagen müssen künftig Mindestabstände zu Waldökosystemen einhalten. Im Rahmen der laufenden Novellierung sollen bereits vorhandene Regelungen konkretisiert werden. Zum Beispiel soll die Konzentration des blattschädigenden Ammoniaks als Entscheidungskriterium zur Ermittlung des Mindestabstandes dienen.
 - In Regionen mit hoher Nutztierdichte kann die nach BImSchG erforderliche Betriebsgenehmigung von einer Sonderfallprüfung im Hinblick auf Stickstoffeinträge in empfindliche Ökosysteme abhängig gemacht werden.
- Technische Maßnahmen zur Minderung der landwirtschaftlichen Emissionen: Die Bundesregierung hat sich im Rahmen des o. g. Multikomponentenprotokolls – über die Reduktionsverpflichtung hinaus – außerdem verpflichtet, zur Verminderung der landwirtschaftlichen Emissionen zusätzlich folgende Maßnahmen durchzuführen:
 - Erarbeitung, Veröffentlichung und Verbreitung von Empfehlungen zur guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft zur Begrenzung von Ammoniakemissionen. Dieser Leitfaden soll die besonderen Bedingungen in Deutschland berücksichtigen und insbesondere Empfehlungen enthalten zum Stickstoffmanagement (unter Berücksichtigung des gesamten Stickstoffkreislaufs), zu Fütterungsstrategien, zu emissionsarmen Düngelagerungs- und -ausbringungsverfahren, zu emissionsarmen Tierhaltungssystemen sowie für Möglichkeiten der Begrenzung von Ammoniakemissionen beim Einsatz von Mineräldüngern,

- Begrenzung von Ammoniakemissionen aus festen Düngemitteln auf Harnstoffbasis,
- Umstellung auf emissionsarme Gülleausbringungsverfahren bis zum 31. Dezember 2007,
- Einarbeitung von Festmist: Auf zu pflügenden Flächen ausgebrachter Festmist soll spätestens innerhalb von 24 Stunden nach der Ausbringung eingearbeitet werden,
- Verschärfung der Vorschriften für Schweine- und Geflügelzuchtbetriebe, die nach Bundesimmissionschutzgesetz genehmigungspflichtig sind:
 - Für neue Güllelager sollen emissionsarme Lagereinrichtungen oder -verfahren vorgeschrieben werden, die nachgewiesenermaßen zu einer Emissionsminderung um 80 % im Vergleich zum unabgedeckten Behälter ohne Schwimmschicht führen.
 - Neue Tierhaltungssysteme müssen im Vergleich zu herkömmlichen Systemen deutlich geringere Emissionen aufweisen, es sei denn, dies ist aus Tierschutzgründen nicht möglich, beispielsweise bei Systemen mit Stroheinstreu für Schweine, Volieren- und Auslaufsystemen für Geflügel sowie Laufställen bei Rindern.

V.3 Maßnahmen der Forstwirtschaft gegen Neuartige Waldschäden

Zentrales Ziel der Forstpolitik der Bundesregierung ist es, die Funktionsfähigkeit der Wälder auf Dauer zu erhalten und zu verbessern. Dem stehen die vielfach immer noch zu hohe Luftverunreinigung sowie Klimaänderungen entgegen. Deren negative Auswirkungen beeinträchtigen auch die biologische Vielfalt im Wald und die Funktion des Waldes als Wasserfilter und -speicher. Insofern ist auch die Forstpolitik integrativer Teil eines übergreifenden Konzeptes zur langfristigen Sicherung unserer natürlichen Lebensgrundlagen, bei dem sich Maßnahmen zur Erhaltung der Waldökosysteme und ihrer biologischen Vielfalt mit Maßnahmen zum Klimaschutz, zur Energiewende sowie zum Gewässerschutz ergänzen.

Die Forstpolitik hat – flankierend zur Luftreinhalte- und Klimaschutzpolitik – Maßnahmen ergriffen, um

1. den Waldzustand zu überwachen,
2. eine naturnahe Waldbewirtschaftung umzusetzen,
3. forstliche Genressourcen zu erhalten,
4. den nachwachsenden Rohstoff Holz noch stärker zu nutzen,
5. Wild und Wald in Einklang zu bringen,
6. forstliche Maßnahmen schonend durchzuführen und
7. schädliche, von außen kommende Einwirkungen auf den Wald abzuwehren.

Diese Maßnahmen sind u. a. auch Bestandteile der von Bund und Ländern unter Beteiligung von Verbänden der Forstwirtschaft und des Naturschutzes entwickelten Strategie „Forstwirtschaft und Biologische Vielfalt“, die gegenwärtig umgesetzt wird.

Zu 1: Überwachung des Waldzustands

Das „forstliche Umweltmonitoring“ ist ein Instrument, um den Waldzustand zu erfassen, zu dokumentieren, Veränderungen festzustellen und dazu beizutragen, die Ursachen für diese Veränderungen zu ermitteln und besser zu verstehen (vgl. Abschnitt II). Die damit gewonnenen Datensätze und Ergebnisse werden miteinander verknüpft und integrierend ausgewertet.

Für die Politik ist das forstliche Umweltmonitoring eine unverzichtbare Entscheidungshilfe. Durch die Bereitstellung von messbaren, repräsentativen Daten hat es in einem Spannungsfeld zwischen Verharmlosung und Panikmache maßgeblich zur Versachlichung der Diskussion beigetragen. Die Daten aus dem Umweltmonitoring werden z. B. auch bei internationalen Verhandlungen als Argumentationsgrundlage für die Senkung von Immissionen ebenso genutzt wie für weitergehende wissenschaftliche Untersuchungen.

Die Bundesregierung finanziert zu dieser Thematik das Verbundvorhaben „Konzept und Machbarkeitsstudie für die Integrierende Auswertung von Daten des Umweltmonitorings im Wald“: Ziel des 2001 angelaufenen Vorhabens ist es, Vorschläge für die Weiterentwicklung des forstlichen Umweltmonitorings zu erarbeiten, wobei insbesondere Fragen des Datenmanagements und integrierender Auswertungsmethodik im Mittelpunkt stehen. Für dieses Projekt sind ca. 1,6 Mio. Euro vorgesehen.

An dem Vorhaben beteiligen sich neben den Forstfakultäten der Hochschulen auch die forstlichen Forschungs- und Versuchsanstalten des Bundes und der Länder.

Zu 2: Umsetzung einer naturnahen Waldbewirtschaftung

Ein Ziel der Forstpolitik ist es, stabile und gemischte Waldbestände zu entwickeln, die ein hohes Maß an biologischer Vielfalt mit hoher Widerstandskraft gegen Witterungsextreme, Schädlingsbefall und Schadstoffeinträge sowie ein großes Anpassungspotenzial im Hinblick auf Klimaänderungen aufweisen. Naturnahe Wälder kommen diesem Ziel sehr nahe.

Die Bundesregierung strebt daher eine naturnahe Waldbewirtschaftung möglichst auf der gesamten forstwirtschaftlich genutzten Waldfläche in Deutschland an. Idealbild sind dabei strukturreiche, stabile Mischbestände, in denen sich die Bewirtschaftung weitgehend an natürlichen Abläufen orientiert und auch Alters- bzw. Zerfallsphasen (Totholz) ihren Platz haben. Ein hinreichender Anteil standortheimischer Baumarten ist einzuhalten.

Dies erfordert in einem Teil der vorhandenen Wälder „Umbaumaßnahmen“. Zur Umsetzung in den Staatswäldern haben die Forstverwaltungen des Bundes und der

Länder in den letzten Jahren entsprechende Wirtschaftsregeln erstellt. Diese Regeln sind für die Staatswälder verbindlich und werden dem Privat- und Körperschaftswald empfohlen.

Angesichts der langen Lebensspanne von Bäumen bzw. Waldbeständen ist dieser Waldbau jedoch nicht innerhalb weniger Jahre möglich, sondern erfordert Zeiträume von Jahrzehnten. Die forstpolitisch gewünschte Umorientierung kann – während einer Übergangszeit – für den Waldbesitzer jedoch mit zusätzlichen Kosten und auch Risiken (z. B. vorübergehende Instabilität der Waldbestände) verbunden sein. Daher werden sie durch forstpolitische Maßnahmen (z. B. Förderung im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) sowie Finanzierung von forstwissenschaftlicher Begleitforschung) unterstützt.

Die Bundesregierung finanziert zu dieser Thematik das Verbundprojekt „Zukunftsorientierte Waldwirtschaft“: Ziel des 1999 begonnenen Vorhabens, an dem sechs Länder direkt beteiligt sind, ist es, die o. g. Umstellung auf naturnahe Waldwirtschaft wissenschaftlich zu untermauern und zu begleiten und der Forstwirtschaft konkrete Entscheidungshilfen zur Verfügung zu stellen. Für dieses Projekt wurden bisher rund 19 Mio. Euro zur Verfügung gestellt.

Wesentliche Grundsätze bzw. Ziele einer naturnahen Waldwirtschaft sind:

- Aufbau stabiler, stufiger und strukturreicher naturnaher Mischwälder unter angemessener Berücksichtigung standortheimischer Baumarten,
- Verzicht auf Kahlhiebe und Vorrang einer einzelstammweisen bis gruppenweisen Nutzung mit dem Ziel, starkes wertvolles Holz zu erziehen,
- Vorrang der natürlichen Verjüngung bei geeigneten Ausgangsbeständen; falls Saat oder Pflanzung erforderlich: Verwendung von Saat- oder Pflanzgut, welches einen Aufbau der oben beschriebenen Mischwälder zulässt,
- Bodenschutz durch Verzicht auf Entwässerung und auf Düngung zur Ertragssteigerung,
- grundsätzliche Berücksichtigung der Belange des Naturschutzes und der walddynamischen natürlichen Entwicklungsdynamik bei der Waldbewirtschaftung in angemessener Weise auf der ganzen Fläche, z. B. durch Schutz und Pflege besonderer Waldbiotope, Erhaltung alter Bäume und Baumgruppen, Belassen von Totholzanteilen sowie Sonderstrukturen, Schutz seltener Tier- und Pflanzenarten, Förderung seltener Baum- und Straucharten etc.,
- Verzicht auf gentechnisch veränderte Organismen.

Zu 3: Erhaltung forstlicher Genressourcen

Eine weitere Maßnahme der Zukunftssicherung ist die Erhaltung forstlicher Genressourcen. Waldbäume verfügen von Natur aus über eine besonders große genetische Vielfalt, die durch Umwelteinflüsse gefährdet ist.

Die wichtigsten und auch flächenbedeutsamsten Maßnahmen zur Sicherung der forstlichen Genressourcen sind einerseits die Naturverjüngung geeigneter Bestände sowie andererseits die Verwendung von herkunftsgesichertem und angepasstem Vermehrungsgut dort, wo Naturverjüngung nicht möglich oder sinnvoll ist.

Ergänzend treten spezielle Generhaltungsmaßnahmen von Bund und Ländern im Rahmen ihres gemeinsamen Konzepts zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen (2000) hinzu. Vorrang haben dabei Erhaltungsmaßnahmen am Ort des jeweiligen Vorkommens (in situ).

Insbesondere bei konkurrenzstarken Baumarten (z. B. Buche) tragen auch nutzungsfreie Waldgebiete (z. B. Nationalparke, Kernzonen in Biosphärenreservaten und Naturwaldreservate) zur Erhaltung der genetischen Vielfalt bei. Hohe Aufmerksamkeit gilt dabei der Rotbuche, für die – aufgrund ihres geringen Verbreitungsareals mit Zentrum in Deutschland – die Bundesrepublik besondere globale Verantwortung trägt.

Seltene Baum- und Straucharten (z. B. Elsbeere, Speierling und Wildobstarten) können dagegen heute auf vielen Standorten nur mithilfe menschlicher Eingriffe (z. B. Durchforstungen zu ihren Gunsten) bestehen. Ergänzend werden bei gefährdeten Genressourcen z. T. auch Erhaltungsmaßnahmen in Genbanken und Samenplantagen (ex situ) durchgeführt.

Zu 4: Stärkere Nutzung des nachwachsenden Rohstoffes Holz

Holz ist ein nachwachsender Rohstoff und hat als solcher erhebliche ökologische Vorzüge gegenüber zahlreichen anderen Rohstoffen. Holz wird im Rahmen einer ordnungsgemäßen Forstwirtschaft nachhaltig erzeugt, es hat eine günstige Energiebilanz und kann bei Produktion langlebiger Produkte ein wirksamer CO₂-Speicher sein. Holzprodukte sind zudem weitgehend CO₂-neutral und können bei entsprechender Behandlung am Ende ihrer Nutzung nahezu rückstandsfrei verwertet werden.

Gleichzeitig könnte in Deutschland nachhaltig mehr Holz genutzt werden, als derzeit eingeschlagen wird. Die Gesamtmenge des verfügbaren Rohholzaufkommens in unseren Wäldern wird auf jährlich ca. 57 Mio. m³ geschätzt. Bisher werden davon nur rd. 70 % eingeschlagen; ca. 30 % der nachwachsenden Holzmenge bleiben ungenutzt.

Die Bundesregierung fördert daher die verstärkte Nutzung von Holz im Rahmen ihrer Maßnahmen zur Verbesserung des Klimaschutzes:

- Das Erneuerbare-Energien-Gesetz sowie die Biomasseverordnung sollen die Wettbewerbsfähigkeit der nachwachsenden Rohstoffe als Energieträger (z. B. in Biomasseanlagen) gegen endliche fossile Energieträger stärken. Hierzu trägt auch die Ökologische Steuerreform bei.
- Holzfeuerungsanlagen werden im Rahmen des Marktanzreizprogramms für erneuerbare Energien gefördert.

- Die verbindliche Einführung des Niedrigenergiehausstandards kommt Eigenheimen in Holzbauweise aufgrund ihrer baustoffbedingt guten Wärmedämmung besonders zugute.
- Außerdem fördert die Bundesregierung die permanente Weiterentwicklung von Verfahren zur stofflichen und energetischen Holznutzung.
- Mit dem Förderschwerpunkt „Integrierter Umweltschutz in der Holzwirtschaft“ fördert die Bundesregierung Vorhaben
 - zur Entwicklung neuer strukturierter Holzwerkstoffe,
 - zur Verbesserung der Einsatzmöglichkeiten von Holzwerkstoffen sowie
 - zu verbesserten Holzschutzmethoden.
- Ferner ist die wirtschaftliche Herstellung von Häusern auf der Grundlage standardisierter Holz- und Holzwerkstoff-Elemente Ziel künftiger Arbeiten.

Für diesen Schwerpunkt wurden bisher 17,2 Mio. Euro zur Verfügung gestellt.

Zu 5: Wild und Wald in Einklang zu bringen

Die Wildarten des Waldes sind wichtige Bestandteile der biologischen Vielfalt. Ihre Erhaltung und nachhaltige Nutzung wird insbesondere im Rahmen einer landschaftlich angepassten Hege und Bejagung gesichert. In vielen Regionen behindern jedoch noch überhöhte Schalenwildbestände (insbesondere Rehwild) die Entwicklung strukturreicher Wälder und führen durch selektiven Verbiss zur Artenverarmung. Die Forstwirtschaft wirkt darauf hin, dass für die Herleitung der Abschusshöhe grundsätzlich ökologische Weiser (z. B. Verbiss- und Schälgutachten) herangezogen werden. Dadurch konnten überhöhte Wildbestände in einigen Regionen bereits erheblich gemindert werden.

Zu 6: Schonende Durchführung forstlicher Maßnahmen

Die Wälder in Deutschland werden – im Vergleich zu anderen natürlichen Ressourcen – nur sehr extensiv genutzt; Eingriffshäufigkeit und -intensität einer ordnungsgemäßen Forstwirtschaft sind um ein Vielfaches geringer als in anderen Landnutzungsarten (z. B. Landwirtschaft oder sogar Verkehrsflächen). Der Wald ist daher – trotz jahrhundertelanger Nutzung – immer noch ein weitgehend naturnahes Ökosystem, das mit seinen vielfältigen Funktionen der Volkswirtschaft und auch jedem Einzelnen dient.

Die Forstwirtschaft ist sich dieser Verantwortung ebenso bewusst wie der Tatsache, dass unsachgemäße Nutzungen die Waldökosysteme erheblich beeinträchtigen können. Der Grundgedanke einer ordnungsgemäßen Forstwirtschaft ist daher, die mit der Waldnutzung einhergehenden Belastungen für die Waldökosysteme und insbesondere für die Waldböden zu vermeiden oder zumindest weitestgehend zu verringern. Dieses Anliegen ist Teil des Nachhaltigkeitsgedankens und spiegelt sich bereits seit Jahr-

zehnten in zahlreichen Untersuchungen der Forstlichen Forschungs- und Versuchsanstalten des Bundes und der Länder sowie der forstwissenschaftlichen Universitäten und Fachhochschulen wider.

In diesem Zusammenhang spielen folgende Aspekte eine besondere Rolle:

- Eine ausreichende Walderschließung ist für die Bewirtschaftung, den Waldschutz und die Erholung im Wald erforderlich. Zu weit gehende Erschließung ist jedoch nachteilig und unerwünscht.

Aufgrund des mittlerweile erreichten Erschließungsgrades ist ein Neubau von Waldwegen fast nur noch in einzelnen ostdeutschen Ländern sowie im kleinstrukturierten Privatwald einiger Regionen notwendig. Die Wegebaumaßnahmen werden erst nach eingehendem Variantenstudium, unter Schonung wertvoller Biotope und mit minimalen Erdbewegungen durchgeführt. Eine Bodenversiegelung wie z. B. durch Teerdecken ist im Wald die absolute Ausnahme.

- Der Maschineneinsatz im Wald erfordert besondere Sorgfalt, nicht nur wegen möglicher Beschädigungen an den Bäumen, sondern insbesondere an den Waldböden. Um Bodenverdichtungen zu vermeiden bzw. zu minimieren, kommt der Auswahl geeigneter Maschinen und Arbeitsverfahren sowie des Einsatzzeitpunktes besondere Bedeutung zu. Beispielsweise sollten alle Fahrbewegungen möglichst auf ein Netz dauerhafter Fahrlinien (Rückegassen) konzentriert werden.
- Die Forstwirtschaft begegnet biotischen Schadern (z. B. Insekten und Pilzen) vorrangig durch vorbeugende Maßnahmen des Waldschutzes (z. B. Beseitigung von Borkenkäferbrutstätten). Werden Maßnahmen erforderlich, so werden vorwiegend mechanische und biotechnische Verfahren eingesetzt, bei Bedarf aber auch chemische Pflanzenschutzmittel. Letztere sind insbesondere dann notwendig, wenn Waldökosysteme aufgrund großflächiger Insektenkalamitäten in ihrer Existenz akut gefährdet und unvertretbare ökologische Folgen zu erwarten sind. In der Forstwirtschaft werden damit die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes und der Schutz des Grundwassers berücksichtigt.

Nach Erhebungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) werden nur etwa 0,1 % der in Deutschland verbrauchten Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe auf Waldflächen ausgebracht.

Zu 7: Abwehr schädlicher externer Einwirkungen

Im Kontext dieses Berichtes stehen die forstlichen Maßnahmen zur Verminderung der negativen Auswirkungen der Luftverunreinigungen für die Waldökosysteme im Mittelpunkt. Die Forstpolitik muss außerdem einer Reihe von weiteren „waldschädlichen“, externen Einwirkungen begegnen, z. B.

- der Inanspruchnahme von Wald für andere Nutzungsarten (Waldzerschneidung und Umwandlung von Wald),

- der Absenkungen des Grundwasserspiegels,
- der Florenverfälschung durch Verwendung ungeeigneter Pflanzenherkünfte im Landschaftsbau (insbesondere entlang von Straßen),
- der übermäßigen Inanspruchnahme von Wäldern für Erholungszwecke,
- der Einschleppung von Schadorganismen und invasiven Arten sowie
- den Folgen des Klimawandels.

Die Waldökosysteme waren über Jahrzehnte hinweg hohen Säure- und Stoffeinträgen aus der Atmosphäre ausgesetzt, die immer noch anhalten. Auf einigen Standorten waren die Belastungen so hoch, dass dort Waldbestände abgestorben sind (z. B. im Harz und Erzgebirge). Dies blieb glücklicherweise jedoch auf wenige Standorte begrenzt und hat sich – v. a. aufgrund von deutlichen Verbesserungen der Luftqualität – nicht ausgeweitet. Um auf solchen Standorten die Erfüllung der Waldfunktionen auch weiterhin zu sichern, werden geschädigte Bestände wieder aufgeforstet bzw. wird einer drohenden Bestandesauflösung durch Vor- und Unterbau begegnet.

Sehr viel problematischer ist dagegen, dass anhaltend hohe Stoffeinträge die Waldböden großflächig verändert und teilweise in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt haben. Insbesondere Säureeinträge haben auf vielen Standorten zur Bodenversauerung sowie zur Auswaschung von Pflanzennährstoffen und Spurenelementen geführt. Diese Prozesse sind nicht nur nachteilig für die Vegetation bzw. den Baumbestand und den Waldboden als Produktionsfaktor, sondern haben v. a. auch Konsequenzen für unser Trink- und Oberflächenwasser: Immerhin liegen im Wald zahlreiche Wasserschutzgebiete. Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen zeigen z. B., dass auf verschiedenen Waldstandorten die in die Waldböden eingetragenen Schadstoffe inzwischen mit dem Sickerwasser in erheblichen Größenordnungen wieder ausgetragen werden. Dieser Austrag erfolgt i. d. R. zeitlich versetzt mit einer Verzögerung von mehreren Jahrzehnten. Auf diesen Standorten ist die Fähigkeit des Waldbodens zur Bindung von Einträgen überschritten, Grund- und Quellwasser sind dort akut beeinträchtigt.

Vor diesem Hintergrund haben die forstliche Bodenschutzkalkung bzw. die Kompensationsdüngung Bedeutung: Sie können diese Prozesse zwar nicht umkehren, wirken einer fortschreitenden Bodenversauerung und damit zusätzlichen Stoffausträgen mit dem Sickerwasser jedoch entgegen. Darüber hinaus werden Pflanzennährstoffe (z. B. Magnesium und Phosphor) wieder zugeführt, die infolge der Versauerung aus den Waldböden ausgetragen wurden. Die Kompensationsdüngung ist in vielen Fällen auch Voraussetzung für eine Erfolg versprechende Verjüngung stark geschädigter Bestände.

Alle Waldbesitzarten beteiligen sich

An den o. g. Maßnahmen beteiligen sich alle Waldbesitzarten. Im Privat- und Körperschaftswald wird die Durchführung bestimmter Maßnahmen von Bund und Ländern mit erheblichen Mitteln gefördert; bei der Bodenschutzkalkung z. B. sogar mit bis zu 90 % der förderfähigen Kosten.

Zentrales Förderinstrument ist dabei die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK). Die o. g. Maßnahmen werden in diesem Rahmen mit rund 33 Mio. Euro pro Jahr (60 % Bundes-, 40 % Ländermittel) gefördert. Darüber hinaus haben einige Länder zusätzliche Förderprogramme für nicht staatliche Waldbesitzer eingerichtet.

Im Jahr 2000 wurden im Rahmen der GAK bei privaten und kommunalen Waldbesitzern gefördert:

- Umstellung auf eine naturnahe Waldbewirtschaftung (vgl. Anlage 5): Fördersumme rund 17,6 Mio. Euro (Waldumbau: ca. 4 600 Hektar, Bestandespflege: ca. 21 100 Hektar). Zu den geförderten Maßnahmen zählt die Überführung von Reinbeständen in Mischbestände, der Umbau nicht standortgerechter Bestände sowie die Bestandespflege.
- Wiederaufforstung von sowie Vor- und Unterbau in geschädigten Beständen (vgl. Anlage 6): Fördersummen rund 1,8 Mio. Euro für Wiederaufforstung (ca. 1 200 Hektar) sowie 3,1 Mio. Euro für Vor- und Unterbau (ca. 9 400 Hektar).
Diese Maßnahmen dienen dem Erhalt akut geschädigter Wälder. Sie werden nur dort eingesetzt, wo sich aufgrund hoher Immissionen der vorherige Waldbestand bereits aufgelöst hat oder aufzulösen droht.
- Bodenschutzkalkung bzw. Kompensationsdüngung (vgl. Anlage 6): Fördersumme ca. 10,5 Mio. Euro (ca. 83 000 ha).

Doch auch in den Staatswäldern werden diese Maßnahmen in großem Umfang durchgeführt: So wurden z. B. zwischen 1984 und 2000 dort rund 1,6 Mio. Hektar Wald gekalkt (Privat- und Körperschaftswald im gleichen Zeitraum: knapp 1,2 Mio. Hektar Wald; vgl. Anlage 7).

VI. Länderbeiträge

Die nachstehende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Schadflächenanteile insgesamt sowie bei den Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche in den Ländern. Sie fasst wesentliche Ergebnisse der folgenden Länderberichte zusammen. Weitergehende Information über die Forstwirtschaft und den Waldzustand in den verschiedenen Ländern ist erhältlich auf der Internetseite <http://www.wald-online.de>.

Tabelle 1

**Ergebnis der Waldzustandserhebung 2001 in den Ländern
Anteile deutlicher Schäden (Schadstufen 2 bis 4) insgesamt
und nach Baumarten in % der Flächen**

Land	Gesamt		Fichte		Kiefer		Buche		Eiche		WSE-Netz Netzdichte in 2001
	in % der Wald- fläche	Veränd. zu 2000 in %	in % der Fläche der Baumart	Veränd. zu 2000 in %							
Baden- Württemberg ¹	29	+ 10	27	+ 12	40	+ 17	29	+ 11	35	- 5	4 x 4 km
Bayern	25	+ 3	26	+ 2	25	+ 8	30	+ 2	24	- 2	4 x 4 km
Brandenburg	8	- 1	3	- 2	6	- 1	16	- 11	27	+ 8	4 x 4 km
Berlin	29	+ 5			27	+ 8			44	+ 1	2 x 2 km
Bremen	5	- 1	21	0	10	+ 2	8	- 4	9	+ 1	200 x 100 m
Hamburg	23	0	35	+ 2	16	+ 1	31	- 13	15	+ 5	300 x 300 m
Hessen	26	- 9	21	0	31	- 5	30	- 20	31	- 12	8 x 8 km
Mecklenburg- Vorpommern	16	0	22	+ 13	13	+ 1	44	- 13	31	+ 7	8 x 8 km
Niedersachsen	13	- 3	37	- 2	14	0	35	- 19	51	0	4 x 4 km
Nordrhein- Westfalen	27	- 3	23	- 1	20	+ 3	38	- 17	43	+ 4	4 x 4 km
Rheinland-Pfalz	21	+ 3	14	+ 1	11	+ 1	37	+ 1	35	+ 6	4 x 4 km
Saarland	11	- 3	9	0	10	- 2	23	- 5	8	- 3	2 x 4 km
Sachsen	15	- 4	13	- 7	9	- 2	27	+ 2	47	- 4	4 x 4 km
Sachsen-Anhalt	17	- 1	27	+ 2	4	- 1	40	- 11	47	0	4 x 4 km
Schleswig- Holstein	24	- 6	29	- 10	8	+ 1	34	- 18	29	+ 5	4 x 4 km ²
Thüringen	28	0	22	0	28	+ 1	38	- 1	43	0	4 x 4 km
Deutschland	22	- 1	26	+ 1	14	+ 1	32	- 8	33	- 2	16 x 16 km

¹ Vergleichsangaben beziehen sich auf die letzte Vollerhebung 1997 in Baden-Württemberg.

² Im Nord-Westen und Süd-Osten Schleswig-Holsteins auf 2 x 2 km verdichtet.

Baden-Württemberg

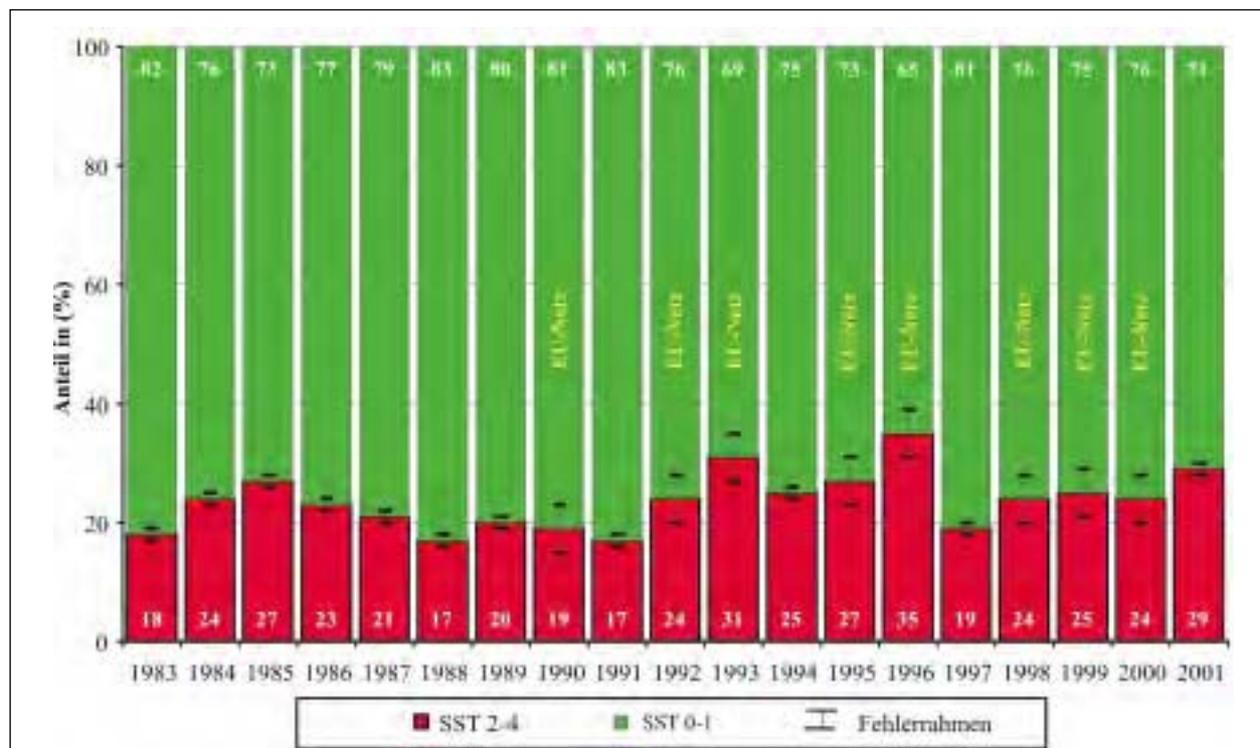
Im Jahr 2001 wurde die ursprünglich für das letzte Jahr vorgesehene terrestrische Waldschadensinventur im 4 x 4 km-Raster, die sturmbedingt nur im 16 x 16 km-Raster erhoben werden konnte, und die „Immissionsökologische Waldzustandserfassung“ durchgeführt. Insgesamt wurden bei der terrestrischen Waldschadensinventur 727 Stichprobenpunkte mit rund 17 300 Bäumen angesprochen. Rund 2 500 Bäume waren durch Sturm „Lothar“ (vom 26. Dezember 1999) aus dem Aufnahmekollektiv ausgeschieden. Diese konnten nur in Tei-

len durch Nachbarbäume ersetzt werden. Erstmals kamen bei den Inventurtrupps private Forstsachverständige mit zum Einsatz.

Die Aufnahme 2001 ergibt einen mittleren Nadel-/Blattverlust von 21,1 % ± 0,4 %. Gegenüber der letzten Vollerhebung 1997 hat sich der Benadelungs- bzw. Belaubungszustand um 3,4 %-Punkte signifikant verschlechtert. Der Vergleichswert des Jahres 2000 liegt bei 18,8 % (Fehlerrahmen ± 1,5 %). Der Schadflächenanteil mit deutlich geschädigten Bäumen (Schadstufen 2 bis 4) erhöhte sich von durchschnittlich 19 % auf 29 % (± 1 %).

Abbildung 33

Entwicklung der Schadstufenanteile 1983 bis 2001



Das dichte Stichprobennetz 2001 ermöglicht differenzierte und statistisch abgesicherte Aussagen zu einzelnen Baumarten und Regionen in Baden-Württemberg. Bei Fichte und Buche sind seit 1997 deutliche, bei der Tanne geringe Anstiege an Nadel- bzw. Blattverlusten festzustellen. Die Eiche zeigt einen leichten Trend zur Verbesserung des Kronenzustandes, ist aber nach wie vor die am stärksten geschädigte Laubbaumart mit durchschnittlich 35 % deutlich geschädigter Fläche (1997: 40 %).

Der Schwarzwald ist weiterhin die Region mit den höchsten Schäden (durchschnittlich 35 % deutliche Schäden). Eine deutliche Zunahme des Anteils deutlich geschädigter Waldfläche seit 1997 war im Südschwarzwald und an der Ostabdachung des Schwarzwaldes festzustellen. Das Südwestdeutsche Alpenvorland ist die Region mit der stärksten Zunahme der Kronenschäden. Seit 1997 stieg dort der Anteil deutlich geschädigter Waldfläche von 18 % auf jetzt 31 % an.

Bei der Interpretation der Ergebnisse sind die Auswirkungen des Sturmereignisses „Lothar“ zu berücksichtigen. Aufgrund der hohen Windgeschwindigkeiten kam es zu Abrissen von Nadeln und Zweigen in den Kronen, zu Wurzelschäden (Blattverfärbungen im Schadensbereich von „Lothar“ schon im August) sowie Blatt- und Nadelverlusten als vorübergehende Reaktion von plötzlich freigestellten Bäumen.

Die verschiedenen Messnetze, die von der forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt zum Monitoring des Waldökosystems aufgebaut und unterhalten werden, liefern die Grundlage synoptischer Aussagen zum Ursachenkomplex. Neben den klimatischen Trends, mit Folgen z. B. für die Populationsentwicklung von Schadinsekten oder Zunahme von Turbulenzen (Sturmereignissen), können zum Baumwachstum, der Nährstoffversorgung, den Stoffeinträgen und Belastungsgrenzen für Waldökosysteme Zeitreihen und Entwicklungstendenzen aufgezeigt werden.

Der Waldzustandsbericht 2001 Baden-Württemberg ist im Internet unter der Adresse <http://fva.uni-freiburg.de> abrufbar.

Bayern

Der Kronenzustand wurde in Bayern erstmals seit 1997 wieder im engen 4 x 4 km-Raster erhoben, um auch regionale Aussagen mit hinreichender statistischer Genauigkeit treffen zu können.

Die Mitte der 90er-Jahre erkennbare Erholung und Stabilisierung des Kronenzustands der Waldbäume in Bayern hat sich nicht fortgesetzt. Die durchschnittlichen Nadel-/Blattverluste aller Baumarten blieben gegenüber dem Vorjahr mit 19,7 % nahezu unverändert. Die Summe der deutlichen Schäden stieg um 3 auf 25 %, gegenüber der letzten Vollerhebung um 6 %. Die Verschlechterung kann

zum Teil durch natürliche Schwankungen wie z. B. außergewöhnliche Trockenheit erklärt werden, gebietsweise auch durch den Orkan „Lothar“. Der Alpenraum, der auch weiterhin als Hauptschadensgebiet auffällt, war von diesen Effekten jedoch weniger betroffen.

Deutlich verschlechtert hat sich zum Vorjahr der Kronenzustand der Fichte sowie besonders der Kiefer (+ 8 % deutliche Schäden) und der Tanne (+ 8 %). Die Buche (+ 2 %) ist auf ungefähr gleichem Niveau geblieben, die Eiche (- 2 %) hat sich leicht verbessert. Die Tanne ist nach wie vor die am stärksten geschädigte Baumart, gefolgt von Buche und Kiefer. Noch immer sterben Eichen aus ungeklärter Ursache ab. Forschungsergebnisse weisen auf eine maßgebliche Beteiligung von Phytophthora-Pilzarten auf bestimmten Standorten hin.

Das Wuchsgebiet Bayerische Alpen weist weiterhin mit Abstand die höchsten deutlichen Schäden auf (37 %). Insbesondere die Tanne, aber auch die Fichte und das sonstige Laubholz (vor allem Bergahorn) haben sich dort gegenüber der letzten Vollerhebung deutlich verschlechtert.

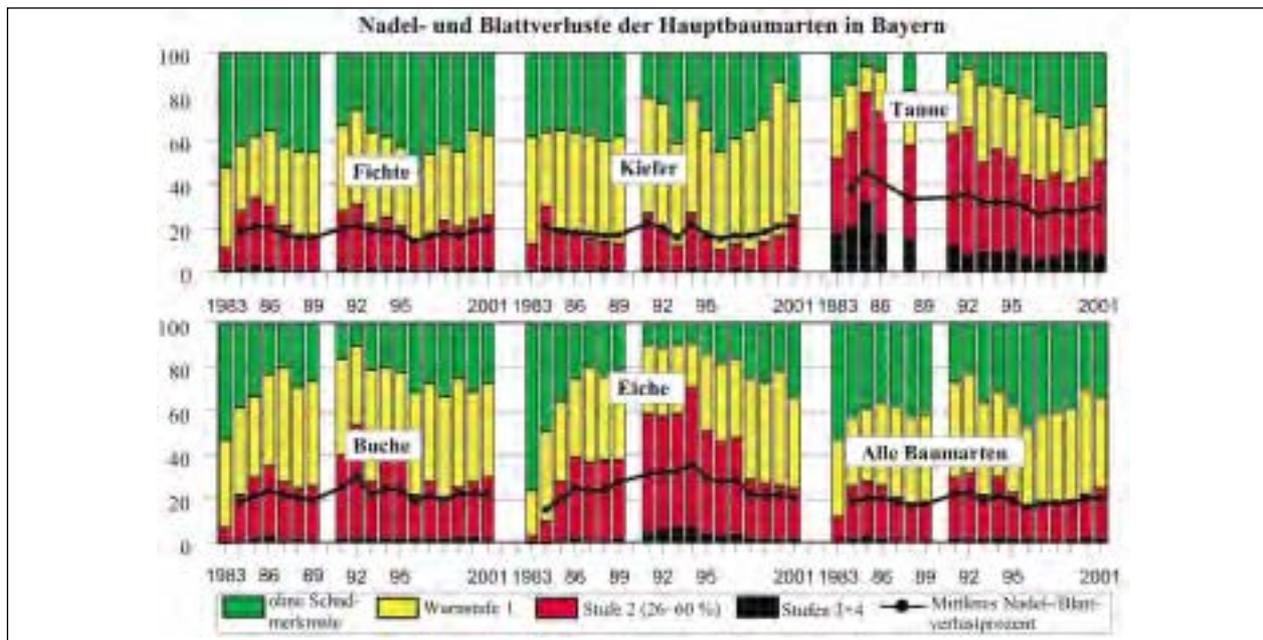
Die Buche zeigt seit 1994 ein unverändert hohes Schadenniveau von 34 %. Die Schutzfunktion des Bergwaldes erfordert verstärkte Anstrengungen, um diese Funktionen zu erhalten bzw. wieder herzustellen.

Sowohl die fortgesetzten Immissionen von Luftschadstoffen, wie auch eine Klimaveränderung aufgrund anthropogener Treibhausgase treffen die Wälder als langlebige sensible Ökosysteme besonders stark. Die zentrale forstliche Maßnahme, um die Folgen abzumildern, ist der langfristige Umbau der historisch bedingten Nadelbaumbestände in laubbaumreiche Mischbestände in allen Waldbesitzarten. Großflächige Waldkalkungen können nur auf den besonders versauerungsgefährdeten Böden in Nord- und Ostbayern zu einer zeitlich begrenzten Stabilisierung beitragen. Eine entschlossene und wirksame Minderung der Luftschadstoffe und CO₂-Emissionen ist weiterhin unverzichtbar.

Der Waldzustandsbericht für Bayern ist im Internet unter www.forst.bayern.de veröffentlicht und kann dort auch als Broschüre bestellt werden.

Abbildung 34

Zeitreihe der Schadstufenverteilung und der mittleren Nadel-/Blattverlustprozent von 1983 bis 2001



Berlin

Erstmals wurde ländergrenzenübergreifend von Brandenburg und Berlin unter Einbeziehung der Luftreinhaltung (BE) und des Immissionsschutzes (BB) ein gemeinsamer Waldzustandsbericht erarbeitet.

Zur Ermittlung des Kronenzustandes von Waldbäumen wird in Berlin jährlich im Juli und August die Waldzustandserhebung in einem Raster von 2 x 2 km (abweichend vom Jahr 2000 = 1 x 1 km) Dichte durchgeführt. Im Umland von Berlin liegen ca. 12 000 ha Wald der Stadt Berlin, die im brandenburgischen Erhebungsraster von 4 x 4 km enthalten und nicht Gegenstand der folgenden Darstellung sind.

In Berlin bleiben 2001 (2000er Zahlen in Klammern dahinter) 12 % (21 %) der Waldfläche ohne sichtbare Schadsymptome (Stufe 0), 59 % (55 %) sind leicht geschädigt (Stufe 1) und 29 % (24 %) weisen deutliche Schäden bis zum Absterben auf (Stufen 2 bis 4) (Abbildung 35).

Die Schadstufenprozentage für das Jahr 2001 ergeben den schlechtesten Kronenzustand seit 1992. An diesen Zahlen zeigt sich vor allem der Einfluss der Witterung: Für Kiefer bedeutete der milde und feuchte Winter 2000/2001 das fast völlige Fehlen der Vegetationsruhe. Dadurch wurden viele Reservestoffe verbraucht bzw. konnten nicht angelagert werden, die dann zum Austriebszeitpunkt für die Nadeljahrgangsneubildung fehlten. Der Austriebszeitpunkt Mai war extrem heiß und trocken, die Bäume, speziell die Laubbäume, haben nur schwach belaubte Kronen entwickeln können. Nach einem Minimum im Jahr 1998

nehmen die Anteile deutlicher Schäden in den letzten drei Jahren zu (z. B. Schadstufe 2 bis 4 bei der Eiche = 44 % im Jahr 2001).

Die reichlichen Niederschläge in diesem Jahr, besonders im 3. Quartal, könnten wiederum die Knospenentwicklung für die Belaubung im Jahr 2002 fördern, sodass für nächstes Jahr die Belaubungsvoraussetzungen gut sein sollten.

Diese sofortigen, starken Reaktionen auf Witterungsschwankungen deuten allerdings auch auf tiefer liegende Probleme hin. So werden die Belastbarkeitsgrenzen des Waldökosystems durch das gesellschaftliche Verhalten weiterhin anhaltend überschritten. Einerseits aufgrund zu hoher Einträge an Stickstoff und bodenversauernden Säurebildnern aus Luftverunreinigungen. Folgen sind sowohl Eutrophierung als auch anhaltende Bodenversauerung. Ein wichtiger Verursacher mit steigender Bedeutung ist der Verkehr im Ballungsraum Berlin. Andererseits wirken in vielfältiger Weise die über Jahrzehnte aufgebauten, künstlichen Abhängigkeiten des Waldökosystems von Nährstoffen und säurepuffernden Substanzen aus der verunreinigten Luft. Darüber hinaus liegen die Ozonkonzentrationen in der Waldluft besonders während der Vegetationszeit auf einem unveränderten, zu hohen Niveau. Hinzu kommen ebenfalls langfristig wirkende Faktoren wie Grundwasserabsenkungen, Bodenversiegelung und die Zerschneidung der Waldgebiete.

Der Waldzustandsbericht ist im Internet unter www.stadtentwicklung.berlin.de veröffentlicht.

Abbildung 35

Waldschäden 1992 bis 2001 in %

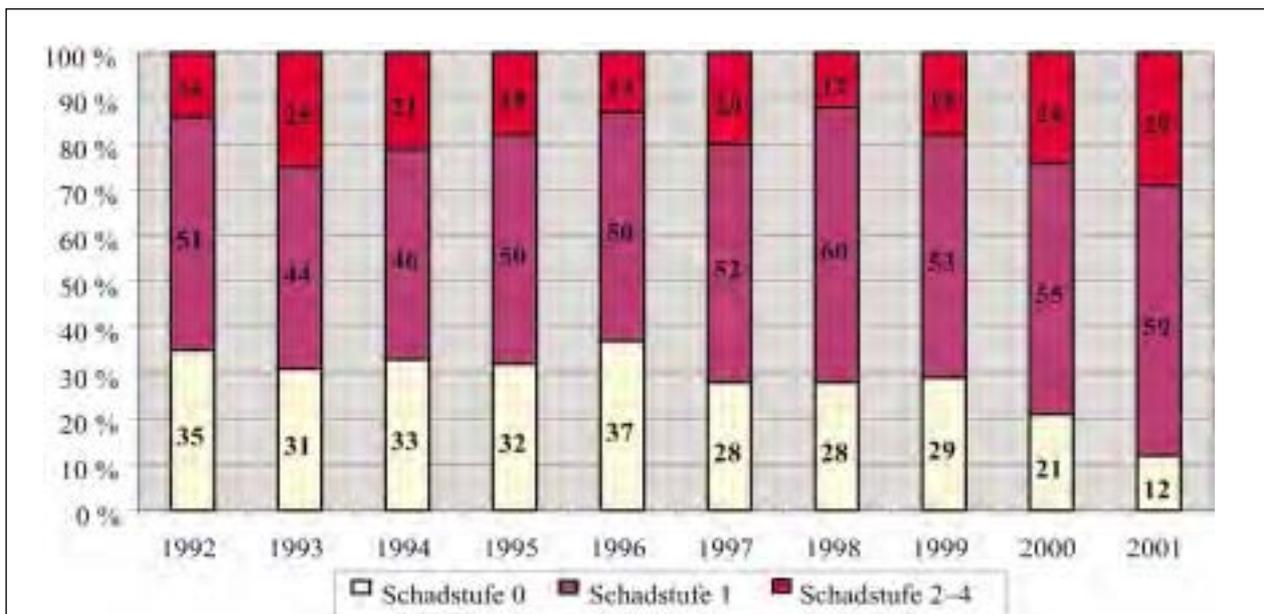


Abbildung 36

Entwicklung der Schadstufenanteile für die Baumart Kiefer in Prozent 1991 bis 2001, Schadstufe 0: 9 %; Schadstufe 1: 64 %; Schadstufe 2 bis 4: 27 %

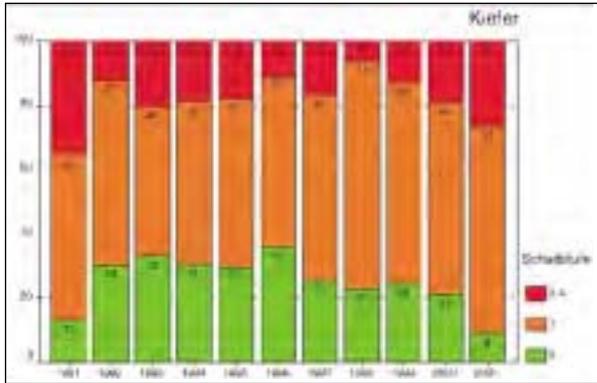
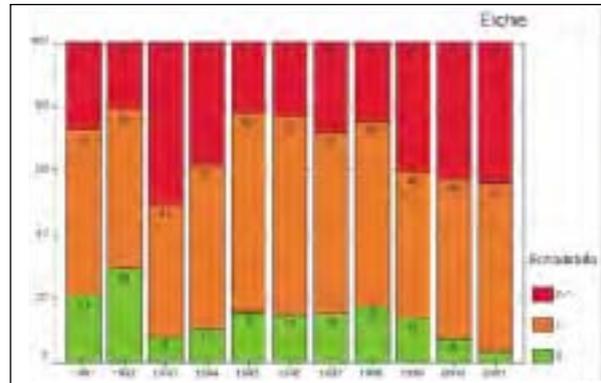


Abbildung 37

Entwicklung der Schadstufenanteile für die Baumart Eiche in Prozent 1991 bis 2001, Schadstufe 0: 3 %; Schadstufe 1: 53 %; Schadstufe 2 bis 4: 44 %



Brandenburg

Gegenüber dem Jahr 1999, in dem das bisher beste Ergebnis der Waldschadenserhebung erfasst wurde, war im Jahr 2000 ein Anstieg der deutlichen Schäden um 2 Pro-

zentpunkte auf 9 % festzustellen. Im Jahr 2001 ist der Flächenanteil deutlicher Schäden um 1 Prozentpunkt auf 8 % gefallen. Der Rückgang der mittleren Kronenverlichtung in der Zeitreihe seit 1991 ist seit etwa 5 Jahren zum Stillstand gekommen.

Abbildung 38

Entwicklung der Schadstufenanteile für alle Baumarten

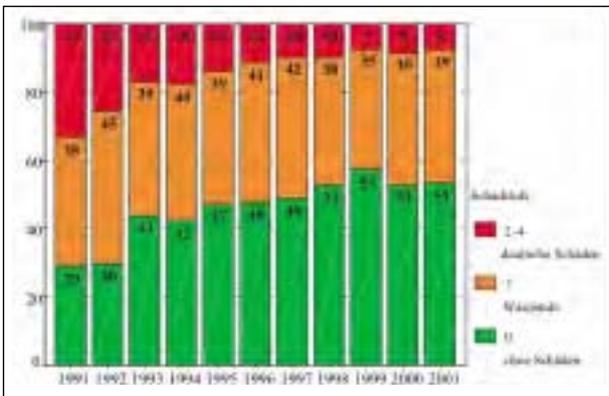
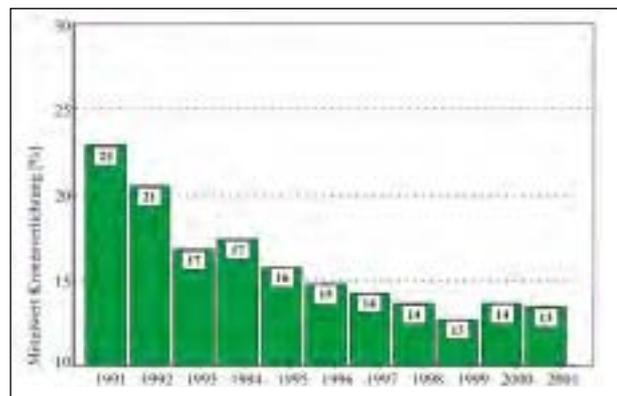


Abbildung 39

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung für alle Baumarten

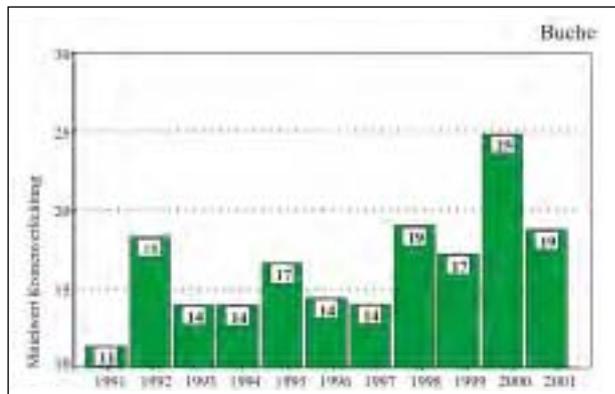


Gegenüber dem Vorjahr weist die Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung keine deutliche Veränderung auf. Entsprechend der Dominanz der Hauptbaumart entspricht die Schadstufenentwicklung der

Kiefer der Entwicklung über alle Baumarten. Die Laubbaumarten Buche und Eiche lassen in der Zeitreihe keine Tendenz einer Zustandsverbesserung erkennen.

Abbildung 40

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung der Buchen



Gegenüber dem Vorjahr, in dem die starke Fruktifikation zur Kronenverlichtung der Buche beitrug, ist 2001 ein Rückgang der deutlichen Schäden von 27 auf 16 % festzustellen. Die mittlere Kronenverlichtung sank von 25 auf 19 %. Das Niveau der mittleren Kronenverlichtung ist in den Jahren seit 1998 schlechter (ca. 20 %) als in der vorhergehenden Periode 1991 bis 1997 (ca. 15 %). Eine Tendenz ist aber aufgrund der Überlagerung mit der häufigen Fruktifikation in den Jahren 1992, 1995, 1998 und 2000 unsicher.

Die Eiche ist mit 27 % Flächenanteil deutlicher Schäden im Jahr 2001 die Baumart mit dem höchsten Grad der Kronenverlichtung. Gegenüber dem Vorjahr ist ein Zugang deutlicher Schäden um 8 Prozentpunkte zu verzeichnen. Die mittlere Kronenverlichtung zeigt seit Beginn der Erhebungen keine Zustandsverbesserung, sie schwankt um 20 %.

Territoriale Schwerpunkte mit überdurchschnittlich hohen Flächenanteilen deutlicher Schäden konzentrieren sich im Nordteil Brandenburgs.

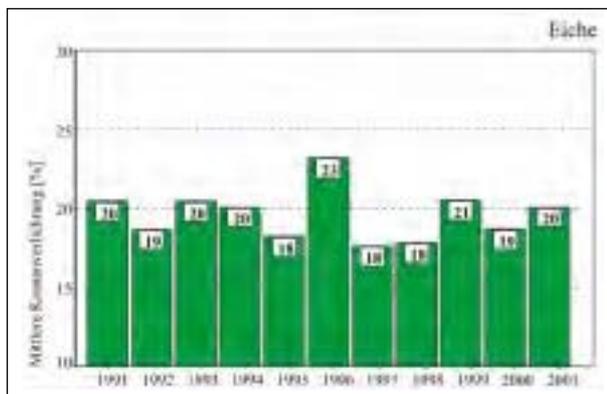
Mit der Erholungsphase des Kronenzustandes seit 1992 waren sowohl die Witterungsverhältnisse für den Waldzustand günstiger als in den Vorjahren, sind aber auch die hohen Immissionsbelastungen von Schwefeldioxid und Stäuben (auf ca. 5 % der Emissionen vor 1990) stark reduziert worden. Die Stickstoffeinträge sind gegenüber dem Niveau vor 1990 weniger deutlich um ca. 40 % reduziert.

Es bleibt ein hohes Niveau der Ozonimmission bestehen, das Wirkungen auf den Waldzustand haben kann. Die Stickstoffeinträge überschreiten noch großflächig die kritischen Eintragsraten für die Kiefernforsten, was beispielhaft an den Level II-Standorten nachgewiesen wurde.

Der gegenwärtig gute Waldzustand wird weiterhin als nicht gesichert betrachtet. Die Bodenzustandsveränderungen schreiten, zwar deutlich gebremst, weiter fort.

Abbildung 41

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung der Eichen



Klimatische Veränderungen werden neben dem Problem zu hoher Stickstoffbelastungen der Wälder als eine weitere wesentliche Ursache für die Labilität der Kronenzustandsentwicklung gesehen. Das verbliebene hohe Niveau der Waldschäden im Land Berlin bei nur geringfügig höheren stofflichen Belastungen der Wälder des Ballungsraumes weist auf die Labilität des gegenwärtig relativ guten Waldzustandes in Brandenburg hin.

Die Untersuchungen im Waldzustandsmonitoring Level I und Level II werden auch bei aktuell gutem Waldzustand als notwendige Vorsorge betrachtet und in bestehender Intensität in Brandenburg fortgeführt.

Bremen

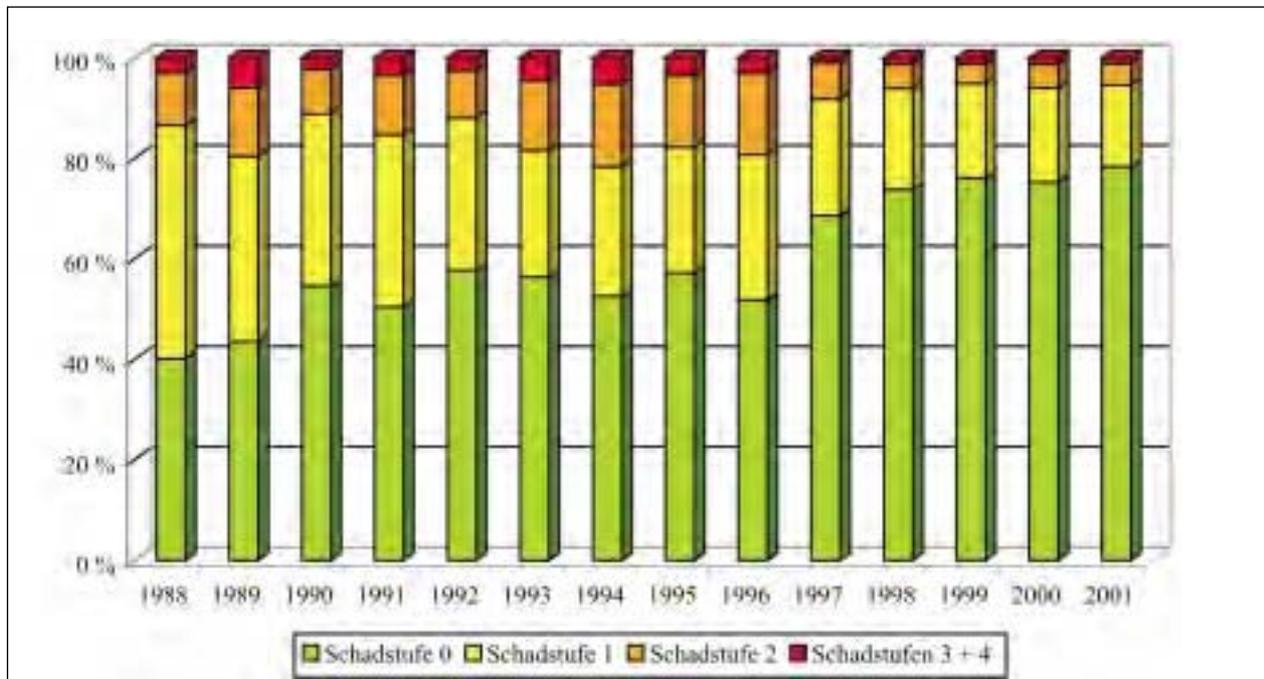
Die diesjährige Vitalitätserhebung für die Waldflächen im Bundesland Bremen, basierend auf einem Stichprobenumfang von 1 098 Einzelbäumen, ergab folgende Schadstufenbesetzung:

- 78,3 % Schadstufe 0 (gesund)
- 16,3 % Schadstufe 1 (geringe Blattverluste)
- 4,3 % Schadstufe 2 (mittlere Blattverluste)
- 0,4 % Schadstufe 3 (starke Blattverluste)
- 0,7 % Schadstufe 4 (absterbende bzw. abgestorbenen Bäume).

Das Gesamtergebnis für das Jahr 2001 ist im Vergleich mit den Ergebnissen aus den Vorjahren das günstigste seit Beginn der Waldzustandserfassungen im Jahr 1988. Es stellt gegenüber dem Vorjahr eine leichte Verbesserung dar. Starke Schäden sind über die Jahre hinweg konstant niedrig, die Dynamik der Vitalitätsentwicklung ist im Wesentlichen auf die Schadstufen 0 und 1 beschränkt.

Abbildung 42

Entwicklung der Schadstufenbesetzungen von 1988 bis 2001



Zwischen den Baumarten war die Entwicklung in diesem Jahr nicht ganz einheitlich. Bei der Mehrzahl der untersuchten Baumarten waren in diesem Jahr die Anteile gesunder Bäume gestiegen. Ganz besonders deutlich war dies bei der Buche zu beobachten, die sich in diesem Jahr von den beiden Mastjahren zuvor erholen konnte. Sie hat maßgeblich zur Verbesserung der Gesamtsituation beigetragen.

Sowohl bei der Eiche als auch bei den sonstigen Nadelbäumen wurden im Vergleich zum Vorjahr mehr geschädigte Bäume festgestellt. Die Ursache hierfür ist weniger eine biologische als vielmehr die Methodik der Schadstufeneinteilung. Viele Eichen, die im Grenzbereich zwischen gesund und geringen Blattverluste lagen, waren im letzten Jahr als gesund (10 % Blattverlust) und in diesem Jahr durch eine lediglich um 5 % höhere Blattverlusteinschätzung als gering geschädigt eingestuft worden.

Nach wie vor werden die hohen Anteile gesunder Bäume durch ein Überwiegen von Edellaubbäumen, Weichlaubhölzern und jungen Bäumen in der Stichprobe erzielt. Eiche, Buche und Kiefer haben deutlich ungünstigere Schadstufenbesetzungen, die Anteile gesunder Bäume liegen bei diesen Baumarten um 60 %. Bei der Fichte ist die Situation noch ungünstiger, hier sind nur wenig mehr als 40 % der Bäume als gesund eingeschätzt worden.

Die unterschiedlichen Stichprobenzusammensetzungen ergeben Unterschiede zwischen den Gebietsstraten und den Altersstraten. Bei den Gebieten schneiden die

Aufforstungsflächen am günstigsten ab, weil hier ausschließlich sehr junge Bäume untersucht worden sind. Der Bereich Bremen Nord hat eine ungünstigere Schadstufenbesetzung als das Gebiet Bremerhaven, weil in Bremerhaven Weich- und Edellaubbölzer in der Stichprobe überwiegen. Auch der Vergleich zwischen jungen und alten Bäumen ist nur beschränkt sinnvoll, weil bei den über 60-jährigen Bäumen Eiche, Buche und Kiefer prozentual häufiger vertreten sind. Alle drei Baumarten sind traditionell stärker geschädigt als die im Stratum der bis 60-jährigen Bäume stark vertretenen Edellaubbäume und Weichlaubhölzer.

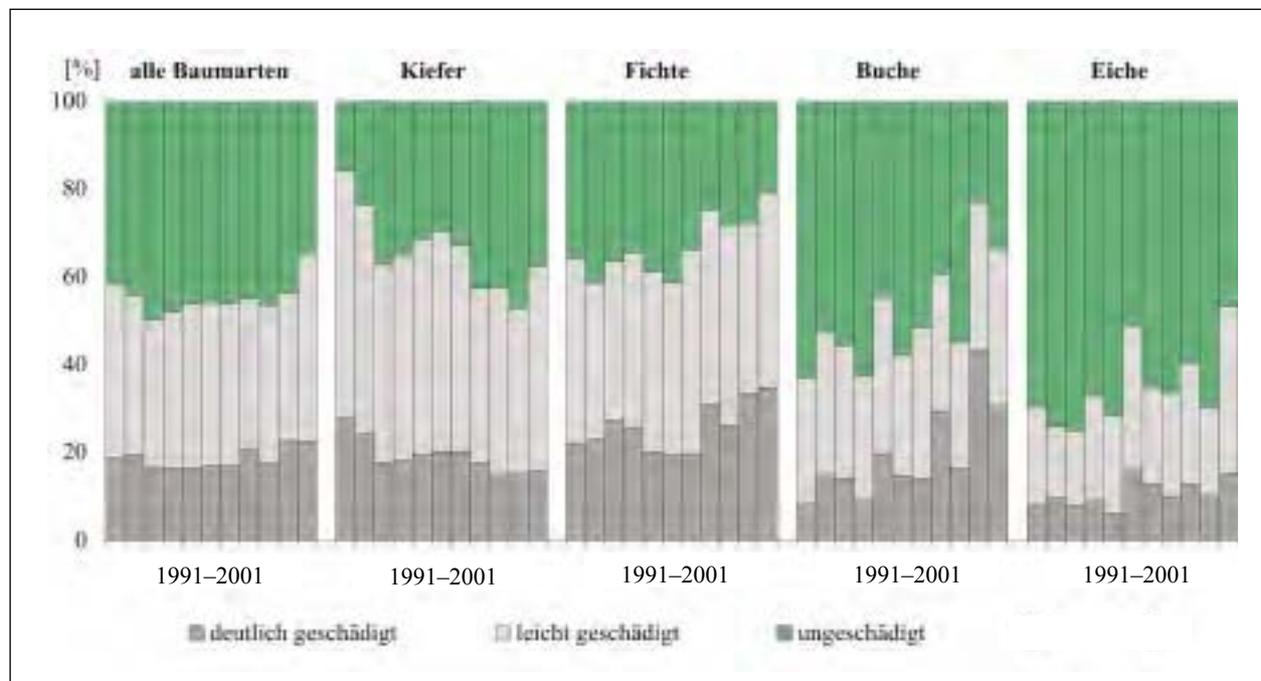
Hamburg

Das Gesamtergebnis weist in Hamburg im Vergleich zum Vorjahr mit 23 % einen unveränderten Anteil deutlich geschädigter Bäume auf. Dagegen ist in diesem Jahr eine deutliche Zunahme gering geschädigter Bäume zulasten gesunder Bäume zu verzeichnen. In der Entwicklung der Hauptbaumarten zeigen sich allerdings deutliche Unterschiede. Hier nun die diesjährigen Einzelergebnisse der Hauptbaumarten:

Bei der in Hamburg dominanten Kiefer erhöht sich der Anteil leicht geschädigter Bäume um 9 auf 47 % zulasten der gesunden Bäume. Der Anteil deutlich geschädigter Kiefern ist dagegen nur geringfügig gestiegen und liegt bei 16 %. Einen erheblichen Beitrag dazu dürfte der in diesem Jahr sehr häufig beobachtete Blüheffekt in den Oberkronen geleistet haben.

Abbildung 43

Entwicklung der Schadstufenanteile 1991 bis 2001



Für die Fichte ergibt sich insgesamt ein deutlicher Anstieg des Schadniveaus. Der Anteil gesunder Fichten beträgt nur noch 21 %, die Zahl der gering geschädigten Fichten hat sich erhöht und beträgt 44 %. Der Anteil deutlich geschädigter Bäume ist auf 35 % gestiegen. Die negativen Veränderungen im Vergleich zum Vorjahr sind vermutlich auf die lang anhaltende Sommertrockenheit zurückzuführen.

Die Buche ist die einzige Hauptbaumart in Hamburg, bei der im Vergleich zum Vorjahr sowie zum Gesamtergebnis eine deutliche Verbesserung der Vitalität festzustellen ist. Im Vergleich zum Vorjahr steigt der Anteil von gesunden Bäumen um 11 auf 34 %. Gleichzeitig sinkt der Prozentsatz deutlich geschädigter Buchen um 13 auf 31 %. Entscheidend für diese Entwicklung ist offensichtlich, dass in diesem Jahr keine Früchte gebildet wurden, die 2000 zu den hohen Schadprozenten wesentlich beigetragen hat.

Für die Eiche ergibt sich im Vergleich zum Gesamtergebnis eine überproportionale Verschiebung zu den deutlich geschädigten Schadstufen. Der Anteil gesunder Eichen hat sich im Vergleich zum Vorjahr um 23 % reduziert und liegt nur noch bei 47 %. Der Anteil leicht geschädigter Bäume hat um 18 % zugenommen und liegt bei 38 %. Gleichzeitig treten auch deutliche Schäden um über 5 % häufiger auf und erreichen einen Anteil von 15 %. Die Zunahme der Schäden dürfte zumindest teilweise auf die gestiegenen Fraßschäden durch Frostspanner und Eichenwickler zurückzuführen sein.

Hessen

Der Kronenzustand des hessischen Waldes hat sich im Jahr 2001 sowohl gegenüber dem Vorjahr als auch gegenüber der Situation Mitte der 90er-Jahre deutlich erholt.

Der mittlere Nadel-/Blattverlust aller Baumarten und Altersstufen liegt 2001 bei 23 % gegenüber einem Vorjahreswert von 26 %. Trotz der Verbesserung liegt das aktuelle Niveau der Kronenschäden (alle Baumarten, alle Altersstufen) allerdings immer noch deutlich höher als zu Beginn der Zeitreihe (Mitte der 80er-Jahre).

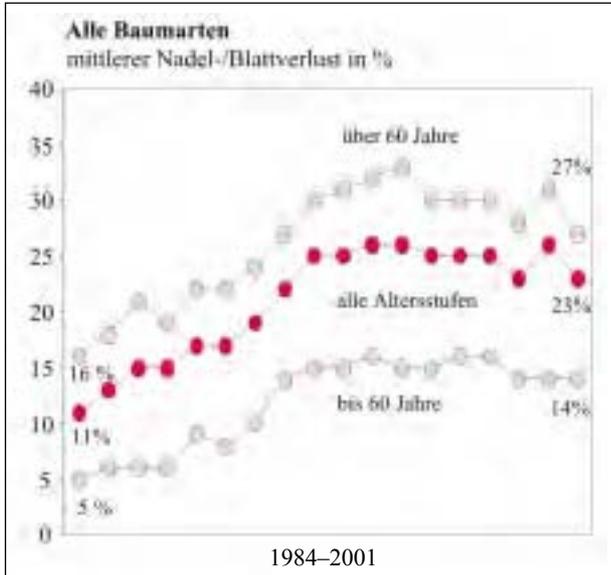
Bemerkenswert hat sich die ältere Buche erholt. Nach einem Anstieg der Kronenverlichtung auf bis zu 37 % (2000) hat diese sich 2001 wieder auf 27 % verringert. Günstige Witterung, wenig Insekten und geringe Fruktifikation sind als wahrscheinliche Einflussgrößen zu nennen. Auch gegenüber dem Zeitraum 1992 bis 1998 ist die Situation verbessert. Insgesamt erscheint für die Buche der in den 80er-Jahren festzustellende Anstieg der Kronenverlichtung seit Anfang der 90er-Jahre gebrochen.

Das Niveau und die Entwicklung der Absterberate im hessischen Wald zeigen, dass nur ein sehr geringes Risiko für großflächige Absterbeerscheinungen besteht. Auch der Anteil starker Kronenschäden (Blattverluste über 60 %) befindet sich in hessischen Wäldern insgesamt auf einem eher niedrigen Niveau.

Regional bedeutsam bleiben allerdings Absterbeerscheinungen der Baumart Eiche. Besonders ungünstig ist deren Vitalitätszustand in der Rhein-Main-Ebene. Eiche ist hier

Abbildung 44

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung für alle Baumarten 1984 bis 2001



die charakteristische, natürlich vorkommende Baumart und als solche überdurchschnittlich am Walaufbau beteiligt. Bei nahezu gleichem Ausgangsniveau hat sich die Kronenverlichtung der älteren Eiche in der Rhein-Main-

Ebene zwischen 1984 und 2001 von 14 auf 36 % erhöht, im Land Hessen dagegen von 13 auf 27 %. Die kritische Situation in Teilbereichen der Rhein-Main-Ebene veranschaulicht des Weiteren der mit 10 % (2001) hohe Anteil von älteren Eichen mit wirklich starken Schäden (Blattverlust über 60 %). Starke Eichenschäden in der Rhein-Main-Ebene sind somit ca. sechsmal so häufig festzustellen wie im gesamten Land Hessen.

Die Waldschadenserhebung 2001 wurde in Hessen auf dem repräsentativen 8 km x 8 km-Dauerbeobachtungsnetz durchgeführt. In der Rhein-Main-Ebene wurden aufgrund der hier angespannten Waldzustandssituation wie seit 1994 alle Bäume des 4 km x 4 km-Vollerhebungsnetzes erfasst.

Mecklenburg-Vorpommern

Der mittlere Nadel-/Blattverlust aller Stichprobenbäume bleibt mit 16 % auf Vorjahresniveau und hat sich somit seit 1994 nicht wesentlich verändert. Erkennlich wird im Erhebungszeitraum von 1992 bis 2001 ein deutlich ausgeglichener Verlauf der durchschnittlichen Kronenverlichtung im Vergleich zur jährlichen Gesamtschadquote. Auch die Anteile der Bäume ohne Schadensmerkmale und jener mit schwachen Schäden verzeichnen mit 44 bzw. 40 % nur eine geringe Abweichung vom letztjährigen Ergebnis. Mittlere Schäden weisen 14,9 % der Bäume auf und starke Schäden 0,8 %; als abgestorben wurden lediglich 0,1 % registriert. Die Quote der deutlichen Schäden liegt folglich bei insgesamt 15,8 %.

Abbildung 45

Entwicklung der Schadstufenanteile 1991 bis 2001

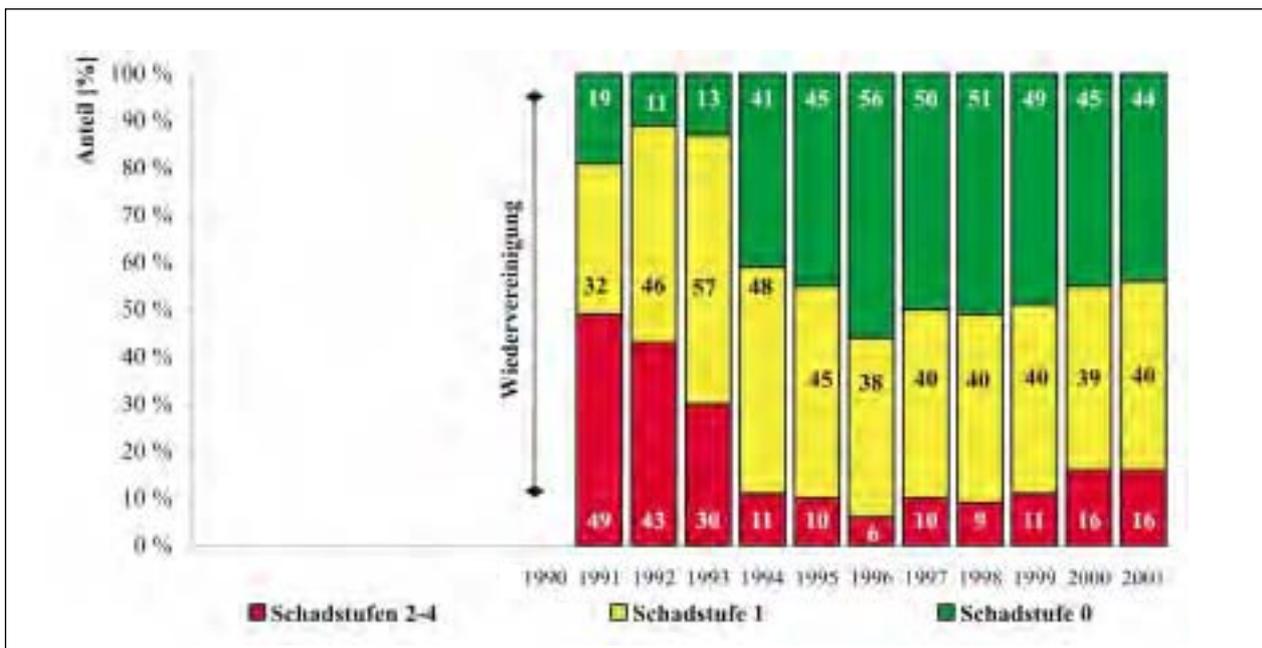
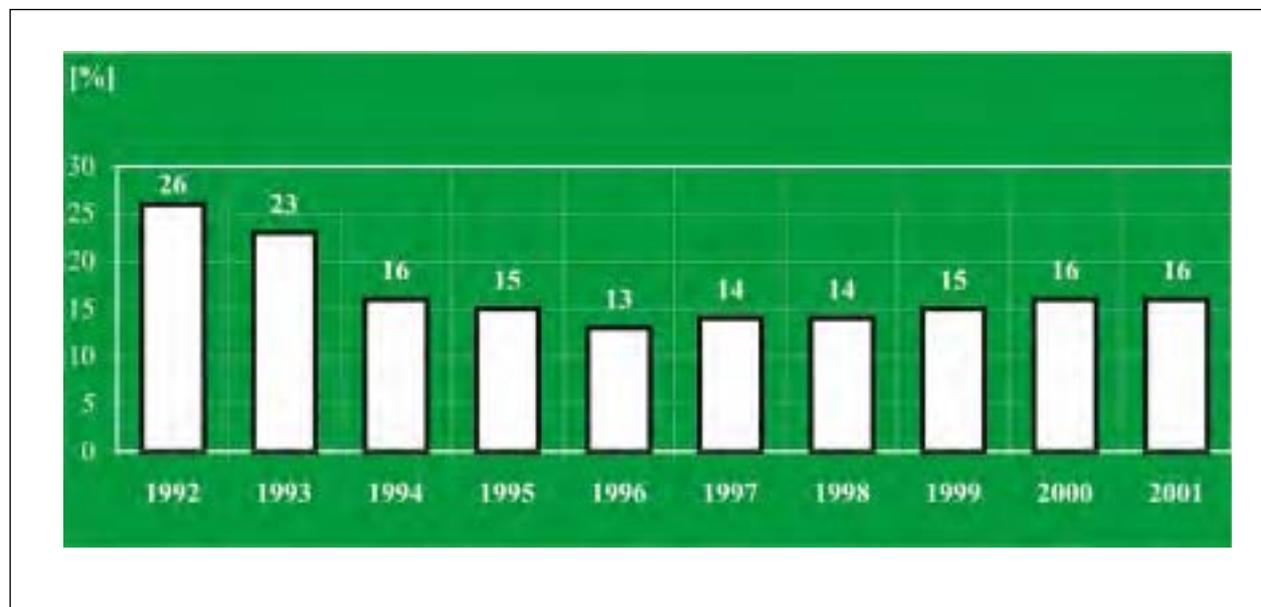


Abbildung 46

Mittlere Kronenverlichtung der letzten 10 Jahre

Die Laubbäume sind in diesem Jahr noch 1,6-mal häufiger von deutlichen Schäden betroffen als die Nadelbäume. In der Zeitreihe seit 1997 hat sich der Schadensanteil der Laubbäume dabei schrittweise verringert. Bei allen Baumartengruppen sind die über 60-jährigen Stichprobenbäume weiterhin erheblich stärker geschädigt als die jüngeren. Im Vergleich zu 2000 hat sich vor allem der Kronenzustand der „sonstigen Nadelbäume“ deutlich verbessert. Eine merkliche Erholung zeigte auch die Buche von ihrer Vollmast im vergangenen Jahr, während sich die „sonstigen Laubbäume“ nur wenig verbesserten. Das Schadniveau der Kiefer bleibt auf relativ niedrigem Niveau annähernd konstant. Spürbar verschlechtert haben sich dagegen die Fichte und die Eiche.

Wie schon in den beiden Vorjahren beeinflussten biotische Faktoren, wenngleich auch in geringem Ausmaß, nur das Schadgeschehen der Fichte sowie der Eiche und der „sonstigen Laubbäume“. Insgesamt jedoch zeigt sich die aktuelle Waldschutzsituation entspannt. So hat das Schadgeschehen bei den rindenbrütenden Insekten inzwischen einen relativen Tiefstand erreicht. Bei den nadel- oder blattfressenden Insekten konnte die Massenvermehrung (Kiefernspanner) schon im letzten Jahr erfolgreich bekämpft werden. Dagegen haben Trieberkrankungen und Absterbeerscheinungen in ihrer Tendenz zugenommen. Zu vermehrtem Schadholzaufkommen kam es durch Schneebruch, während Nageschäden durch Schermäuse zurückgegangen sind.

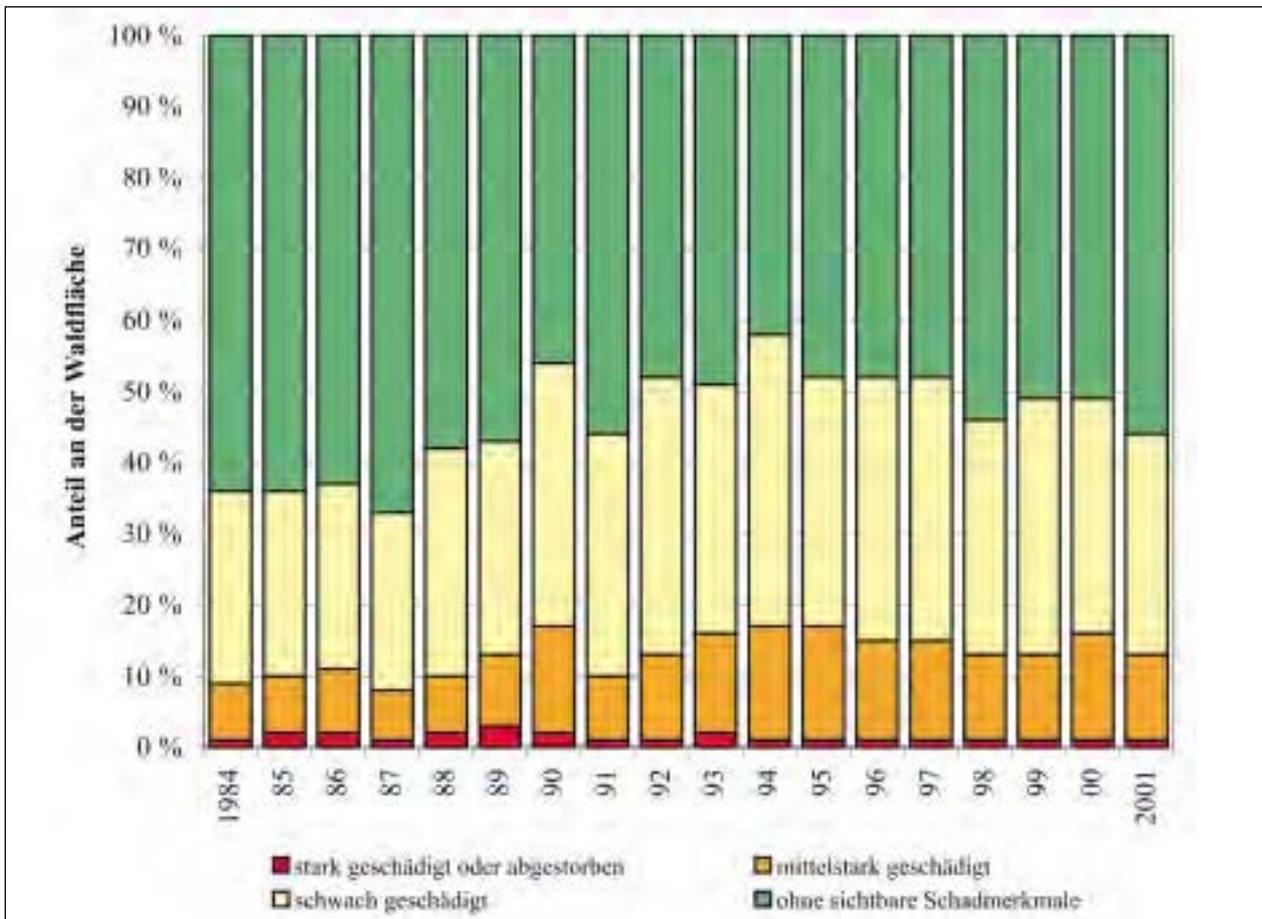
Bei einem unterdurchschnittlichen Gesamt-Landesflächenmittel des Niederschlags im Zeitraum von Dezember 2000 bis Juli 2001 kam es, verbunden mit meist über der Norm liegenden Lufttemperaturmitteln, phasen- und gebietsweise zu Trockenstress bei einzelnen Baumarten, was zu Welkungserscheinungen und erhöhten Kronenverlichtungen führte. Über diese witterungsbedingten Gesundheitsbeeinträchtigungen hinaus werden der Ernährungs- und Vitalitätszustand der Waldbäume auch von der stofflichen Zusammensetzung und dem Säurestatus der Bodenlösung bestimmt als wichtige Kennwerte und Stressindikatoren. Zum einen belasten heute noch die Rückstände früherer Depositionen, z. B. von Schwefel, das Bodensickerwasser, zum anderen liegen bestimmte aktuelle Einträge, vor allem von Stickstoff, zumindest regional über den langfristig vom Waldökosystem erträglichen Belastungsgrenzen.

Niedersachsen

Der Kronenzustand der Waldbäume in Niedersachsen hat sich in diesem Jahr leicht verbessert. Die mittlere Kronenverlichtung aller begutachteten Stichprobenbäume ging von 15,1 % im Vorjahr auf 14 % in diesem Jahr zurück. Das Gesamtergebnis der Erhebung weist 13 % der Waldfläche mit deutlichen Schäden, 31 % mit schwachen Schäden und 56 % ohne sichtbare Schäden aus (Abbildung 47).

Abbildung 47

Entwicklung der Schadstufenanteile (1984 bis 2001)



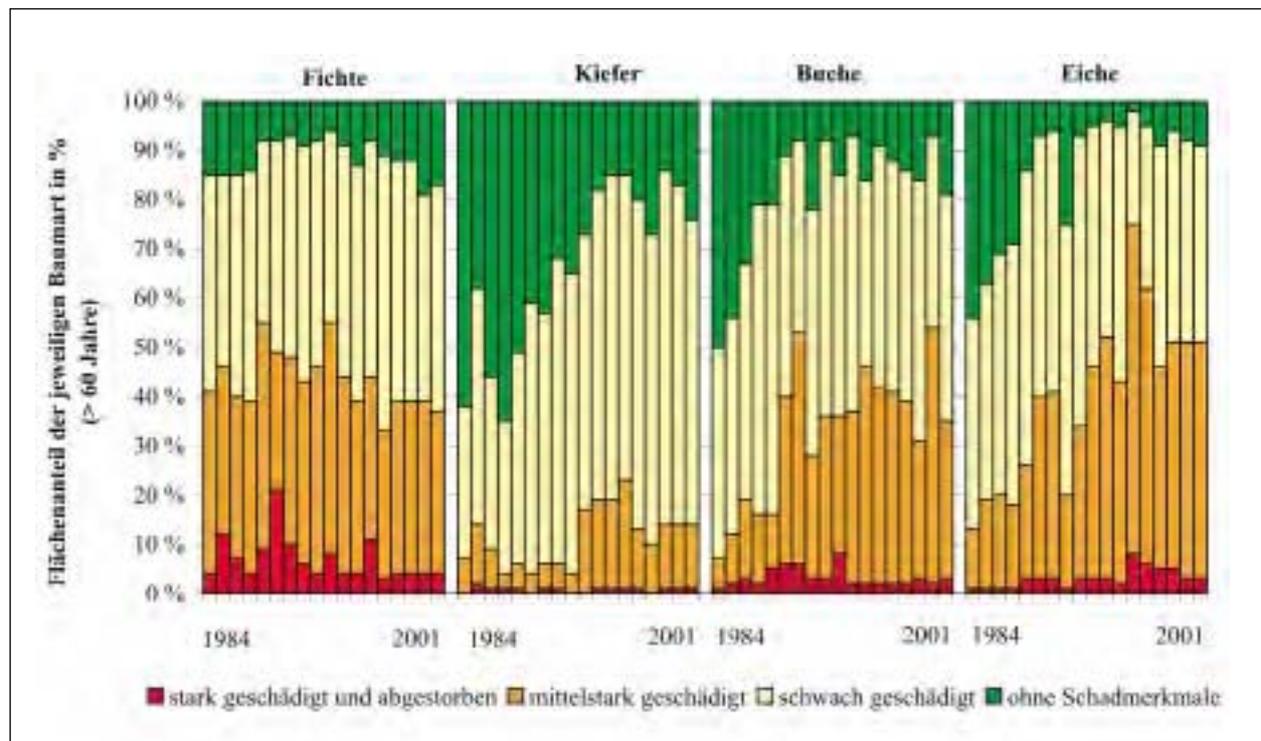
Damit hat sich der Flächenanteil deutlicher Schäden gegenüber dem Vorjahr um 3 % verringert, der Anteil der Waldfläche mit voll belaubten Bäumen ohne Schadmerkmale erhöhte sich um 5 %. Datengrundlage ist die Erhebung im 4 x 4 km-Raster.

Für die jüngeren (bis 60-jährigen Bestände) bleibt es bei einem konstant niedrigen Schadniveau mit einem Anteil deutlicher Schäden von 2 %, wobei die Hauptbaumarten

Kiefer, Fichte, Buche und Eiche gleichermaßen niedrige Schadwerte aufweisen. Ein sehr viel differenzierteres Bild zeigt sich bei den über 60-jährigen Beständen. In dieser Altersgruppe ging der Anteil deutlicher Schäden seit der letzten Erhebung von 34 auf 27 % zurück. Die Entwicklung der Schadstufenanteile seit Beginn der Erhebungen verlief für die Hauptbaumarten sehr unterschiedlich (Abbildung 48, Seite 58):

Abbildung 48

Entwicklung der Schadstufenanteile bei den Hauptbaumarten (Alter über 60 Jahre) (1984 bis 2001)



- Die Situation der Buche hat sich in 2001 merklich verbessert, der Anteil deutlicher Schäden ging von 54 % auf 35 % zurück. Im vorigen Jahr hatten die Buchen auf eine überaus starke Blüten- und Fruchtbildung mit einer gravierenden Zunahme der Kronenverlichtung reagiert. Die diesjährige Entwicklung zeigt, dass die Buche die durch die Mast mitverursachten Belaubungsdefizite weitgehend ausgleichen konnte, dennoch bleibt bei der Buche ein hohes Schadniveau bestehen.
 - Mit einem Anteil deutlicher Schäden von 51 % liegen die Schadwerte bei der Eiche weiterhin besonders hoch. Die Eiche ist damit die am stärksten geschädigte Baumart in Niedersachsen. Insektenfraß hatte 1996 in Verbindung mit weiteren Belastungsfaktoren eine Zunahme der Kronenschäden bei der Eiche und nachfolgend ein Eichensterben ausgelöst. Obwohl der Befall durch die Eichenfraßgesellschaft in den letzten Jahren abgeklungen ist, haben sich die Eichenbestände nur in geringem Umfang erholt.
 - Für die Fichte wurde bei der diesjährigen Erhebung eine leichte Verbesserung des Kronenzustandes festgestellt. Mit einem Rückgang der deutlichen Schäden von 39 % im letzten Jahr auf 37 % in 2001 bleibt es jedoch nach wie vor bei einem insgesamt ungünstigen Kronenzustand. Im niedersächsischen Harz sind die Schäden an den Fichten höher als auf Landesebene, aber auch hier ist eine Abnahme der deutlichen Schäden von 49 % auf 47 % der Fichtenfläche eingetreten.
 - Bei der Kiefer blieb der Anteil deutlicher Schäden konstant (14 %). Seit 1993 sind die Schadwerte im Vergleich zu den Vorjahren erhöht. Die Kiefer ist unter den Hauptbaumarten im Zeitverlauf der Waldzustandserhebungen die Baumart mit dem niedrigsten Kronenverlichtungsgrad.
- Die Voraussetzungen für die Kronenentwicklung waren im Jahr 2001 insgesamt günstig. Warme Temperaturen und ausreichende Niederschläge haben gute Wachstumsbedingungen geschaffen. Schäden durch Insekten und Pilze haben den Kronenzustand kaum beeinträchtigt, ausgeprägter Befall durch Schadorganismen war nur lokal von Bedeutung. Buche, Eiche und Fichte fruktifizierten im laufenden Jahr vereinzelt, ausschließlich bei der Kiefer war die Ausbildung vieler Zapfen zu beobachten.
- Trotz der günstigen natürlichen Rahmenbedingungen ist allein bei der Buche ein merklicher Rückgang der deutlichen Schäden zu verzeichnen – allerdings gingen die Schäden nur soweit zurück, dass das hohe Schadniveau der vorangegangenen Jahre erreicht wurde. Auch unter Berücksichtigung der leichten Verbesserung der Fichtenkronen ist daher eine allgemeine Trendwende zu besseren Belaubungsdichten aus den Ergebnissen der diesjährigen Erhebung nicht abzuleiten. Bei Buche, Eiche und Fichte bestehen die seit Jahren anhaltenden hohen Schadwerte weiter fort.
- Der Waldzustandsbericht 2001 für Niedersachsen kann im Internet unter <http://www.forstnds.de> und <http://www.nfv.gwdg.de> abgerufen werden.

Nordrhein-Westfalen

Die Kronenzustandserhebung 2001 erfolgte im Land Nordrhein-Westfalen wiederum im Raster 4 x 4 km. Sie hat für den Wald insgesamt eine leichte Verbesserung ergeben. Die deutlichen Schäden haben um 3 Prozentpunkte auf 27 % abgenommen. Abgestorbene Bäume sind nach wie vor selten, und auch der Anteil der starken Schäden mit Nadel- bzw. Blattverlusten über 60 % bzw. mit starker Vergilbung liegt nur bei rund 1 %. Die langjährige Zeitreihe zeigt aber, dass von einer Trendwende trotzdem keine Rede sein kann. Im Gegenteil, das diesjährige Ergebnis ist das zweit schlechteste seit Beginn der Erhebungen (Abbildung 49).

Die o. g. Verbesserung um 3 Prozentpunkte beruht fast ausschließlich auf einem Rückgang der Schädigung bei den Laubbäumen. Der Zustand der Nadelbäume hat sich kaum verändert. Doch trotz des Absinkens der deutlichen Schäden um 5 Prozentpunkte bleibt das Laubholz mit einem Anteil von 31 % nach wie vor auf einem weitaus höheren Schadensniveau als das Nadelholz, das nur zu 22 % betroffen ist.

Bei der Fichte sind viele Bäume in die Schadstufe 1 gerutscht, die im Vorjahr noch keinerlei Schadsymptome erkennen ließen. Die Gründe für die Verschlechterung lassen sich aus den Daten der Kronenzustandserhebung nicht ablesen. Ebenso wenig liegen den für den Forstschutz zuständigen Dienststellen der Landwirtschaftskammern dazu Informationen vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass hierin keine gravierenden neuen Vitalitätseinbußen

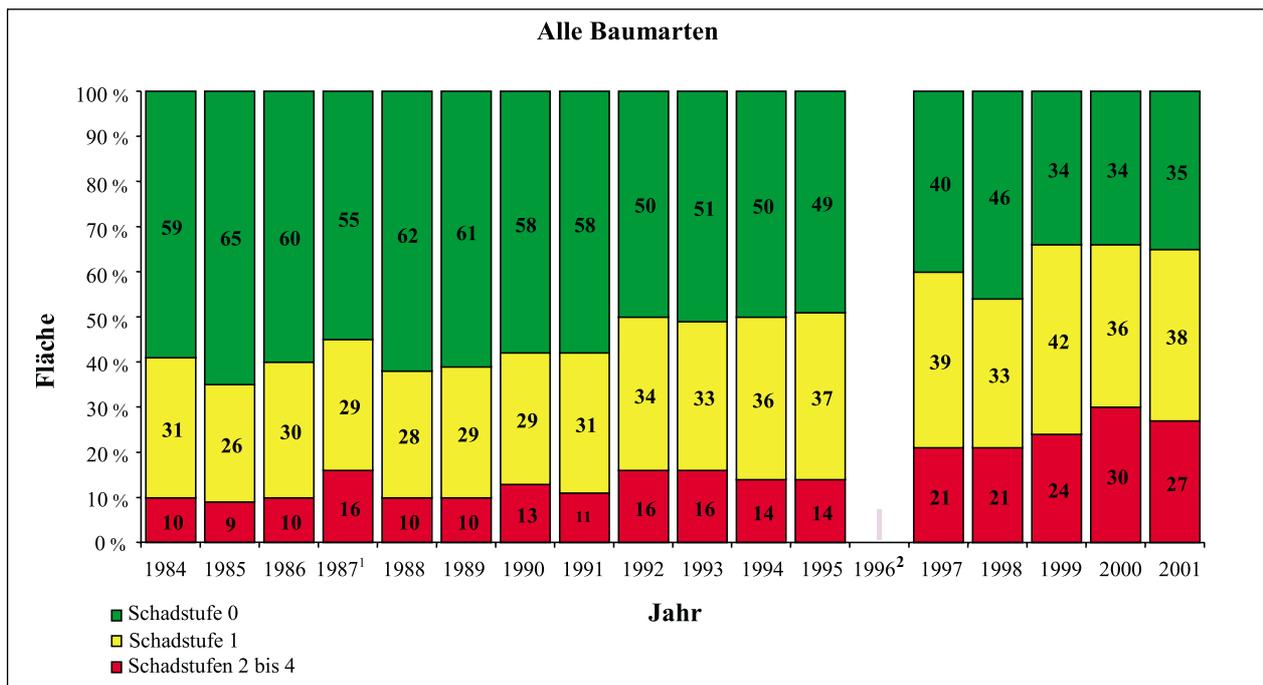
zum Ausdruck kommen. Beunruhigend ist allerdings die Tatsache, dass sich die älteren, d. h. die über 60 Jahre alten Bäume nach dem Schadenssprung des Vorjahres nicht erholt haben. Weiterhin ist fast jede zweite ältere Fichte deutlich geschädigt. Von den jüngeren Bäumen sind nur rund 5 % so stark beeinträchtigt. Das Erhebungsergebnis für die Baumart Fichte insgesamt fällt nur deshalb relativ günstig aus, weil bei ihr der Flächenanteil der jüngeren Bäume den Schwerpunkt bildet.

Die Kiefer hat sich durch den Anstieg der deutlichen Schäden um 3 Prozentpunkte auf 20 % dem Schadensniveau der Fichte angenähert. Verschlechtert haben sich sowohl die jüngeren als auch die älteren Bestände. Bei Letzteren ist die ungünstige Entwicklung jedoch stärker gewesen, denn es sind nicht nur die deutlichen Schäden um rund 4 Prozentpunkte angestiegen, sondern zusätzlich auch noch die schwachen Schäden um rund 3 Prozentpunkte. Die Kiefer unterscheidet sich in zweierlei Hinsicht von den übrigen Hauptbaumarten. Zum einen befindet sich ein sehr hoher Anteil in der Übergangschadstufe 1. Zum anderen sind bei ihr die jüngeren Bestände stärker geschädigt als die älteren. Die Ergebnisse zu den jüngeren Beständen müssen allerdings vorsichtig beurteilt werden, da sie nur schwach in der Erhebung repräsentiert sind.

Die stärkste Veränderung ist bei der Buche zu verzeichnen. Sie besteht vor allem darin, dass nach dem gewaltigen Schadenssprung des Vorjahres nun der Anteil der deutlichen Schäden bei den älteren Bäumen um rund 17 Prozentpunkte zurückgegangen ist. Bei den jüngeren Bäumen

Abbildung 49

Entwicklung der Schadstufenanteile 1984 bis 2001



¹ Nur bedingt mit den übrigen Jahren vergleichbar.

² Kein Landesergebnis.

ist die Verbesserung vergleichsweise gering. Dieser Rückgang ist keine Überraschung. Im Vorjahr deutete alles darauf hin, dass die extreme Fruktifikation einen maßgeblichen Einfluss auf die drastische Verschlechterung des Kronenzustandes gehabt hat. In diesem Jahr haben nur einige wenige Bäume fruktifiziert. Andere potenzielle Schadfaktoren wie z. B. der Buchenspringrüssler und der Witterungsverlauf sind ohne Bedeutung geblieben, sodass eine deutliche Erholung abzusehen war. Dennoch sind die Buchenschäden nach wie vor gravierend; der Anteil der Schadstufen 2 bis 4 beträgt immer noch 38 %.

Der Zustand der Eiche hat sich erneut verschlechtert, obwohl sie sich im Vorjahr nach dem Schadenssprung des Jahres 1999 schon in hohem Maße wieder erholt hatte. Mit einem Anteil von 43 % deutlicher Schäden führt sie jetzt wieder die Schadensstatistik an. Rechnerisch ergibt sich eine Zunahme um 4 Prozentpunkte. Hinzu kommt aber noch eine scheinbare Verbesserung des Eichenresultates um etwa 2 Prozentpunkte, die sich aus der erstmaligen Einbeziehung neuer, überwiegend junger Bestände infolge einer Aktualisierung des Aufnahmerasters ergibt. Somit beläuft sich der Anstieg im Ganzen auf ungefähr 6 Prozentpunkte.

Bedeutsam ist hierbei vor allem die festgestellte Verschlechterung bei den älteren Beständen um rund 7 Prozentpunkte. Eine in der Vegetationszeit 2001 wirksame Ursache ist nicht erkennbar. Zwar haben die Niederschläge zeitweise etwas unter dem langjährigen Mittel gelegen, aber die Blattentwicklung dürfte davon nicht beeinflusst worden sein. Auch ist der bei der Eiche wichtige Blattfraß

durch Wickler- und Spannerraupen gegenüber dem Jahr 2000 nicht nennenswert erhöht gewesen. Vermutlich haben längerfristig wirkende Faktoren wie die zerstörte Kronenstruktur, die damit verbundene Auflichtung der Bestände und die durch Schadstoffeinträge hervorgerufenen Bodenschäden die entscheidende Rolle gespielt. Für eine baldige, durchgreifende Revitalisierung der Eiche gibt es daher wenig Hoffnung. Das gilt vor allem für die Stieleiche, die weit mehr geschädigt ist als die Traubeneiche.

Rheinland-Pfalz

Der Kronenzustand der Waldbäume in Rheinland-Pfalz hat sich im Jahr 2001 gegenüber dem Vorjahr nur wenig verändert. Einem Anstieg des Anteils der Probebäume mit deutlichen Kronenschäden um 3 Prozentpunkte auf jetzt 21 % steht eine Erhöhung des Anteils an Probebäumen ohne sichtbare Schadmerkmale von 7 Prozentpunkten auf 41 % gegenüber. Entsprechend nahm der Anteil schwach geschädigter Probebäume um 10 Prozentpunkte auf 38 % ab.

Von den Hauptbaumarten zeigt die Eiche nach der deutlichen Erholung von 1999 auf 2000 aktuell zu 2001 wieder eine Verschlechterung des Kronenzustandes. Bei den Baumarten Fichte, Kiefer und Buche ist zwar der Anteil deutlich geschädigter Probebäume um je 1 Prozentpunkt gegenüber dem Vorjahr erhöht, doch nahm auch der Anteil von Bäumen ohne sichtbare Schadmerkmale merklich zu. Der mittlere Nadel-/Blattverlust des Probebaumkollektivs ist bei diesen Baumarten daher sogar leicht gesunken. Bei allen Baumarten außer der Kiefer zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Kronenschäden mit zunehmendem Alter.

Abbildung 50

Entwicklung der Waldschäden 1984 bis 2001

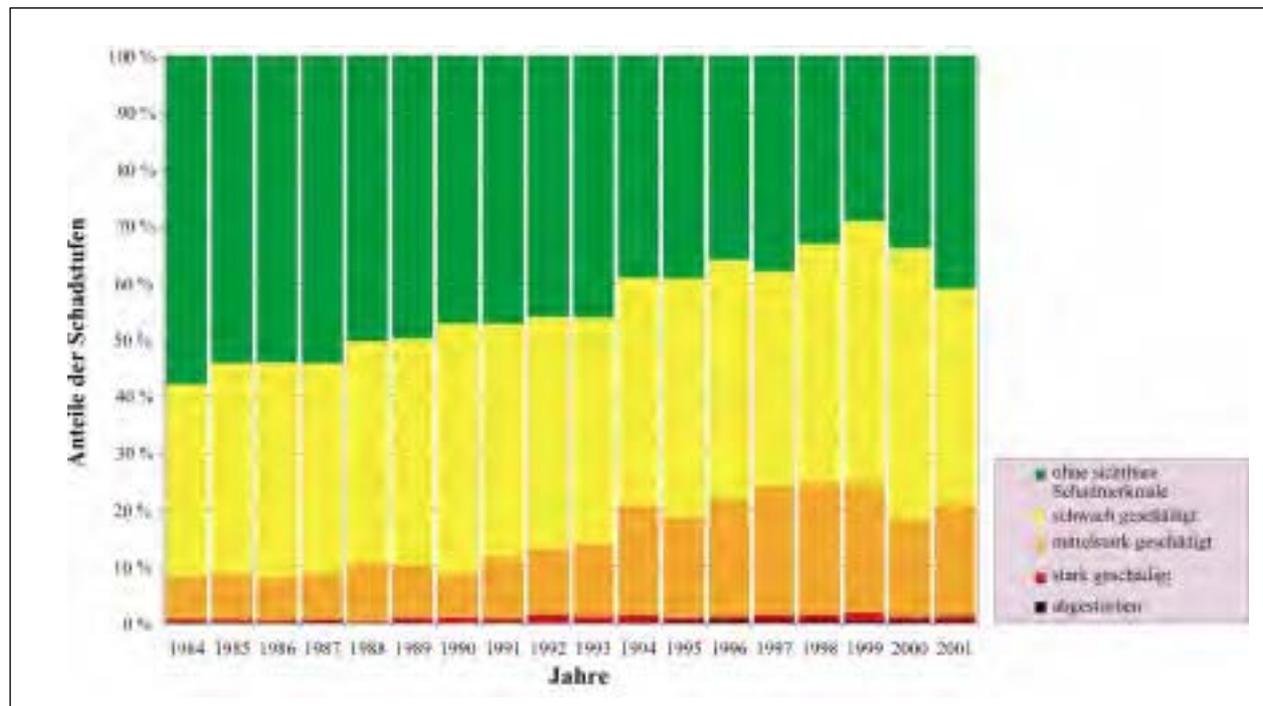
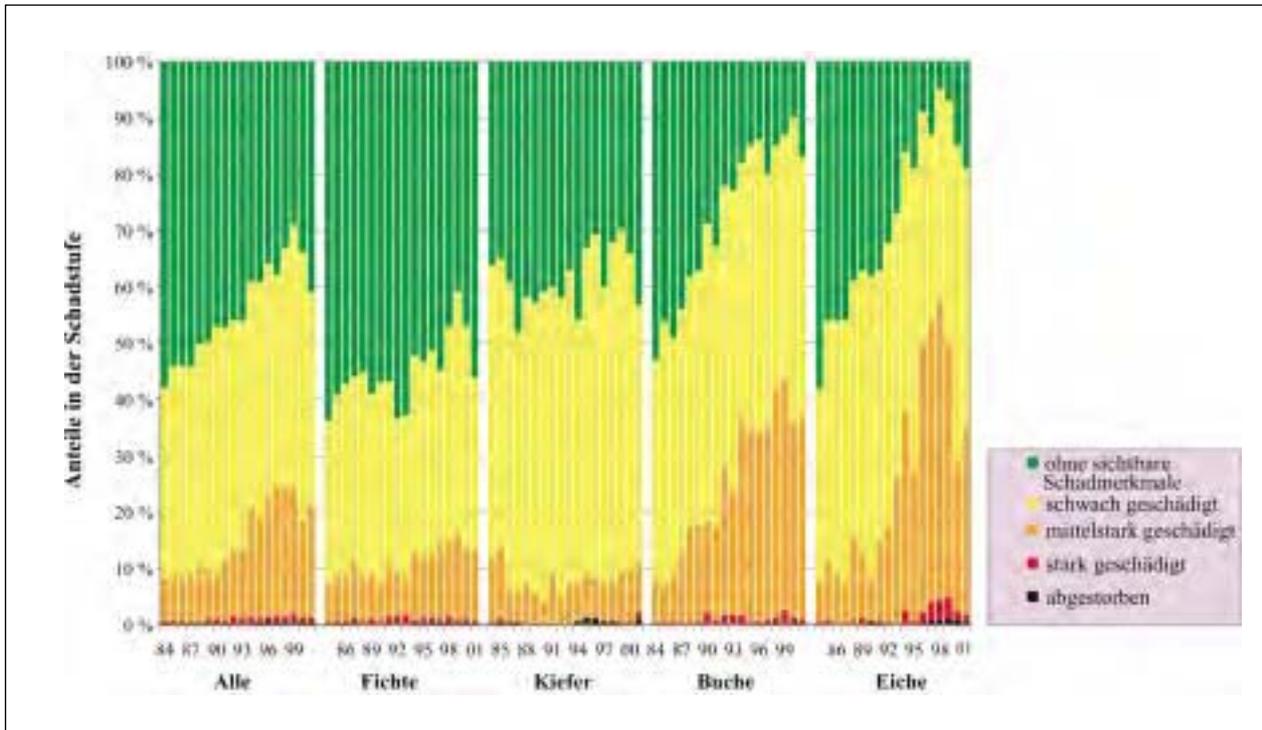


Abbildung 51

Schadentwicklung 1984 bis 2001



In den verschiedenen Waldregionen von Rheinland-Pfalz sind unterschiedliche Schadniveaus zu beobachten. Die Entwicklung der Waldschäden von 1997 zu 2001 war in den einzelnen Regionen unterschiedlich. Als Ursache hierfür kommen insbesondere unterschiedliche Alters- und Baumartenverteilungen sowie lokal unterschiedliche Witterungsverläufe in Betracht.

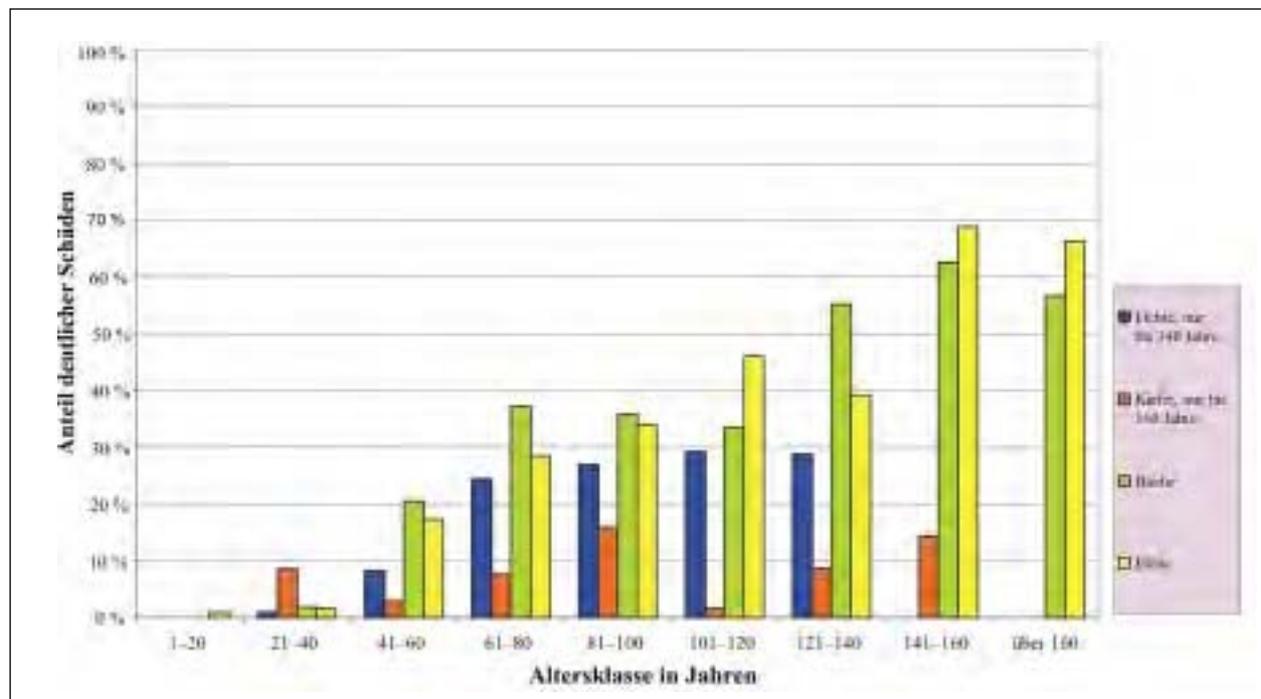
Die durchgreifenden Luftreinhaltemaßnahmen der letzten Jahre haben zu einem deutlichen Rückgang der Luftschadstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder geführt. Die Schwefeldioxidkonzentration beträgt aktuell nur noch etwa ein Zehntel der Werte Mitte der 80er-Jahre. Die Schwefeleinträge in den Waldböden haben sich mehr als halbiert. Deutlich reduziert werden konnten auch die Schwermetalleinträge. Demgegenüber sind die Stickstoffeinträge weit weniger verringert. Die Schlüsselrolle der Waldökosystembelastung kommt daher gegenwärtig den Stickstoffverbindungen zu. Zudem sind die Waldöko-

systeme nach wie vor einer hohen Ozonbelastung ausgesetzt, die teilweise auch zum Auftreten okkular sichtbarer Schadsymptome an den Blättern der Waldbäume führt. Da die aktuelle Luftschadstoffbelastung die ökosystemverträglichen Schwellenwerte (critical loads) noch erheblich überschreitet, ist eine weitere deutliche Verringerung des Ausstoßes waldschädigender Luftschadstoffe unverzichtbar. Besonderes Augenmerk muss dabei auf die Ammoniakemission aus der Landwirtschaft gerichtet werden. Zur Stärkung der Widerstandskraft der Ökosysteme und zum Schutz der Waldböden vor weiterer Versauerung werden die Luftreinhaltemaßnahmen durch Maßnahmen des naturnahen Waldbaus und die Fortsetzung der Bodenschutzkalkung unterstützt.

Der Waldzustandsbericht für Rheinland-Pfalz 2001 kann im Internet <http://www.uni-kl.de/FVA/> abgerufen oder beim Ministerium für Umwelt und Forsten (Kaiser-Friedrich-Straße 7, 55116 Mainz) angefordert werden.

Abbildung 52

Schadniveau nach Altersklassen 2001



Saarland

Die Waldschadenserhebung im Saarland erfolgte im Jahr 2001 zum 17. Mal – als Punktstichprobe in einem 2 x 4-km-Raster. Über 2 300 zufällig ausgewählte Probestämme wurden nach äußerlich erkennbaren Kronenschäden als Weiser für den allgemeinen Gesundheitszustand folgenden Schadensklassen zugeordnet:

- Schadstufe 1: Schwache Schäden (Warnstufe; Blatt- oder Nadelverluste vorhanden, aber vielfach noch im Rahmen einer natürlichen Schwankung der Belaubungs- bzw. Benadelungsdichte).
- Schadstufe 2 bis 4: Stark und sehr stark geschädigte sowie abgestorbene Bäume. Für die Darstellung der Schadentwicklung werden die deutlichen Schäden ab der Schadstufe 2 als eindeutige (deutliche) Schäden mit mehr als 25 % Nadel- bzw. Blattverlust zusammengefasst.

Schadensrückgang gegenüber dem Vorjahr: Im Saarland hat sich im Jahr 2001 bei allen Hauptbaumarten die Vitalität der Baumkronen leicht verbessert. Die Gesamtschäden verringern sich gegenüber dem Vorjahr um 3 % auf einen Schadensstand von 11 % bei den deutlichen Schäden und 49 % bei den Gesamtschäden. Die Entwicklung seit 2000 folgt dem allgemeinen Trend der letzten Jahre, verläuft jedoch bei den einzelnen Baumarten und Altersstufen unterschiedlich.

Deutliche Schäden: Verbesserung seit 1995: In der langjährigen Beobachtungsreihe ist seit 1995 eine Verbesserung insbesondere bei den deutlichen Schäden zu verzeichnen. Gute Wachstumsbedingungen mit reichlichen

Niederschlägen begünstigten in den letzten Jahren das Waldwachstum. Seit einem Höchststand von 23 % im Jahr 1995 haben sich die deutlichen Schäden auf 11 % halbiert. Dies entspricht dem Schadensstand von 1996.

Jeder 2. Baum zeigt Schadenssymptome: In der Gesamtbilanz ist im Wesentlichen eine Verschiebung von den deutlichen zu den schwachen Schäden und weniger von den schwachen Schäden in die Gruppe der ungeschädigten Bäume festzustellen. In der Zeitreihe nahmen daher die schwachen Schäden seit 1995 tendenziell zu. Der Anteil der ungeschädigten Bäume hält sich bei einigen Schwankungen seit 1993 auf einem Stand von um die 50 %. Jeder 2. Baum im Saarland zeigt Schadenssymptome.

Buchenbestände sind am stärksten geschädigt: Die Buche bleibt mit einem Anteil deutlicher Schäden von 23 % die am stärksten geschädigte Baumart, gefolgt von Kiefer (10 %), Fichte (9 %) und Eiche (8 %).

Schadensschwerpunkt in den Altbeständen: Kronenschäden treten vornehmlich in älteren Waldbeständen auf: Bei 21 % der älteren über 60-jährigen Bäume und lediglich bei 3 % der jüngeren Bäume wurden in diesem Jahr deutliche Schäden festgestellt.

Keine Entwarnung: Die günstige Entwicklung der Waldschäden nach äußeren Vitalitätsmerkmalen steht im Gegensatz zu der chemischen Verschlechterung der Waldböden mit anhaltender, durch Schadstoffeintrag verursachter Bodenversauerung und zunehmend schlechterer Nährstoffversorgung der Bäume. Häufig auftretende Wurzeldeformationen mit Absterben tiefer reichender

Wurzeln weisen darauf hin, dass die Bäume im veränderten Bodenmilieu nachhaltig geschädigt werden, diese Schäden sich jedoch im Moment durch die sehr gute Wasserversorgung der letzten Jahre nicht auf das Kronenbild niederschlagen.

Bei Auftreten zusätzlicher Stressoren, z. B. Trockenstress bei einer Abfolge mehrerer trockener Sommer wie zuletzt in 1989 bis 1993, ist zu befürchten, dass sich äußere Schäden infolge gestörter Wasser- und Nährstoffaufnahme sehr rasch wieder verstärken können.

Sachsen

Im Jahr 2001 sind in Sachsen die Waldschäden weiter zurückgegangen: 15 % der Waldfläche wurden als deutlich geschädigt, 45 % als schwach geschädigt und 40 % ohne erkennbare Schadmerkmale ausgewiesen. Der bereits im Vorjahr beobachtete Trend einer Verbesserung des Belaubungs-/Benadelungszustandes der Bäume setzte sich fort.

Die Trends bei den Nadel- und Laubbaumarten verlaufen weiterhin gegenläufig. Hinsichtlich der einzelnen Baumarten bzw. -gruppen stellt sich die Situation wie folgt dar:

Die in sächsischen Wäldern dominierende Baumart Fichte ist zu 13 % deutlich geschädigt. Damit hat sich der Wert gegenüber dem Vorjahr um weitere 7 Prozentpunkte verringert und weist den niedrigsten Wert des gesamten Erhebungszeitraums auf. Diese positive Entwicklung resultiert zum einen aus der deutlichen Abnahme der „klassischen“ Belastung durch SO₂, zum anderen aus den für das Wachstum und die Vitalität der Wälder günstigen Wit-

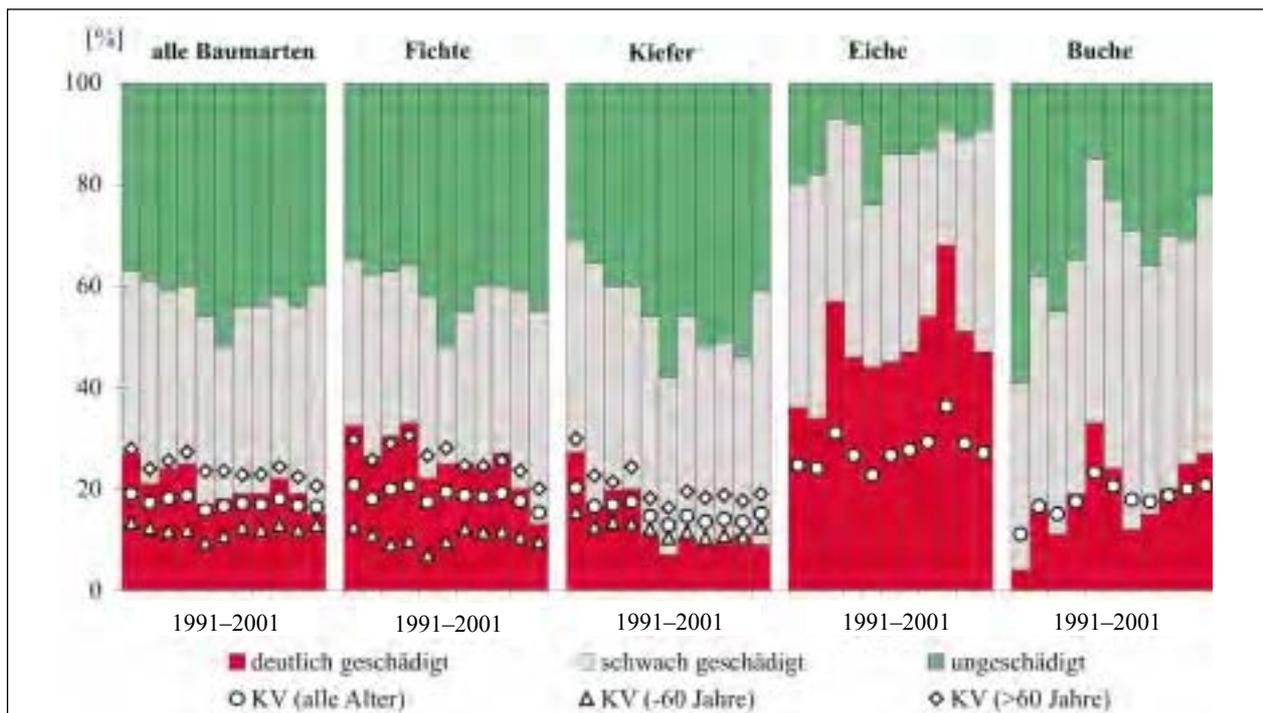
terungsbedingungen. Zudem traten in Fichtenbeständen kaum nadelfressende Insekten auf. Der Befall durch Borkenkäfer – insbesondere durch den Buchdrucker – nahm im Vergleich zu den Vorjahren ab.

Die Kiefer als zweithäufigste Baumart in den sächsischen Wäldern hat auch im Jahr 2001 ihr niedriges Schadniveau beibehalten. Mit einem Anteil deutlicher Schäden von 9 % ist sie gegenüber den anderen Baumarten vergleichsweise gering geschädigt. Die Kiefern in Nordwest-Sachsen weisen jedoch einen ungünstigeren Kronenzustand auf als in Ostsachsen. In der Zunahme des Anteils schwach geschädigter Kiefern dokumentieren sich vermutlich kurzzeitige Ereignisse, wie etwa verstärkte Blüte und Fruktifikation. Kleinflächig traten nadelfressende Insekten auf. Der Befall durch stamm- und rindenbrütende Insekten führte zu lokal begrenztem Absterben von Einzelbäumen und kleineren Baumgruppen.

Die Eiche liegt mit 47 % deutlichen Schäden um 32 Prozentpunkte über dem Befund aller Baumarten. Auf nur noch 9 % der Fläche sind die Eichen gesund. Obwohl die deutlichen Schäden im Vergleich zum Vorjahr abgenommen haben, übertreffen sie noch immer das Niveau vom Anfang der 90er-Jahre. Aufgrund des anhaltenden Rückganges der Fraßschäden durch Wickler- und Frostspannerarten hatten sie kaum Einfluss auf den diesjährigen Belaubungszustand der Eichen. Zur Schadensverminderung haben sicherlich die erheblich geringere Belastung durch Insekten sowie die günstigen Witterungsbedingungen im Verlauf der letztjährigen Vegetationsperioden beigetragen.

Abbildung 53

Entwicklung der Schadstufenanteile und der mittleren Kronenverlichtung (KV) 1991 bis 2001



Die deutlichen Schäden bei der Buche erhöhten sich von 4 % (1991) auf 27 % (2001). Allein gegenüber dem Vorjahr stieg dieser Anteil um weitere 2 Prozentpunkte an, während der Anteil gesunder Buchen um 9 Prozentpunkte abnahm. Es ist davon auszugehen, dass in den zurückliegenden Jahren die Buchenbestände neben der Belastung durch sich verändernde Schadstoffkomponenten auch durch Witterungseinflüsse und wiederholte Fruktifikation in ihrer Vitalität beeinträchtigt wurden.

Der Anteil deutlicher Schäden in den einzelnen Wuchsgebieten schwankt von 11 % im Vogtland bis 34 % im Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland und lässt damit erhebliche lokale Unterschiede erkennen. Einen regionalen Schadschwerpunkt stellt das Wuchsgebiet Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland dar. Diese Situation ist in erster Linie auf den schlechten Kronenzustand der dort dominierenden Laubbaumarten zurückzuführen. Im Erzgebirge, dem walddreichsten Wuchsgebiet Sachsens, hat sich in diesem Jahr der Zustand des Waldes wiederum spürbar verbessert. Der Flächenanteil deutlicher Schäden erreicht mit 16 % fast den Landesdurchschnitt und ist auf den geringsten Wert seit Beginn der Erhebungen gesunken. Die Schadausprägung ist innerhalb des Wuchsgebietes jedoch differenziert. In allen übrigen Wuchsgebieten liegt der Flächenanteil deutlicher Schäden zwischen 11 und 14 %.

Die Schwefeleinträge und die damit gekoppelten Säurebelastungen sind besonders in den vormals hoch belasteten Regionen des Erzgebirges stark zurückgegangen und haben mittlerweile ein europaweit vergleichbares Niveau erreicht. Demgegenüber sind die ökosystemaren Belastungen aus eingetragenen Stickstoffverbindungen weiterhin hoch und übertreffen vielerorts die ehemals dominierende Schwefelbelastung.

Der Wandel der Stoffbelastung in den Wäldern lässt sich auch in den Waldböden bis in das Sicker- und Quellwasser verfolgen. Dort kann ein Rückgang der Schwefelgehalte und der Säuregrade festgestellt werden. Diese Entwicklung wird allerdings häufig überlagert durch einen Prozess der Mobilisierung von Schwefelvorräten aus den Waldböden, von denen sie in der Vergangenheit in großen Mengen gespeichert wurden. Die laufenden S-Austräge der Waldböden betragen oftmals ein Vielfaches der aktuellen S-Einträge. Die teilweise erheblichen Nitratausträge mit dem Sickerwasser sind Hinweis auf eine verbreitete Stickstoffsättigung der Wälder.

Hinsichtlich der Schwefelbelastung zeigen auch die Überschreitungen der für Waldökosysteme langfristige tolerierbaren kritischen Belastungsraten (Critical Loads) eine deutlich positive Entwicklung und belegen den Belastungswandel der letzten Jahre. Im Landesdurchschnitt hat sich in den sächsischen Wäldern seit 1995 der durch Schwefel- und Stickstoffverbindungen induzierte Versauerungsdruck auf etwa ein Drittel verringert. Der Anteil der Stickstoffverbindungen an der Gesamtsäurebelastung ist jedoch von 21 auf 36 % angestiegen.

Sachsen-Anhalt

Im Berichtsjahr wurde die Waldschadenserhebung im 4 x 4 km-Netz durchgeführt. Es wurden 6576 Probebäume an 274 Aufnahmepunkten bonitiert. Ein Aufnahmepunkt konnte nach Wiederaufforstung erneut in die Erhebung einbezogen werden.

Für den Gesamtwald ergab sich ein Anteil deutlicher Schäden von 17 %. Der Rückgang um 1 Prozentpunkt im Vergleich zum Vorjahr liegt im Rundungsbereich. Es lässt sich daraus auch noch kein Trend einer längerfristigen Verbesserung des Kronenzustandes ableiten. Die Ergebnisse der Jahre 1996 bis 2000 deuteten nach der Zustandsverbesserung im ersten Jahrfünft der 90er-Jahre eher in Richtung eines geringfügigen Anstieges der deutlichen Schäden. Diese Tendenz einer Zustandsverschlechterung wird auch bei Betrachtung des Anteiles äußerlich gesunder Bäume sichtbar. Der entsprechende Wert ging erneut um 4 Prozentpunkte auf nunmehr 48 % zurück.

Derartige, zunächst widersprüchlich erscheinende Tendenzen können von entgegengesetzten Entwicklungen der einzelnen Baumarten – innerhalb der Baumarten auch durch regionale und einzelbaumweise Unterschiede – hervorgerufen werden.

Die Kiefer, die ca. die Hälfte der Waldfläche des Landes einnimmt, ist nach wie vor die bedeutendste und gleichzeitig am wenigsten geschädigte Baumart des Landes. Mit einem Anteil deutlicher Schäden in Höhe von 4 % – das entspricht einem Rückgang um 1 Prozentpunkt gegenüber 2000 – konnte der Kronenzustand auf dem seit 1996 beobachteten günstigen Niveau gehalten werden. Selbst die Gruppe der über 60-jährigen Kiefern weist lediglich einen Anteil von 5 % (Vorjahr: 6 %) deutlich geschädigter Bäume auf.

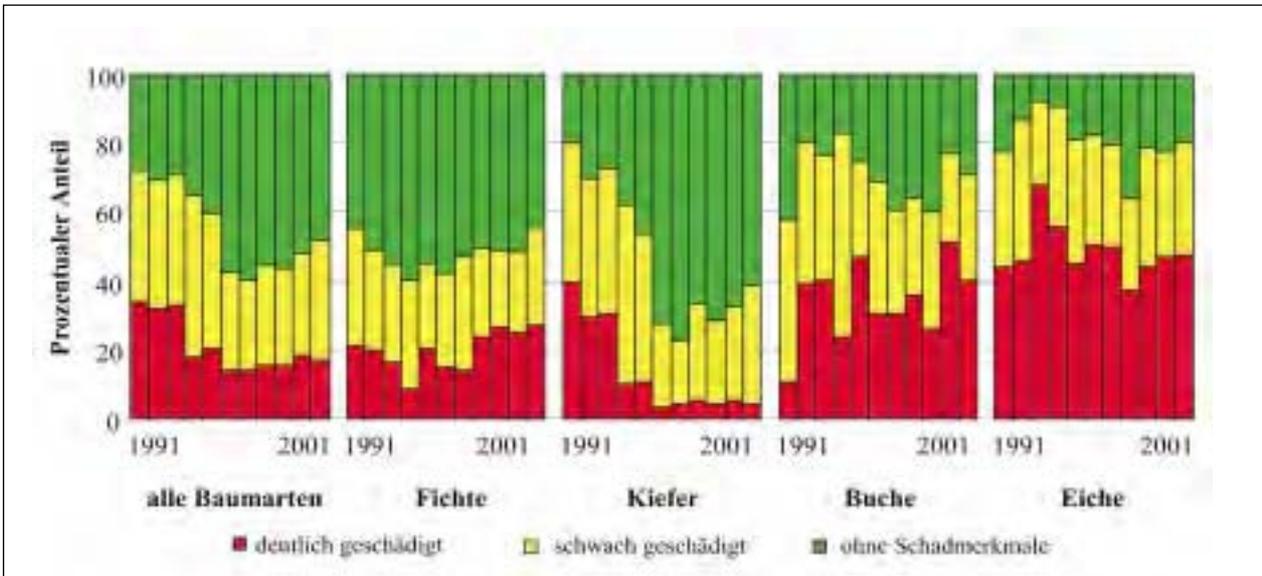
Bei Fichte stiegen die deutlichen Schäden geringfügig an. Sie lagen mit 27 % um 2 Prozentpunkte über dem Wert des Jahres 2000. Die Zunahme geht auf den Anstieg in der Gruppe der bis 60 Jahre alten Fichten zurück. Trotzdem schneidet diese Gruppe mit 10 % deutlich geschädigter Bäume vergleichsweise günstig ab. Der Zustand der über 60-jährigen Fichten – hier weist nahezu jeder zweite Baum deutliche Schäden auf – kann dagegen nicht befriedigen.

Die Buche ist die einzige Baumart, bei der 2001 ein erheblicher Rückgang der deutlichen Schäden registriert wurde. Mit 40 % (Vorjahr: 51 %) für die Baumart insgesamt sowie 54 % (Vorjahr: 72 %) für die über 60-jährigen Buchen liegen die Werte jedoch nach wie vor in Besorgnis erregender Höhe. Eine gewisse Verbesserung des Kronenzustandes war erwartet worden, da nach dem starken Mastjahr 2000 in diesem Jahr nur sehr wenige Buchen fruktifizierten. Allerdings wurden die Ergebnisse aus dem Jahr vor der starken Mast nicht wieder erreicht.

Den schlechtesten Kronenzustand aller Hauptbaumarten des Landes zeigen die Eichen. Ebenso wie im Vorjahr war nahezu jede zweite Eiche (47 %) deutlich geschädigt. In der Gruppe der über 60-jährigen Eichen stieg der Anteil deutlich geschädigter Bäume sogar noch um 2 Prozentpunkte auf 66 % an. Für die Baumart insgesamt wurde dieser Anstieg durch eine leichte Verbesserung der nur mit relativ wenigen Probebäumen untersetzten Altersgruppe bis 60 Jahre ausgeglichen. Die neben Buche für die natürlichen Waldgesellschaften des Landes ebenfalls besonders bedeutsame Eiche bleibt weiterhin Sorgenkind.

Abbildung 54

Entwicklung der Schadstufenanteile 1991 bis 2001

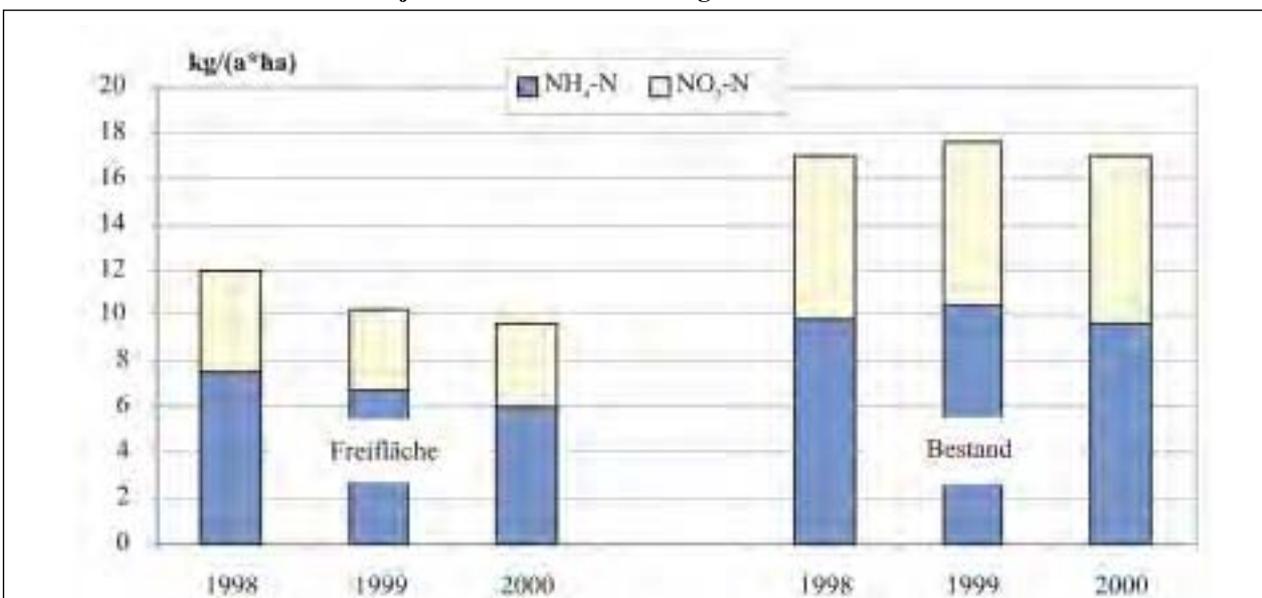


In aller Kürze sei noch erwähnt, dass Forstschädlinge 2001 den Zustand des Waldes landesweit betrachtet kaum beeinflussten. Der Witterungsverlauf war gekennzeichnet von vorwiegend unterdurchschnittlichen Monatsniederschlägen – mit Ausnahme des Monats März und gebietsweise des Juli –, regional unterschiedlich ausgeprägten Trockenperioden im Mai und Juli; jedoch – mit Ausnahme weniger Tage im August – für den Wald günstigen Temperaturen. Starke Fruktifikation gab es besonders bei Eiche (das zweite Jahr nacheinander) sowie einigen Arten des sonstigen Laubholzes.

In Sachsen-Anhalt werden seit 1998 zwei Level II-Dauerbeobachtungsflächen betrieben. Inzwischen liegen erste Ergebnisse vor und es lassen sich trotz des relativ kurzen Beobachtungszeitraumes Aussagen zur gegenwärtigen Belastungssituation treffen. So liegen beispielsweise die aktuellen Stickstoffeinträge im Mittel der Jahre 1998 bis 2000 bei ca. 11 kg/(a ha) auf der Freifläche und bei etwa 17 kg/(a ha) unter Kiefer. Der überwiegende Anteil des Stickstoffs wird als Ammonium eingetragen. Auf der Freifläche ist dessen Anteil fast doppelt so hoch wie der des Nitrates.

Abbildung 55

Mittlerer jährlicher Stickstoffeintrag an Level II-Standorten



In der Gesamtschätzung ist festzustellen, dass die untersuchten Standorte des Landes gegenwärtig einem geringen Eintrag von Nitrat-Stickstoff und einem mittleren Eintrag von Ammonium-Stickstoff ausgesetzt sind. Dennoch muss berücksichtigt werden, dass die gemessenen Stickstoffeinträge deutlich höher als die 8 bis 10 kg/(a ha) sind, welche allgemein als unbedenklich für Waldbestände gelten.

Schleswig-Holstein

Der Zustand des schleswig-holsteinischen Waldes hat sich trotz der für den Wald sehr günstigen Witterung nur relativ verbessert. Insgesamt zeigt das Ergebnis in etwa den Stand des Jahres 1999. So liegt der Anteil der Bäume in den Schadstufen 2 bis 4 bei 24 %.

Nachdem im Jahre 2000 die Buchen, bedingt durch Trockenstress und eine sehr starke Fruktifikation sehr schlecht bewertet wurden, haben sie sich in diesem Jahr um 18 % bei den deutlichen Schäden verbessert und er-

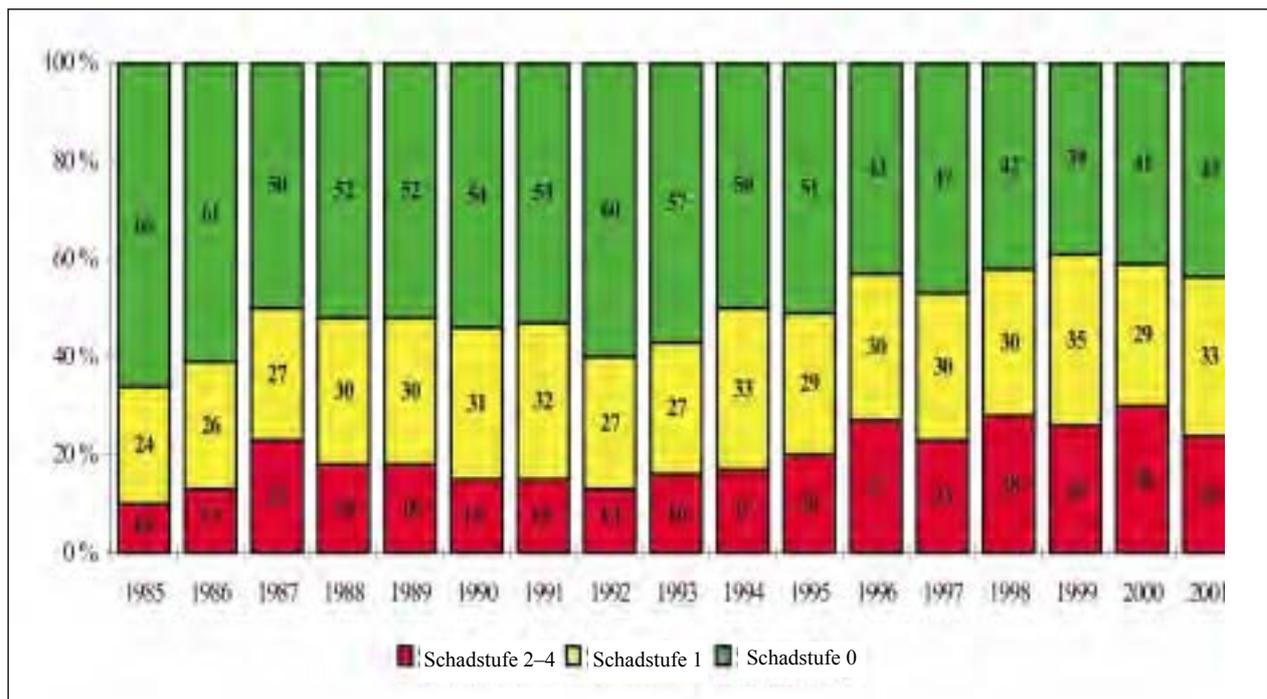
reichen mit 34 % das schlechte Ergebnis des Jahres 1999. Wegen des hohen Anteiles der Buche am Aufnahmekollektiv trägt diese Baumart entscheidend zum diesjährigen Ergebnis bei.

Bei der Eiche setzt sich der negative Trend durch einen anhaltenden Verlust von Feinreisig und damit verbundener Reduzierung der Blattmasse fort. Die stärkeren Schäden haben hier um 5 auf 29 % zugenommen.

Nur die Baumart Fichte hat ihren Kronenzustand deutlich um 10 % verbessert, da sie durch die kühle Witterung des Frühjahres und die regelmäßigen und hohen Niederschläge im Jahresverlauf reichlich neue Triebe und Nadeln bilden konnte. Bei den Kiefern zeigt sich in diesem Jahr keine Veränderung. Die Kiefer ist rückblickend die am geringsten geschädigte Baumart und zeigte in diesem Jahr nur in geringfügigem Umfang Vergilbungen. Die Nadelverluste in den Schadstufen 2 bis 4 lagen bei 8 %.

Abbildung 56

Entwicklung der Waldschäden aller Baumarten 1985 bis 2001



Thüringen

Die Waldschadenserhebung erfolgte in Thüringen auch im Jahr 2001 wieder in Form einer Vollstichprobe im 4 x 4 km-Raster an insgesamt 350 Aufnahmepunkten. Die sich seit 1993 abzeichnende allmähliche Verbesserung des Kronenzustandes hat sich in diesem Jahr nicht fortgesetzt. Die mittlere Kronenverlichtung ist von 20,2 % auf 20,7 % angestiegen und entspricht damit in etwa dem Stand von 1999 mit 20,8 %.

Der Anteil leicht geschädigter Bäume (Schadstufe 1) stieg zuungunsten der Bäume ohne Schadmerkmale (Schadstufe 0) um 2 % an. Die Anzahl der deutlich geschädigten Bäume blieb unverändert.

Sowohl die Nadelbaumarten Fichte und Kiefer als auch die Laubbaumarten Buche und Eiche haben sich im Vergleich zum Vorjahr in ihrem Kronenzustand leicht verschlechtert.

- Dabei weist die Fichte mit 17,9 % unter den vier Hauptbaumarten die geringste mittlere Kronenverlichtung auf. Sie zeigt sich seit 1999 in ihrem Kronenzustand kaum verändert.
- Die Kiefer bleibt trotz einer leichten Zunahme in der Kronenverlichtung nach der Fichte die Baumart mit den geringsten Kronenschäden (22,1 %). Auch ihr Kronenzustand hat sich in den letzten vier Jahren nicht wesentlich verändert.
- Bei der Buche stieg die mittlere Kronenverlichtung von 23 % im Jahr 1998 auf 24,1 % im Jahr 2001. Da-

mit bleibt die Buche die Baumart mit dem zweithöchsten Schadniveau.

- Die stärksten Kronenschäden weist in Thüringen nach wie vor die Eiche mit einer mittleren Kronenverlichtung von 26,6 % auf. Dieses hohe Schadniveau blieb seit 1998 weitestgehend gleich.
- Die sonstigen Nadelbäume (insbesondere Lärchen und Douglasien) liegen hinsichtlich der mittleren Kronenverlichtung bei 19,6 %.
- Bei den sonstigen Laubbäumen (vorwiegend Eschen, Aholme, Hainbuchen, Birken und Linden) beträgt die mittlere Kronenverlichtung 22,8 %. Sie ist damit geringer als bei Buche und Eiche.

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen den allgemeinen Trend, dass in Mitteleuropa Laubbäume momentan deutlich stärkere Schäden aufweisen als Nadelbäume.

In Bezug auf die Altersgruppen beträgt die mittlere Kronenverlichtung im Altersbereich bis 60 Jahre 13,7 %, während sie bei den über 60-jährigen Bäumen mit 25,3 % erheblich höher liegt.

Der Witterungsverlauf im Jahr 2000/2001 wirkte sich auf die Entwicklung des Waldzustandes eher ungünstig aus. Überdurchschnittliche Monatsmitteltemperaturen, ein Niederschlagsdefizit in den Monaten April bis Juni 2000 sowie der milde und zum Teil recht trockene Winter bewirkten auf einigen Standorten zweifelsohne ein Vitalitätsdefizit.

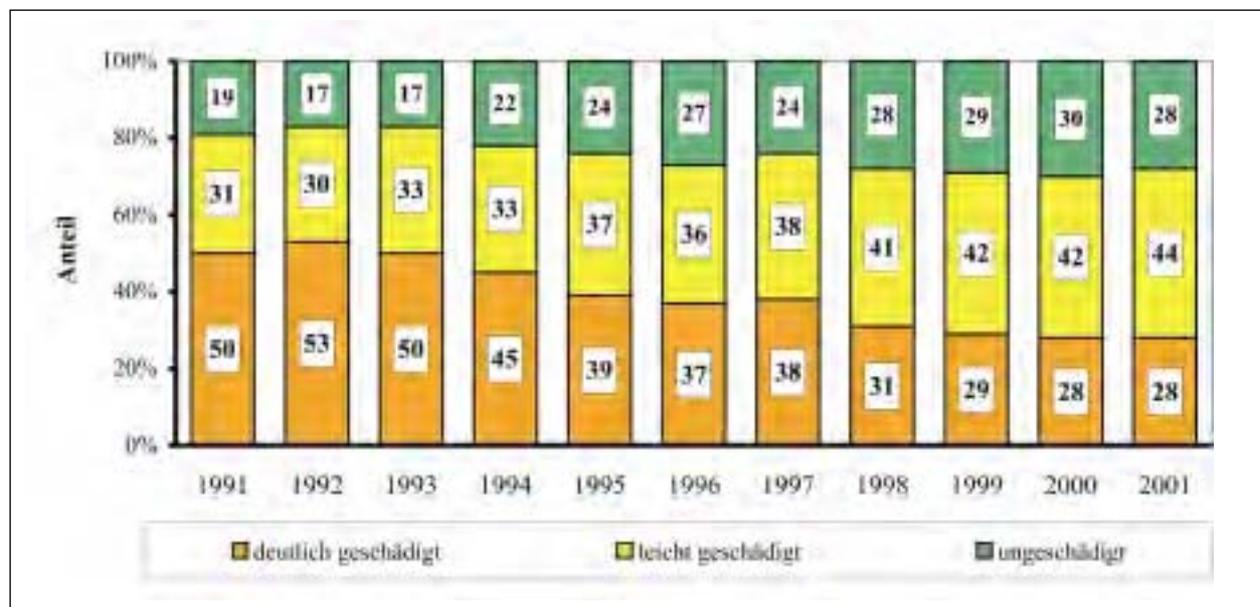
Abbildung 57

Mittlere Kronenverlichtung in Prozent von 1991 bis 2001 über alle Baumarten



Abbildung 58

Entwicklung der Schadstufenanteile für alle Baumarten 1991 bis 2001



Auch die nach wie vor hohen Stoffeinträge, welche insbesondere im Hinblick auf den Stickstoff eine deutliche Überschreitung kritischer Schwellenwerte zeigen, sollten auch zukünftig bei der Beurteilung des Kronen-

zustandes nicht außer Acht gelassen werden. Der vollständige Waldzustandsbericht des Freistaates Thüringen kann im Internet unter www.thueringenforst.de eingesehen werden.

VII. Glossar

Alkalinität	Ein Weiser für den Grad der Bodenversauerung: Die Alkalinität entspricht der Äquivalentsumme von basischen Kationen, die nicht von mobilen Anionen (Nitrat, Sulfat, Chlorid) begleitet werden.
Autochthon	Bodenständig, am Ort entstanden, nicht durch den Menschen verändert.
Aciditätsgrad	Ein Weiser für den Grad der Bodenversauerung: Als Aciditätsgrad wird der Anteil an Säurekationen an der gesamten Kationensumme (ohne Ammonium) bezeichnet.
Basen	Basen sind die Nährstoffe Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium.
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 Boden dienen können.
Biomasse	Gesamtheit der organischen Substanz eines Lebensraumes.
Bodenacidität	Verhältnis von Säuren zu Basen im Boden. Bei hoher Acidität herrschen die Säuren vor.
Bodenzustandserhebung (BZE)	Auf dem Stichprobennetz (→ Level I-Monitoring) durchgeführte Untersuchung des Waldbodens und des Ernährungszustandes der Waldbäume. Die erste Bodenzustandserhebung wurde im Zeitraum 1987 und 1993 durchgeführt. Teil des → forstlichen Umweltmonitorings.
Critical Levels	Schwellenwerte für Luftschadstoffkonzentrationen, bei denen nach bisherigem Wissen noch keine nachweisbaren direkten Vegetationsschäden zu erwarten sind.
Critical Loads	Schwellenwerte für Schadstoffeinträge, bei denen nach bisherigem Wissen noch keine nachweisbaren schädlichen 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	Nährstoffüberangebot, das unerwünschte Auswirkungen (z. B. Beeinträchtigungen des Nährstoffgleichgewichtes) haben kann.
forstliches Umweltmonitoring	Überwachung des Waldzustandes mit dem Ziel, Schäden und andere Veränderungen der Waldökosysteme frühzeitig zu erkennen, um 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 soll.

Immissionen	hier: Einwirkung von Luftverunreinigungen auf die Umwelt, bei Gasen gemessen als Konzentration in der Luft
Integrierende Auswertungen	Verknüpfungen der auf dem Stichprobennetz erhobenen Daten (→ Waldschadenserhebung, → Bodenzustandserhebung und → Nadel-/Blattanalysen sowie → Level II) mithilfe mathematisch-statistischer Methoden. Bei diesen Untersuchungen werden – soweit möglich – auch Daten anderer Messnetze (z. B. Klima, Schadstoffeinträge) einbezogen.
Integrierter Pflanzenschutz	Eine Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird.
Kationensäuren	Eisen- und Aluminiumionen.
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 → Bodenzustandserhebung und Untersuchungen des Ernährungszustandes der Waldbäume (→ Nadel-/Blattanalysen). Teil des → forstlichen Umweltmonitorings.
Level II-Monitoring	Intensive Untersuchungen des Waldzustandes an ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen (Fallstudien) zur Untersuchung der Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Waldökosystemen und den sie beeinflussenden Faktoren. Teil des → forstlichen Umweltmonitorings.
Mittlere Kronenverlichtung	Mittelwert der in 5 %-Stufen eingeschätzten → Kronenverlichtung der Einzelbäume.
Nadel-/Blattanalysen	Im Rahmen der → Bodenzustandserhebung im Wald durchgeführte Analysen der Elementgehalte von Nadeln und Blättern zur Bestimmung des Ernährungszustandes der Waldbäume.
Nadel-/Blattspiegelwerte	Nährstoffgehalte in Nadel bzw. Blättern.
Nadel-/Blattverlust	→ Kronenverlichtung
Neuartige Waldschäden	Seit Ende der 70er-Jahre an allen Baumarten beobachtete Waldschäden, die im Gegensatz zu den früher beobachteten so genannten → Rauchschäden großflächig und auch fernab von Industrieanlagen auftreten. Eine Schlüsselrolle bei den Einflussfaktoren spielen Luftschadstoffe.
Ökosystem	Beziehungsgefüge von Lebewesen untereinander und mit ihrer Umwelt.
Perzentilbereich	Bereich einer Häufigkeitsverteilung. So liegen z. B. 75 % aller gemessenen Werte innerhalb des 75-Perzentil. Perzentilbereiche werden als relativer Bewertungsmaßstab verwandt.
Phänologische Daten	Daten über die jahreszeitlichen Vegetationsabschnitte eines Baumes (z. B. Blühbeginn, Zeitpunkt der Blattentfaltung, Beginn der jährlichen Laubfärbung).
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.
Pufferung	Fähigkeit (z. B. von Waldböden), den → pH-Wert trotz Zufuhr von Säuren oder Basen durch chemische Prozesse konstant zu halten.
Rauchschäden	Bereits in früheren Jahrhunderten in der Nähe von Industrieanlagen, vornehmlich Hüttenwerken, beobachtete Waldschäden, die auf schwefelhaltige Abgase (z. B. Schwefeldioxid) zurückgeführt wurden.
Sickerwasser	Wasser, das sich im Boden der Schwerkraft folgend bewegt.
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.
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 Umweltmonitorings.

VIII. Anlagen

Anlage 1: Zum Verfahren der Waldschadenserhebung	73
Anlage 2: Zur Schätzgenauigkeit der Waldschadenserhebung (Kronenansprache)	74
Anlage 3: Ergebnisse der nationalen Erhebungen mit im Vergleich zum europaweiten 16 x 16 km-Netz z. T. deutlich höheren Stichprobenumfängen	76
Anlage 4: Protokolle des „Genfer Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigungen“	77
Anlage 5: Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“: Förderung von Maßnahmen, die dem Ziel eines naturnahen Waldumbaus unmittelbar zugute kommen (Gesamtförderung durch Bund und Länder)	77
Anlage 6: Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen aufgrund Neuartiger Waldschäden im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (Gesamtförderung durch Bund und Länder)	78
Anlage 7: Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung zur Stabilisierung von Waldökosystemen gegen atmogene Säureeinträge	78

Anlage 1

Zum Verfahren der Waldschadenserhebung

Ansprache der Kronenverlichtung

Für jeden Probebaum 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

Schadstufen ergeben sich aus einer Kombination von Kronenverlichtungen und Vergilbungen.

Verlichtungsstufe	Verlichtungsprozent	Vergilbung der vorhandenen Nadeln/Blätter				Vergilbungsstufe Vergilbungsprozent
		0 0–10 %	1 11–25 %	2 26–60 %	3 61–100 %	
0	0–10 %	0	0	1	2	} Schadstoffe
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)		

Der Forschungsbeirat Waldschäden/Luftverunreinigungen hat dazu in seinem 3. Bericht (1989) festgestellt:

„Die Stufe 0 „gesund“ oder „ohne Schadmerkmale“ wurde mit 0 bis 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 bis 25 % Nadel- bzw. Blattverlust wurden als „kränkelnd“ oder „schwach geschädigt“ bezeichnet. Die bisherigen 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 bis 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.“

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

Die Verteilung der in 5 %-Stufen angesprochenen Kronenverlichtung nach ihrer Häufigkeit ermöglicht im Vergleich mit dem Vorjahr eine detaillierte Aussage zum Bereich der Veränderungen.

Stichprobenverfahren

Die Waldschadenserhebung wird in Deutschland jährlich auf einem bundesweiten systematischen Stichprobennetz durchgeführt.

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 Bäume als Probebäume dauerhaft markiert. Dabei werden nur vorherrschende, herrschende und mitherrschende Bäume des Bestandes berücksichtigt. Ausscheidende Probebäume werden durch ihren nächsten Nachbarn ersetzt. Die Aufnahmen erfolgen im Juli und August eines jeden Jahres.

Seit Beginn der Waldschadenserhebung werden forstlich ausgebildete und speziell geschulte Teams eingesetzt. Landes-, bundes- und europaweite Abstimmungen dienen dazu, die Vergleichbarkeit und Objektivität der Erhebungen zu gewährleisten.

Anlage 2

Zur Schätzungsgenauigkeit der Waldschadenserhebung (Kronenansprache)

Autoren:

- Holger Holland-Moritz (Statistik; Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft)
- Dr. Franz-Josef Mayer (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft)
- Hans Werner Schröck (Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz)

Die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Kronenzustandsdaten wird seit Beginn der Waldschadenserhebung zum Teil kontrovers diskutiert. Im Mittelpunkt steht dabei die Frage, ob verschiedene Personen bei unabhängiger Betrachtung den Kronenzustand eines Baumes übereinstimmend beurteilen können.

Die inzwischen über 18-jährige Erfahrung mit der Waldschadenserhebung zeigt, dass dies möglich ist. Im Folgenden wird skizziert, mit welchen Voraussetzungen und Maßnahmen die gewünschte Schätzungsgenauigkeit sichergestellt wird. Außerdem wird an einem Beispiel verdeutlicht, welche Genauigkeiten in der Praxis erreicht werden.

Wesentliche Voraussetzungen und Maßnahmen für genaue, vergleichbare und überprüfbare Ergebnisse sind:

1. Forstlich ausgebildetes Fachpersonal, möglichst mit Erfahrung in der Kronenzustandsansprache.
2. Einheitliche Verfahrensanweisungen mit klarer Definition der Merkmale sowie Referenz-Fotoserien.

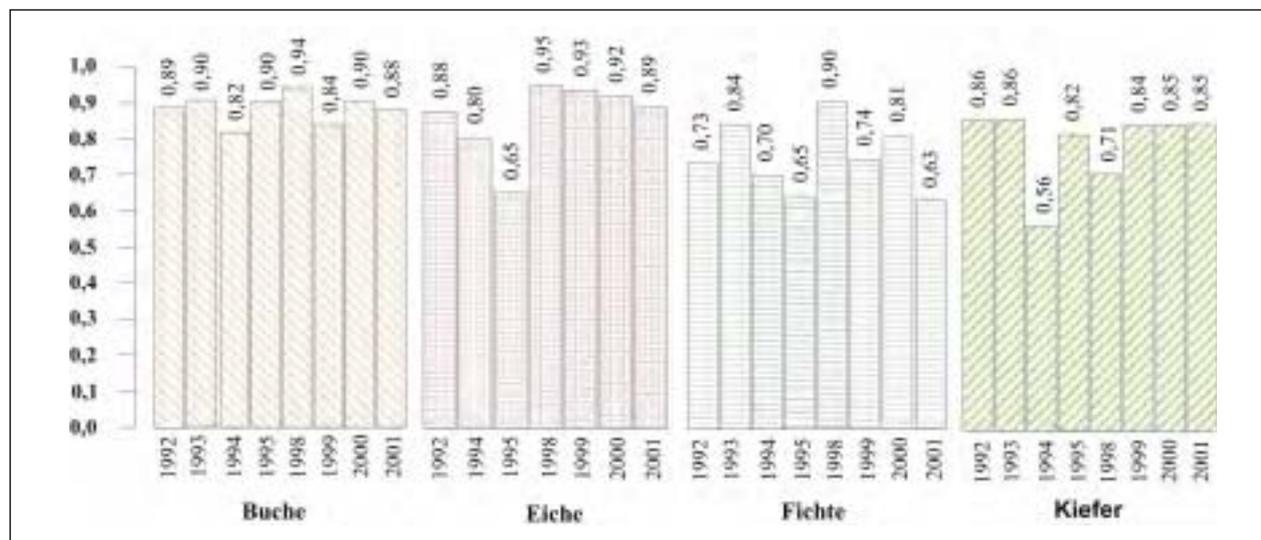
3. Intensive Schulung des Inventurpersonals (einschließlich der Inventurleiter) vor Beginn der Erhebungen.
4. Jeder Inventurtrupp besteht aus zwei Personen, die jeden Baum unabhängig voneinander einstufen und sich bei evtl. Differenzen auf eine gemeinsame Bewertung einigen müssen.
5. Die Ergebnisse der Inventurtrupps werden von den Landesinventurleitern bzw. Kontrolleinheiten stichprobenartig überprüft.
6. Durchführung von Plausibilitätstests.

Damit sich zwischen den verschiedenen Ländern keine Unterschiede in der Bewertung des Kronenzustands entwickeln, finden jährlich auch Abstimmungskurse der jeweiligen Landesinventurleiter statt. Die Abstimmungskurse beginnen jeweils mit einem Lichtbildvortrag. Dabei werden repräsentative Beispiele von Bäumen mit unterschiedlich stark ausgeprägter Kronenverlichtung vorgestellt.

Danach folgt die Begutachtung von Baumkronen im Waldbestand. Von jeder Hauptbaumart werden zunächst je fünf Bäume in gemeinsamer Diskussion eingeschätzt. Anschließend bewerten die Inventurleiter getrennt mindestens 20 Bäume je Baumart. Die Ergebnisse dieser Kronenansprache wird ausgewertet und vor Ort baumweise besprochen. Auf diese Weise wird einerseits der einheitliche Bewertungsmaßstab vertieft, andererseits werden insbesondere schwierige Fälle intensiv erörtert und gemeinsame Lösungen (Bewertungshinweise) erarbeitet.

Abbildung 59

**Konkordanzkoeffizient nach Kendall für verschiedene Inventurteams in einzelnen Jahren
bei den Hauptbaumarten
1,0 bedeutet völlige Übereinstimmung, 0,0 keinerlei Übereinstimmung (n = 10)**



noch Anlage 2

Die folgende Untersuchung belegt, welche Schätzgenauigkeiten dabei in der Praxis erreicht werden. Dazu wurden die Anspracheergebnisse der Landesinventurleiter bei den jährlichen bundesweiten Abstimmungskursen ausgewertet und auf ihre Übereinstimmung untersucht.

Als statistisches Maß für die Übereinstimmung der Bewertungen wurde der Konkordanzkoeffizient nach Kendall gewählt. Der Konkordanzkoeffizient gibt an, welcher Anteil der Urteilsvarianz auf gemeinsam geteilte Ansprachestandards zurückzuführen ist. Der Rest wird durch die jeweils individuellen Maßstäbe der Beurteiler verursacht. Die Abbildung gibt die Konkordanzkoeffizienten differenziert für die Hauptbaumarten seit 1992 wieder. Sie zeigen eine sehr hohe Homogenität der Anspracheergebnisse in fast allen Inventurjahren.

Die Übereinstimmung der Anspracheergebnisse kann, von wenigen Ausnahmen abgesehen, als außerordentlich hoch bewertet werden. Insbesondere die seit Anfang der 90er-Jahre in ihrer Kronenverlichtung deutlich stärker geschädigten Laubbaumarten Buche und Eiche wurden fast durchgängig mit hohen Konkordanzkoeffizienten von z. T. über 0,9 sehr einheitlich bewertet.

Größere Abweichungen in Einzeljahren lassen sich in fast allen Fällen auf Besonderheiten der Probestämme des Schulungsparcours zurückführen. So wurden bei der Eiche 1995 z. B. Fraßschäden unterschiedlich bewertet. In einzelnen Jahren treten auch bei Kiefer und Fichte Unterschiede auf. Auch diese erklären sich durch besondere Umstände (z. B. Sturmschäden oder schwierige Einsehbarkeit einzelner Baumkronen).

Die Auswertung belegt, dass sich die im Laufe der Jahre durchgeführten Maßnahmen zur Qualitätssicherung (Schulungsverfahren, Verfahrensanweisungen, Referenz-Fotoserien) bewährt haben und dass das Verfahren zur Ansprache der Kronenverlichtung in Deutschland zu vergleichbaren Ergebnissen führt.

Die Erfahrungen bei den Länderinventuren bestätigen dies. Stichprobenartige Kontrollen zeigen, dass die Abweichungen zwischen den verschiedenen Inventurtrupps im Allgemeinen gering bleiben. Unplausibel hohe Abweichungen beschränken sich i. d. R. auf Sondersituationen, wenn die Bestände schlecht einzusehen sind (z. B. dicht stehender Niederwald) oder bei schwierig einzuwertenden Einzelbäumen (z. B. Ersatzkronenausbildung).

Anlage 3

**Ergebnisse der nationalen Erhebungen mit im Vergleich zum europaweiten 16 x 16 km-Netz
z. T. deutlich höheren Stichprobenumfängen**

Teilnehmerstaaten	Waldfläche (1 000 ha)	Anzahl Probe- punkte	Anzahl Probe- bäume	Nadel-/Blattverlust aller Baumarten, nationale Erhebungen		
				0	1	2 bis 4
Albanien	1 028	216	6 480	51,6	38,3	10,1
Belgien	660	139	3 312	40,6	40,4	19,0
Bulgarien	3 314	120	4 418	20,3	33,4	46,3
Dänemark	445	52	1 248	53,9	35,1	11,0
Deutschland	10 264	444	13 722	35,3	41,7	23,0
Estland	2 059	90	2 160	54,7	37,9	7,4
Finnland	20 032	453	8 576	57,7	30,7	11,6
Frankreich	14 591	516	10 317	46,3	35,4	18,3
Griechenland	2 512	77	1 816	43,7	38,1	18,2
Irland	436	21	420	53,3	32,1	14,6
Italien	8 675	255	7 128	21,7	43,9	34,4
Jugoslawien	2 858	120	2 837	72,3	19,3	8,4
Kroatien	2 061	83	1 991	39,5	37,1	23,4
Lettland	2 887	316	7 500	17,4	61,9	20,7
Liechtenstein	8		keine Erhebung in 2000			
Litauen	1 888	287	6 636	16,9	69,2	13,9
Luxemburg	89	51	1 200	43,6	33,0	23,4
Moldawien	318	587	14 006	34,0	36,9	29,1
Niederlande	329	11	225	60,0	18,2	21,8
Norwegen	12 000	936	8 551	35,8	39,9	24,3
Österreich	3 878	260	7 118	63,2	27,9	8,9
Polen	8 756	1 180	23 600	10,4	57,6	32,0
Portugal	3 234	143	4 290	46,4	43,3	10,3
Rumänien	6 244	4 355	102 763	64,8	20,9	14,3
Russische Föderation	6 075		keine Erhebung in 2000			
Schweden	23 400	3 813	16 677	56,3	30,0	13,7
Schweiz	1 186	49	1 084	23,3	47,3	29,4
Slowakei	1 961	111	4 344	24,8	51,7	23,5
Slowenien	1 099	41	984	33,5	41,7	24,8
Spanien	11 792	620	14 880	33,3	52,9	13,8
Tschechische Republik	2 630	291	14 432	10,4	37,9	51,7
Türkei	20 199		keine Erhebung in 2000			
Ukraine	9 316	76	1 825	2,6	36,7	60,7
Ungarn	1 773	1 137	26 650	38,8	40,4	20,8
Vereinigtes Königreich	2 156	352	8 448	32,5	45,9	21,6
Weißrussland	6 001	1 437	34 075	14,8	61,2	24,0
Gesamt	196 154	18 639	363 713			

Anlage 4

Protokolle des „Genfer Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigungen“

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Genfer Protokoll über die langfristige Finanzierung des kooperativen Programmes zur Überwachung und Bewertung der weiträumigen grenzüberschreitenden Luftverschmutzungen in Europa (sog. EMEP, 1984) 2. Helsinki-Protokoll zur Reduzierung von Schwefelemissionen („Erstes Schwefelprotokoll“, 1985) 3. Sofia-Protokoll zur Reduzierung der Stickstoffoxidemissionen („Stickstoffprotokoll“, 1988) 4. Genfer Protokoll zur Reduzierung der Emissionen flüchtiger organischer Substanzen („VOC-Protokoll“, 1991) | <ol style="list-style-type: none"> 5. Oslo-Protokoll über die weitere Reduzierung der Schwefelemissionen („Zweites Schwefelprotokoll“, 1994) 6. Arhus-Protokoll zu Schwermetallen („Schwermetallprotokoll“, 1998) 7. Arhus-Protokoll zu persistenten organischen Schadstoffen („POP-Protokoll“, 1998) 8. Göteborg-Protokoll zur Verminderung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon („Multi-komponentenprotokoll“, 1999) |
|---|--|

Anlage 5

**Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“:
Förderung von Maßnahmen, die dem Ziel eines naturnahen Waldumbaus
unmittelbar zugute kommen
(Gesamtförderung durch Bund und Länder)**

Jahr	Umstellung auf naturnahe Waldwirtschaft*		Jungbestandspflege		Gesamt [Mio. Euro]
	[ha]	[Mio. Euro]	[ha]	[Mio. Euro]	
1991	860	3,1	12 431	2,9	5,9
1992	904	3,1	20 766	5,2	8,3
1993	1 316	5,1	21 497	5,2	10,3
1994	2 294	8,0	24 919	6,2	14,1
1995	3 106	12,4	23 117	5,8	18,1
Summe 1991 bis 1995	8 480	31,7	102 730	25,1	56,8
1996	3 979	13,8	24 759	6,3	20,1
1997	3 263	11,9	24 731	6,3	18,3
1998	3 974	14,6	23 882	6,4	21,0
1999	4 730	15,9	25 855	6,6	22,5
2000	4 569	13,2	21 057	4,4	17,6
Summe 1996 bis 2000	20 515	69,4	120 284	30,1	99,5
Summe 1991 bis 2000	28 995	101,0	223 014	55,3	156,3

* Maßnahme hieß bis 1995: „Umbau in standortgerechten Hochwald“.

Anlage 6

**Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen aufgrund Neuartiger Waldschäden im Rahmen der
Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“
(Gesamtförderung durch Bund und Länder)**

Jahr	Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung		Wiederaufforstung		Vor- und Unterbau		Gesamt [Mio. Euro]
	[ha]	[Mio. Euro]	[ha]	[Mio. Euro]	[ha]	[Mio. Euro]	
1984 bis 1990	410 000	69,0		49,1		55,5	173,6
1991	69 094	9,97	10 376	25,97	2 675	6,03	42,0
1992	71 839	10,48	6 481	12,12	2 222	5,78	28,4
1993	79 081	11,45	2 714	7,36	4 375	7,62	26,4
1994	73 453	11,45	1 320	4,14	2 896	6,49	22,1
1995	62 933	10,58	1 636	5,11	4 129	7,06	22,8
1991 bis 1995	356 400	53,9	22 527	54,7	16 297	33,0	141,6
1996	54 522	8,23	945	3,12	3 122	5,06	16,4
1997	40 331	6,70	852	2,45	1 762	5,06	14,2
1998	47 355	9,15	1 409	1,53	1 553	3,43	14,1
1999	49 285	8,79	808	2,91	3 170	3,68	15,4
2000	82 844	10,50	1 225	1,78	9 366	3,06	15,3
1996 bis 2000	274 337	43,4	5 239	11,8	18 973	20,3	75,5
1984 bis 2000	1 040 737	166,3	27 766	115,6	35 270	108,8	390,7

Anlage 7

**Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung zur Stabilisierung
von Waldökosystemen gegen atomogene Säureeinträge**

Jahr	Privat- und Körperschaftswald			Staatswald	Gesamt ^d
	im Rahmen der GAK	außerhalb der GAK	Gesamt		
[in 1 000 ha]					
1984 bis 1990	410	–	410 ^a	846 ^b	1 256
1991	69	–	69	139	208 ^c
1992	72	–	72	100	172 ^c
1993	79	–	79	68	147 ^c
1994	73	–	73	79	152
1995	63	9	72	79	151
1996	55	22		79	155
1997	40	31	71	70	141
1998	47	27	74	63	137
1999	49	10	59	65	124
2000	83	16	99	33	132
Summe 1984 bis 2000	1 041	114	1 155	1 621	2 775

^a Nur Privat- und Kommunalwald der alten Länder; ab 1991: in alten und neuen Ländern.

^b Staatswald in den alten Ländern sowie Staatswald, Privat- und Kommunalwald in der DDR.

^c Ohne Treuhandwald.

^d Einschließlich Wiederholungskalkungen.

