

Bundesrat

Drucksache 875/93

03. 12. 93

75 Seiten

Unterrichtung
durch die Bundesregierung

Waldzustandsbericht der Bundesregierung 1993

Jochen Borchert
Bundesminister für Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten

Bonn, den 1. Dezember 1993

An den
Präsidenten des Bundesrates
Herrn Bürgermeister
Klaus Wedemeier

Sehr geehrter Herr Präsident,

auf Beschluß des Deutschen Bundestages in seiner 176. Sitzung am 23. September 1993 habe ich den Waldzustandsbericht der Bundesregierung 1993 dem Deutschen Bundestag in Form einer Unterrichtung durch die Bundesregierung zugeleitet.

Nachdem der Bericht aufgrund von Erhebungen der Länder erarbeitet wird, erlaube ich mir, ihn auch dem Bundesrat als verfassungsmäßiger Vertretung der Länder zuzustellen.

Mit freundlichen Grüßen

Jochen Borchert

Waldzustandsbericht der Bundesregierung 1993

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	5
1.0 Der Waldzustand in der Bundesrepublik Deutschland	7
1.1 Der Kronenzustand als Merkmal der neuartigen Waldschäden ..	7
1.2 Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1993	8
1.21 Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland	9
1.22 Waldschäden in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland .	12
1.23 Waldschäden bei den Hauptbaumarten	19
1.24 Waldschäden und Altersgruppen	23
1.25 Waldschäden in den Hauptschadgebieten	24
1.26 Vergilbung	24
1.27 Schädlingsbefall	24
1.28 Ersatz von Stichprobenbäumen	24
1.3 Einflüsse auf den Kronenzustand 1993	25
1.31 Witterung	25
1.32 Forstschutzsituation	26
1.4 Höhe und Entwicklung der Schadstoffdeposition in Waldöko- systemen	29

	Seite
2.0 Der Waldzustand in Europa	32
2.1 Waldschadenserhebung der UN/ECE	32
2.2 Waldschadenserhebung der EG	34
2.3 Schwerpunkte der zukünftigen internationalen Zusammenarbeit	37
3.0 Ursachen der neuartigen Waldschäden — Ergebnisse der Waldschadensforschung	38
3.1 Oberirdischer Wirkungspfad: Einwirkung von Schadgasen auf die Blattoorgane	38
3.2 Unterirdischer Wirkungspfad: Eintrag von Schadstoffen in den Waldboden	39
3.3 Zusammenfassende Bewertung der Forschungsergebnisse	40
4.0 Maßnahmen der Bundesregierung gegen die neuartigen Waldschäden	40
4.1 Luftreinhaltung	41
4.11 Nationale Maßnahmen	41
4.12 Internationale Zusammenarbeit	42
4.13 Ergebnisse der Luftreinhaltung	45
4.14 Schwerpunkte für künftige Maßnahmen zur Luftreinhaltung ...	48
4.2 Flankierende forstliche Maßnahmen	49
4.21 Stabile Waldbestände durch Beachtung waldbaulicher Grundsätze	49
4.22 Schutz der Waldböden	50
4.23 Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen	51
4.24 Steuerliche Erleichterungen	51
4.3 Waldökosystemforschung	52
5.0 Die Klimaänderung und ihre Auswirkungen auf den Wald — Eine neue Herausforderung für die Umweltpolitik	53
5.1 Stand der Erkenntnisse	53
5.2 Maßnahmen der Bundesregierung zum Klimaschutz	54
5.21 Nationale Maßnahmen	54
5.22 Internationale Maßnahmen	55
6.0 Waldzustand und Luftreinhaltung — ein Resümee	56
7.0 Anhang	59
7.1 Terrestrische Waldschadenserhebung — Aufgaben, Methoden und Stellenwert	60
7.2 Tabellen	65

Verzeichnis der im Text enthaltenen Übersichten, Grafiken und Karten**Übersicht**

1: Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland	9
2: Waldschäden in den Ländern und Ländergruppen 1993	12
3: Entwicklung der Waldschäden nach Ländergruppen und Schadstufen	13
4: Waldschäden nach Baumarten, Alter und Schadstufen 1993	22
5: Waldschadenserhebung 1993 — Schadstufenverteilung der ausgefallenen Einzelbäume und ihrer Ersatzbäume	25
6: Fraßschäden durch Schwammspinner, Eichenwickler und Frostspanner vorrangig an Eiche im Jahr 1993 — Ergebnis einer Sonderumfrage ..	28
7: Waldschäden in der UN/ECE 1992 (alle Baumarten)	33
8: Waldschäden in der UN/ECE 1992 — Zahl der Staaten mit Veränderungen zum Vorjahr	34
9: Ergebnisse der transnationalen EG-Waldschadenserhebung 1992	36
10: Entwicklung der Waldschäden für wichtige Baumarten in der EG von 1988 bis 1992	36
11: Entwicklung der SO ₂ -Emissionen (Gesamt) in der ECE von 1980 bis 1990	43
12: Entwicklung der NO _x -Emissionen (Gesamt) in der ECE von 1987 bis 1990	44
13: Entwicklung der Emissionen von Luftschadstoffen in der Bundesrepublik Deutschland und der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik	45
14: Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung zur Stabilisierung von Waldökosystemen gegen atmogene Säureeinträge	50
15: Die Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen aufgrund neuartiger Waldschäden im Privat- und Kommunalwald im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“	51

Karte

1: Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland 1993	10
2: Veränderungskarte der Waldschäden 1992 bis 1993	11
3: Ergebnisse der EG-Waldschadenserhebung 1992	35

Graphik

1: Entwicklung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland ..	9
2: Entwicklung der Waldschäden in den alten Ländern	13
3: Entwicklung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland — alle Baumarten —	13
4: Entwicklung der Waldschäden in den nordwestdeutschen Ländern ..	14
5: Entwicklung der Waldschäden in den ostdeutschen Ländern	16
6: Entwicklung der Waldschäden in den süddeutschen Ländern	18
7: Entwicklung der Waldschäden bei der Fichte	19
8: Entwicklung der Waldschäden bei der Kiefer	20

	Seite
9: Entwicklung der Waldschäden bei der Buche	20
10: Entwicklung der Waldschäden bei der Eiche	21
11: Gegenläufige Entwicklung der Waldschäden bei Nadel- und Laubbäumen	22
12: Entwicklung der Waldschäden bei den Altersgruppen (unter/über 60)	23
13: Entwicklung der Deposition von Sulfatschwefel in einem Fichtenbestand im Solling	30
14: Entwicklung der Stickstoffdeposition in einem Fichtenbestand im Solling	31
15: Entwicklung der Protonendeposition in einem Fichtenbestand im Solling	32
16: Entwicklung der Waldschäden für wichtige Baumarten in den EG von 1988 bis 1992	37
17: Rückgang der Emissionen aus Großfeuerungsanlagen in den alten Ländern von 1983 bis 1993	46
18: Entwicklung des Anteils von Pkw mit Dreiwegekatalysator an den Neuzulassungen von Pkw mit Ottomotor	47
19: Anteil bleifreien Benzins am Gesamtabatz von Ottokraftstoff im Jahresdurchschnitt 1992 in Westeuropa	47

Zusammenfassung

A. Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1993

Bei der Waldschadenserhebung werden die Kronen der Waldbäume als Spiegelbild für den Zustand des Waldes bewertet. 1993 wurde wie 1992 eine bundesweite Unterstichprobe durchgeführt.

1. Ein Viertel der Waldbäume weist in der Bundesrepublik Deutschland deutliche Schäden auf:

- 24 % der Bäume sind deutlich geschädigt (Schadstufen 2–4, d. h. über 25 % Nadel-/Blattverlust),
- 40 % sind schwach geschädigt („Warnstufe“ bzw. Schadstufe 1, d. h. 11–25 % Nadel-/Blattverlust),
- 36 % sind ohne erkennbare Schadmerkmale (Schadstufe 0, d. h. bis zu 10 % Nadel-/Blattverlust).

2. Regional ist das Schadniveau sehr unterschiedlich:

- Vergleichsweise gering ist der Anteil der deutlich geschädigten Bäume in den nordwestdeutschen Ländern mit im Durchschnitt 16 %. Hoch ist er in den süddeutschen Ländern mit im Durchschnitt 25 %. Am stärksten sind die Wälder in den ostdeutschen Ländern geschädigt; hier beträgt der Anteil der deutlichen Schäden im Durchschnitt 29 %.
- Besonders gering ist der Anteil der deutlichen Schäden mit 13 bzw. 14 % in Bremen, Hamburg und Rheinland-Pfalz. Besonders hoch ist er mit 50 % in Thüringen.

3. Der Vergleich mit dem Vorjahr ergibt insgesamt eine Abnahme der deutlichen Schäden um 3 %-Punkte. Während sie in den nordwestdeutschen Ländern um 2 %-Punkte anstiegen, nahmen sie in den ostdeutschen Ländern um 5 %-Punkte und in den süddeutschen Ländern um 2 %-Punkte ab.

4. Die vorhandenen Zeitreihen zeigen bei den deutlichen Schäden:

- in den nordwestdeutschen Ländern mit 16 % den höchsten Stand seit Beginn der Zeitreihe (1984),
- in den ostdeutschen Ländern mit 29 % einen Rückgang seit 1991 (38 %; Beginn der Zeitreihe 1990 mit 36 %) und
- in den süddeutschen Ländern mit 25 % einen Rückgang unter das im Vorjahr erreichte höchste Schadniveau (27 %) seit 1984.

5. Bei den Baumarten sind 1993 deutlich geschädigt:

- jede fünfte **Fichte** (22 %),

- jede fünfte **Kiefer** (20 %),
- jede dritte **Buche** (32 %) und
- fast jede zweite **Eiche** (45 %).

Erholt haben sich die Fichten um 2 %-Punkte, die Kiefern um 4 %-Punkte und die Buchen um 6 %-Punkte. Bei den Eichen stieg der Anteil deutlich geschädigter Bäume — unter Mitwirkung von Insektenfraß — dagegen um 13 %-Punkte an. Auch hierbei ergaben sich starke regionale Unterschiede.

Bei den **Nadelbäumen** ist der Anteil deutlicher Schäden seit 1985 rückläufig und liegt nunmehr bei 21 %. Bei den **Laubbäumen** nehmen die deutlichen Schäden dagegen seit Beginn der Zeitreihe zu; einschließlich der mit 16 % vergleichsweise wenig geschädigten sonstigen Laubbäume liegen sie 1993 im Durchschnitt bei 30 %. Damit hat sich die **gegenläufige Entwicklung** der Schäden bei Nadel- und Laubbäumen auch 1993 **weiter fortgesetzt**.

6. Ältere Bäume (über 60jährig) weisen im Durchschnitt aller Baumarten **dreifach höhere Schäden auf als jüngere**. Die Entwicklung der deutlichen Schäden verläuft bei älteren und jüngeren Bäumen parallel zueinander.

B. Ursachen der neuartigen Waldschäden

Die **Ursachen der neuartigen Waldschäden sind vielschichtig. Luftschadstoffen kommt dabei eine maßgebliche Rolle** zu. Unterschiede in Niveau und Entwicklung der Schäden lassen sich jedoch nicht allein mit der jeweiligen Schadstoffbelastung erklären, denn sie unterliegen vielfältigen Einflüssen (z. B. durch Standort, Bestand und Bewirtschaftung). Einfache und für alle Wälder gleichermaßen gültige Erklärungen sind daher nicht möglich.

Die inzwischen für zahlreiche Waldbestände vorliegenden **Depositionsmessungen** zeigen:

- Die **Schwefeleinträge** und die sich daraus ergebenden Säureeinträge sind an nahezu allen Untersuchungsstandorten **erheblich zurückgegangen**. Dennoch erreichen die Schwefeleintragsraten immer noch Werte bis zu 60 kg/ha jährlich.
- Die **Stickstoffeinträge** in Form von Nitrat und Ammonium und die damit verbundenen Säureeinträge zeigen dagegen an der Mehrzahl der Untersuchungsstandorte eine **gleichbleibende bis leicht steigende Tendenz**. In vielen Beständen liegen die durchschnittlichen jährlichen Einträge bei 30 bis 40 kg Stickstoff je Hektar. Auf vielen Waldstandorten wurde bereits eine Stickstoffsättigung festgestellt, die verstärkte Stickstoffausträge aus den Waldökosystemen, z. T. in umweltbelastender Form, zur Folge hat.

Insgesamt werden weiterhin zuviel Schadstoffe in die Waldökosysteme eingetragen. Die Schwellenwerte der Verträglichkeit für Waldökosysteme (Critical Loads) bzw. die Pufferkapazität der Waldböden werden i. d. R. noch beträchtlich überschritten.

C. Einflüsse auf den Kronenzustand 1993

Neben den Dauerbelastungen durch Luftschadstoffe beeinflussen auch **andere** — sich u.U. kurzfristig ändernde — **Faktoren** den aktuellen Kronenzustand (z. B. Witterung, Blüten, Fruktifikation, Schaderreger). **1993 sind solche Faktoren regional in verschiedenem Ausmaß aufgetreten und haben sich außerdem je nach Baumart sehr unterschiedlich ausgewirkt:**

- **Witterung:** Für das bundesweite Ergebnis der Waldschadenserhebung 1993 läßt sich kein einheitlicher Trend der Witterungseinflüsse auf den Kronenzustand feststellen. Die reichlichen Niederschläge des Sommers 1993 haben sich offenbar nicht generell positiv ausgewirkt.
- **Blüten und Fruchtbildung** hatten in diesem Jahr im allgemeinen keinen erkennbaren Einfluß auf den Kronenzustand der Waldbäume. Bei der Buche allerdings, die in den letzten Jahren mehrfach stark fruktifiziert hatte, trug 1993 das Ausbleiben einer Fruchtbildung zur Verminderung der deutlichen Schäden bei.
- **Biotische Schaderreger:** Fraßschäden durch Insekten haben den Kronenzustand insbesondere bei Eiche beeinflußt. Schwammspinner, Frostspanner und Eichenwickler verursachten regional erhebliche Fraßschäden v.a. an älteren Eichen. Der aus Süddeutschland berichtete starke Befall v.a. der Fichte mit Borkenkäfern spiegelt sich dagegen im diesjährigen Ergebnis der Waldschadenserhebung insgesamt kaum wider.

D. Maßnahmen der Bundesregierung gegen die neuartigen Waldschäden

Die Bekämpfung der neuartigen Waldschäden ist ein **gemeinsames Anliegen von Bund und Ländern**. Die Bundesregierung hat bereits 1983 das **Aktionsprogramm „Rettet den Wald“** beschlossen. Wesentliche Elemente sind Maßnahmen zur Luftreinhaltung auf nationaler und internationaler Ebene, die Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“, die Förderung einer interdisziplinären Ursachen- und Wirkungsforschung durch Bund und Länder sowie die Überwachung der neuartigen Waldschäden im Rahmen jährlicher Waldschadenserhebungen.

Wesentliche Maßnahmen:

1. Die Bundesregierung hat die Voraussetzungen für eine entscheidende Verringerung der Schadstoffemissionen geschaffen; **wichtige Instrumente und**

Maßnahmen dabei sind z. B. das Bundes-Immissionsschutzgesetz, die Großfeuerungsanlagen-Verordnung, die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, die Kleinf Feuerungsanlagen-Verordnung, die Förderung schadstoffarmer Kfz, die Einführung des bleifreien Benzins sowie einschlägige Verordnungen zur Verringerung der VOC-Emissionen sowie das Klimaschutzprogramm der Bundesregierung.

- Besonders erfolgreich sind die Maßnahmen zur Verringerung der SO₂-Emissionen auf nationaler wie auf internationaler Ebene. Dennoch sind im Hinblick auf die Erhaltung der Waldökosysteme weitere Maßnahmen wichtig: Auch die verringerten Schwefeleintragsraten übersteigen die Critical Loads für Waldökosysteme noch beträchtlich.
 - Auch bei der Verringerung der NO_x-Emissionen sind Erfolge auf nationaler Ebene erkennbar; inzwischen zeichnet sich auch beim Hauptemittenten, dem Verkehr, eine Trendwende ab. Unbefriedigend ist jedoch v.a. die Entwicklung im internationalen Bereich. National wie international sind daher weitere Anstrengungen zur Verminderung der NO_x-Emissionen bzw. der Stickstoffeinträge in die Ökosysteme erforderlich.
 - Ebenso sind die landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen zurückgegangen. Auch hier sind jedoch weitere Maßnahmen erforderlich.
2. Zusätzlich zu den Maßnahmen der Luftreinhaltung unterstützen Bund und Länder betroffene Waldbesitzer bei **flankierenden forstlichen Maßnahmen** mit dem Ziel, die Widerstandsfähigkeit der Waldökosysteme zu erhalten bzw. zu verbessern und somit den Schadensverlauf zu mildern. Bund und Länder haben im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe dafür von 1984 bis 1992 insgesamt rund **477 Mio. DM** bereitgestellt.
 3. Im Rahmen der **Waldschadens- und Waldökosystemforschung** haben Bund, Länder und andere Forschungsträger seit 1982 über 800 Vorhaben mit insgesamt rund **365 Mio. DM** gefördert.

E. Wertung

Die **Waldökosysteme** sind aufgrund ihrer Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen als Teil der menschlichen Lebensgrundlagen unverzichtbar; sie sind **in der Bundesrepublik Deutschland auch weiterhin gefährdet**. Die neuartigen Waldschäden werden auch in den europäischen Nachbarländern sowie in Nordamerika beobachtet.

1993 weist ein Viertel der Waldbäume in der Bundesrepublik Deutschland deutliche Kronenschäden auf — jeder dritte Laubbaum und jeder fünfte Nadelbaum zeigt Nadel- bzw. Blattverluste über 25 %! Deshalb ist aus der festgestellten Minderung der deutlichen Schäden um 3 %-Punkte gegenüber 1992 nur eine sehr begrenzte Verbesserung des Waldzustandes abzuleiten. Hinzu kommt, daß die Ergebnisse in einigen Ländern (z. B. in Thüringen mit 50 % deutlichen

Schäden) und für bestimmte Baumarten (z. B. Eiche auf Bundesebene mit 45 % deutlichen Schäden) besorgniserregend sind.

Aus Sicht der Waldschadens- bzw. Waldökosystemforschung gibt es für den Wald keine Entwarnung. Die direkten und indirekten Einflüsse von Luftschadstoffen — auch als prädisponierende Faktoren für Insektenkalamitäten und für besonders starke Wirkungen von Witterungsextremen — spielen bei den neuartigen Waldschäden eine Schlüsselrolle. Luftschadstoffe wirken seit vielen Jahren auf die Waldökosysteme ein und reichern sich im Boden an. Ihre Schädigung (z. B. Bodenversauerung) bleibt daher auch bei einer Verringerung der Depositionen noch über längere Zeit erhalten.

Die bisher auf nationaler Ebene durchgeführten Maßnahmen zur Luftreinhaltung zeigen inzwischen erkennbare Erfolge. Sie werden zu weiteren Verringerungen der Schadstoffemissionen führen. Dies reicht aber insgesamt noch nicht aus. Weiterhin werden zuviel Schadstoffe in die Waldökosysteme, auch aus grenzüberschreitenden Schadstoffströmen, eingetragen. Deshalb müssen **die Anstrengungen der Luftreinhaltungspolitik konsequent fortgesetzt werden.**

Der Schutz unserer Wälder ist eine Aufgabe, bei der auch jeder einzelne mithelfen kann und sich noch stärker als bisher engagieren muß (z. B. durch Energiesparen in Haushalten und Verkehr)!

F. Künftige Handlungsschwerpunkte der Bundesregierung gegen die neuartigen Waldschäden

Die Bundesregierung wird ihre Bemühungen zur Verringerung der neuartigen Waldschäden bzw. zur Erhaltung der Wälder fortsetzen:

1. Maßnahmen zur Luftreinhaltung haben für die Verringerung der neuartigen Waldschäden auch weiterhin Vorrang. Sie werden im nationalen und im internationalen Rahmen konsequent fortgesetzt:

a) Die **Schwerpunkte** für künftige Maßnahmen zur Luftreinhaltung auf **nationaler Ebene** sind die weitere Verringerung

- der Schadstoffemissionen aus Energieerzeugungs- und Industrieanlagen in den neuen Ländern,
- der Stickstoffoxid- und anderer Emissionen beim Straßenverkehr sowie
- der Stickstoffemissionen aus landwirtschaftlichen Quellen.

b) Auf **internationaler Ebene** wird die Bundesrepublik Deutschland ihre bisherige Rolle als treibende Kraft und Vorreiter beim internationalen Umweltschutz weiterhin beibehalten. Dazu gehören u. a.:

- Die Umsetzung der bei der Konferenz „Umwelt und Entwicklung“ der Vereinten Nationen (UNCED 1992) gefaßten Beschlüsse. Die Bundesregierung strebt den Abschluß einer globalen Waldkonvention an und trägt als weltweit größter Mittelgeber bei bilateralen Maßnahmen wesentlich zum Schutz des Tropenwaldes bei.
- Bilaterale Umweltabkommen v.a. mit osteuropäischen Staaten, die insbesondere auf eine Verringerung der grenzüberschreitenden Schadstoffemissionen zielen.

In diesem Zusammenhang steht auch das beispielhafte nationale Wirken der Bundesregierung beim Schutz der natürlichen Umwelt.

Darüber hinaus tragen die im Rahmen der Klimaschutzpolitik der Bundesregierung ergriffenen Maßnahmen zur Verminderung der energiebedingten CO₂-Emissionen auch zur Reduzierung der die Wälder belastenden Luftschadstoffe bei.

2. Die **Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen** zur Stabilisierung der Waldökosysteme gegen die neuartigen Waldschäden wird fortgesetzt.
3. Die **Waldökosystemforschung** wird weiterhin gefördert.

1.0 Der Waldzustand in der Bundesrepublik Deutschland

Im folgenden werden die Ergebnisse der diesjährigen Waldschadenserhebung vorgestellt. Diese wird von den Ländern zeitgleich und nach einem einheitlichen Verfahren durchgeführt; es ist in Anhang 7.1 beschrieben. Die Länder werten ihre Ergebnisse auf Landesebene aus und erstellen auf dieser Grundlage eigene Waldzustandsberichte.

Der Waldzustandsbericht der Bundesregierung faßt die Ergebnisse der Waldschadenserhebungen der Länder zusammen. Er soll auf Bundesebene einen Überblick über das Ausmaß und die Entwicklung der

neuartigen Waldschäden geben und auf dieser Grundlage zur Bewertung der Situation in den Waldökosystemen unter den vielfältigen und komplexen Einflüssen der Umwelt beitragen.

1.1 Der Kronenzustand als Merkmal der neuartigen Waldschäden

Die Begutachtung der Baumkrone während der Vegetationszeit ermöglicht einen Rückschluß darauf, ob der Baum vital oder in seiner Gesundheit beeinträchtigt

tigt ist. Der Kronenzustand repräsentiert den Gesundheitszustand des Baumes. Ausbildung und Zustand der Krone eines Baumes werden allerdings von vielen Faktoren beeinflusst. Dazu zählen innere (z. B. genetische Veranlagung) und äußere Einflüsse (z. B. Wind, Insektenfraß, Immissionseinflüsse, waldbauliche Behandlung, Wassermangel).

Die Waldschadenserhebung zeigt somit das sich in Form eines schlechten Kronenzustandes äußernde „Fieber des Patienten Wald“ an. Sie kann aber — ebenso wenig wie ein Fieberthermometer — Auskunft über die Ursachen geben, auch wenn die Waldschadensforschung nachgewiesen hat, daß Luftschadstoffen dabei eine maßgebliche Rolle zukommt. Aufgrund der Komplexität und Vielfältigkeit der Waldökosysteme und der auf sie einwirkenden Umwelteinflüsse ist ein Rückschluß auf die Ursachen nur auf der Grundlage umfassender, wissenschaftlicher Untersuchungen möglich (vgl. Abschnitt 3.0).

Wenn jedoch der Zustand des Waldes als komplexes Ökosystem in seiner Gesamtheit erfaßt und beurteilt werden soll, so sind weitere Parameter wie Bodenzustand, Wasserversorgung, klimatische Einflüsse, enzymatische und genetische Anzeiger, daraus resultierendes Wurzelwachstum und Holzzuwachs u.s.w. zu berücksichtigen. Die Erfassung dieser Parameter ist jedoch sehr aufwendig und deren Auswertung schwierig, weshalb sie bisher nur im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen (z. B. auf Dauerbeobachtungsflächen) untersucht werden können.

Die auf der terrestrischen Kronenzustandserfassung beruhende Waldschadenserhebung hat folgende Vorteile:

1. Sie ist bisher das einzige Verfahren, das zuverlässige und vergleichbare Aussagen über den Waldzustand bei vertretbarem Aufwand zeitnah ermöglicht:
 - Das Verfahren der Waldschadenserhebung ist einfach und seine Prinzipien sind leicht vermittelbar; auch bei wechselndem Personal sind zuverlässige Ergebnisse erzielbar.
 - Es erfordert einen vergleichsweise geringen Zeitaufwand (aufwendige Analysen bzw. Laborarbeiten sind nicht erforderlich). Dies erlaubt eine annähernd zeitgleiche und kostengünstige Durchführung der bundesweiten Erhebung.

2. Die mit Hilfe der jährlichen Waldschadenserhebung gewonnenen Daten bilden inzwischen Zeitreihen, die bis in das Jahr 1984 zurückreichen.

Schleichende Veränderungen in den Waldökosystemen — wie z. B. die neuartigen Waldschäden oder die Auswirkungen der Klimaänderung — können nur mit Hilfe dieser langjährigen ununterbrochenen Zeitreihen erkannt und nachgewiesen werden.

Die kontinuierliche Fortführung der Waldschadenserhebung ist daher unverzichtbar. Die Agrarminister des Bundes und der Länder haben am 2. Oktober 1992 beschlossen, die Überwachung des Waldzustandes mit Hilfe der **Waldschadenserhebung jährlich fortzusetzen**

und sie **alle drei Jahre als bundesweite Vollstichprobe** durchzuführen. Darüber hinaus befaßt sich eine Arbeitsgruppe des Bundes und der Länder mit der Weiterentwicklung des Verfahrens der Waldschadenserhebung.

Bei der ausschließlich anhand des Kronenzustandes orientierten Beurteilung der neuartigen Waldschäden muß berücksichtigt werden, daß die neuartigen Waldschäden eine Komplexkrankheit sind, an deren Entstehung und Ausprägung vielfältige Faktoren in unterschiedlicher Intensität mitwirken.

1.2 Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1993

Dem diesjährigen Bericht liegen — wie in den Jahren von 1987 bis 1990 und 1992 — die Ergebnisse einer bundesweiten Unterstichprobe (vgl. Anhang 7.1) zugrunde. Die bundesweite Unterstichprobe erlaubt für die Mehrzahl der Länder keine Aussagen auf Wuchsgebietsebene sondern lediglich auf Landesebene. In den Jahren 1984 bis 1986 sowie 1991 wurden bundesweite Vollstichproben durchgeführt. 1993 wurde der Kronenzustand in folgenden Netzdichten erhoben:

- 4 × 4 km in Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt,
- 4 × 8 km in Sachsen,
- 8 × 8 km in Hessen,
- 12 × 8 km bzw. 8 × 4 km in Niedersachsen, im Harz: Vollstichprobe,
- 16 × 16 km (z. T. verdichtet) in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz;
- Vollstichproben auf Landesebene mit mindestens 4 × 4 km oder engeren Netzdichten erhoben die übrigen Länder.

Die folgenden Angaben über den Waldzustand in der Bundesrepublik Deutschland sind Mittelwerte, die auf der Basis der im Rahmen der Waldschadenserhebung 1993 gewonnenen Daten für verschiedene Bezugseinheiten (Länder, Ländergruppen und Bund) errechnet wurden. Sie stehen für den Waldzustand in diesen Bezugseinheiten, wobei die Schadstufenanteile — von wenigen Ausnahmen abgesehen — auf ganze Zahlen gerundet sind. Von Angaben für größere Bezugseinheiten auf das Schadniveau und seine Entwicklung in kleineren Einheiten (z. B. einzelne Wuchsgebiete wie Schwarzwald oder Bayerischer Wald) zu schließen, ist unzulässig. Die für die Bundesrepublik Deutschland errechneten Werte geben jedoch die notwendigen Hinweise für die Beurteilung der Gesamtsituation und für den internationalen Vergleich.

Aufgrund der Vereinigung der beiden deutschen Staaten (größere Waldfläche = veränderte Grundgesamtheit) sind die Bundesergebnisse ab 1991 mit den Ergebnissen für die Bundesrepublik Deutschland vor 1990 nicht vergleichbar; ein Vergleich der Zeitreihe vor 1990 ist daher nur innerhalb der Länder bzw. der

Ländergruppen zulässig. 1990 konnte aufgrund der schweren Sturmschäden kein Bundesergebnis errechnet werden.

Übersicht 1

1.21 Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland

Nach den Ergebnissen der Waldschadenserhebung 1993 (vgl. Übersicht 1 sowie Graphik 1) liegt der Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden bundesweit im Durchschnitt bei 24 % (Schadstufen 2—4) und der Anteil der Bäume mit schwachen Schäden bei 40 % (Schadstufe 1); ohne erkennbare Schadmerkmale sind 36 % (Schadstufe 0).

Im Vergleich zum Vorjahr hat auf Bundesebene damit der Anteil der deutlich geschädigten Bäume um 3 %-Punkte und der Anteil der schwach geschädigten Bäume um 1 %-Punkt abgenommen; der Anteil der Bäume ohne erkennbare Schadmerkmale erhöhte sich um 4 %-Punkte.

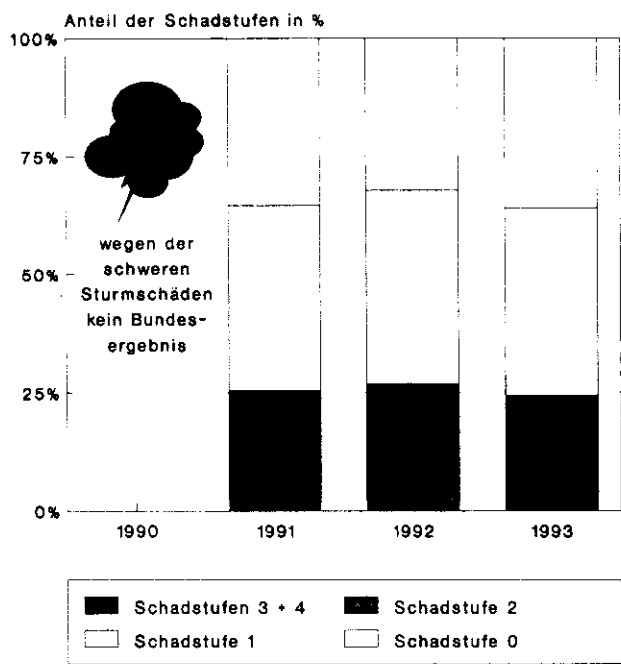
Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland

Bundesrepublik Deutschland ¹⁾	Anteil der Schadstufe [in %]				
	0 ohne Schadmerkmale	1 schwach geschädigt	2—4 deutlich geschädigt	2 mittelstark geschädigt	3+4 stark geschädigt und abgestorben
1991 *	36	39	25	23,0	2,2
1992	32	41	27	24,5	2,2
1993	36	40	24	22,0	2,4

* 1991 = Beginn einer neuen Zeitreihe

Graphik 1

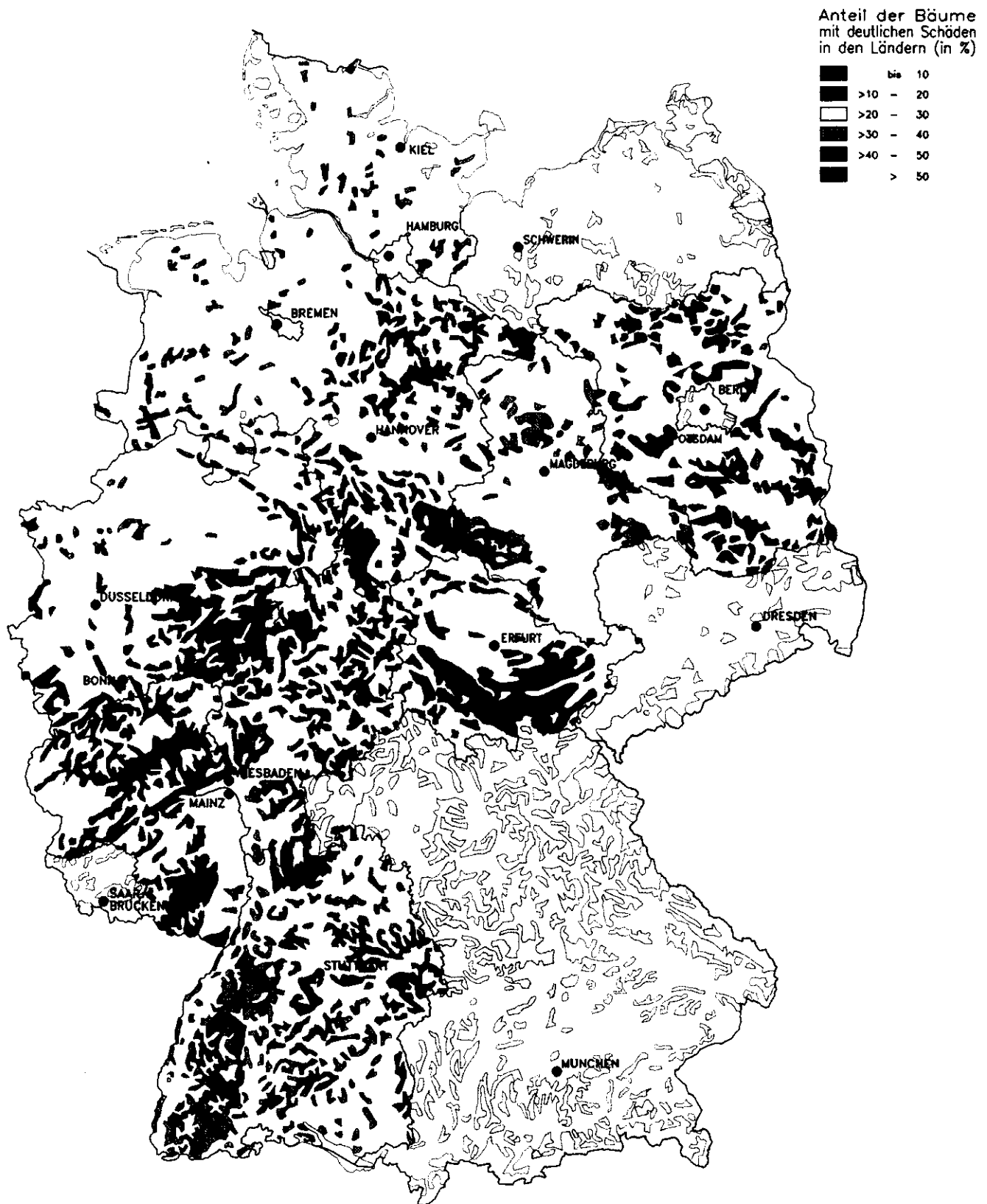
Entwicklung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland von 1991 bis 1993



Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland 1993

Alle Baumarten (Schadstufen 2 bis 4)

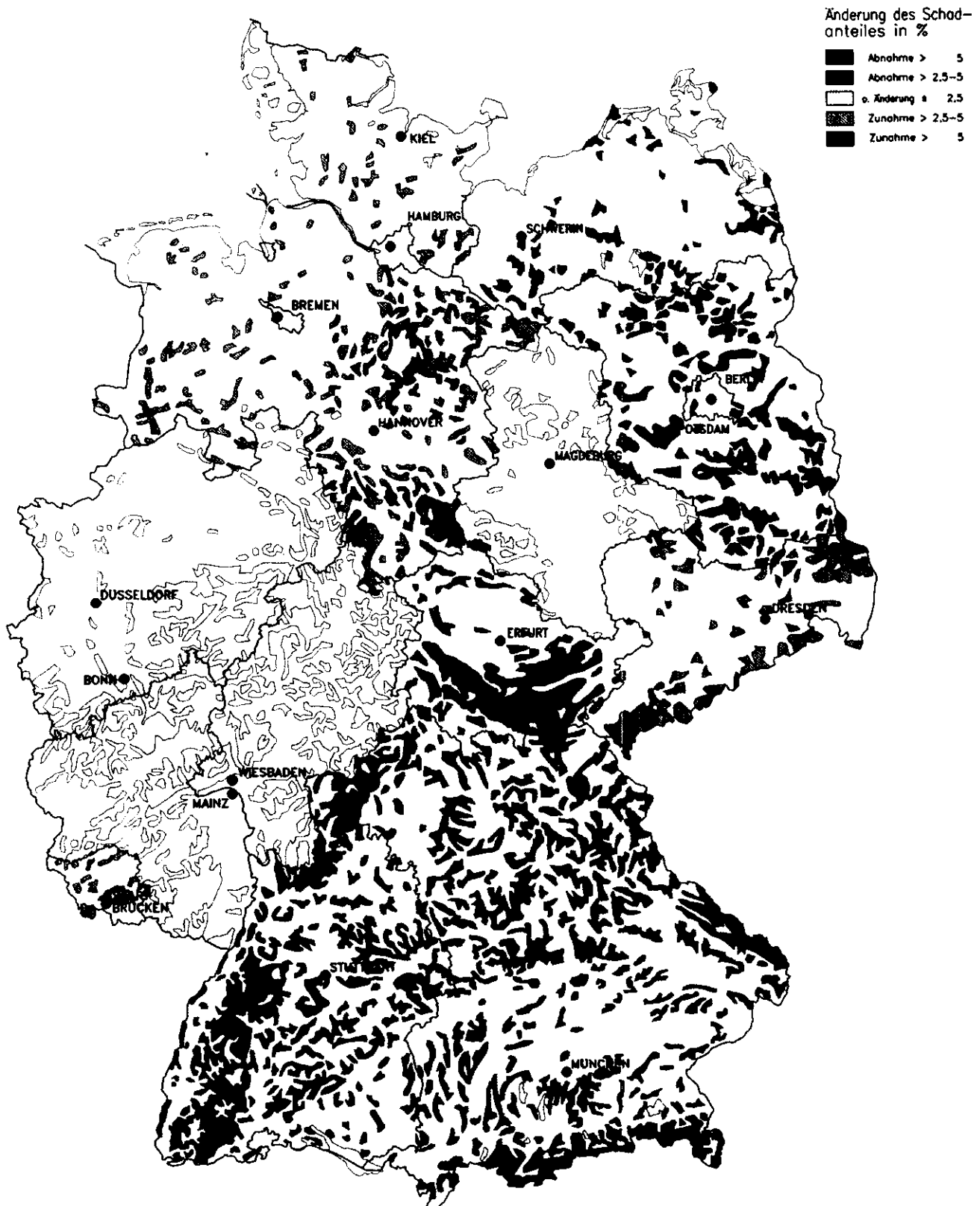
— Ergebnisse der Länder —



Quelle: BML, Waldschadenserhebung 1993; UMPLIS/Umweltbundesamt 1993

Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland 1993

Veränderungen in den Ländern im Vergleich zu 1992
Alle Baumarten (Schadstufen 2 bis 4)



Quelle: BML, Waldschadenserhebung 1993; UMPLIS/Umweltbundesamt 1993

1.22 Waldschäden in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland

Die Waldschadenssituation in den einzelnen Ländern und Ländergruppen ist in Übersicht 2 dargestellt (vgl. auch Karten 1 und 2). Die folgenden Aussagen über die Waldschäden und ihre Entwicklung beziehen sich auf den jeweiligen Mittelwert der betreffenden Ländergruppe; das Niveau und die Entwicklung der Schäden in einzelnen Ländern können hiervon erheblich abweichen (vgl. Anhang, Tabellen 1 a—c).

1993 zeigt sich für die alten Länder im Vergleich zum Vorjahr ein kaum verändert hohes Niveau der Schäden. Der Anteil der Bäume ohne sichtbare Schadmerkmale stieg um 4 %-Punkte auf 38 %, während der Anteil der Bäume mit schwachen Schäden um 3 %-Punkte auf 39 % und der Anteil der deutlichen Schäden um 1 %-Punkt auf 23 % zurückging. Damit liegen die Kronenschäden in den alten Ländern — nach einer Stagnation von 1986 bis 1989 — nur geringfügig unter dem höchsten Stand seit 1984 (vgl. Graphik 2).

Übersicht 2

Waldschäden in den Ländern und Ländergruppen 1993

Länder	Anteil an der Waldfläche in D [in %]	Anteil der Schadstufen [in %]		
		0	1	2—4
Bremen	<0,1	59	28	13
Hamburg	<0,1	55	31	14
Niedersachsen	10	49	35	16
Nordrhein-Westfalen	8	50	34	16
Schleswig-Holstein	1	57	27	16
Nordwestdeutsche Länder¹⁾	19	50	34	16
Berlin	0,14	31	44	25
Brandenburg	10	44	39	17
Mecklenburg-Vorpommern	5	13	57	30
Sachsen	5	41	35	24
Sachsen-Anhalt	4	29	38	33
Thüringen	5	17	33	50
Ostdeutsche Länder²⁾	29	31	40	29
Baden-Württemberg	13	23	46	31
Bayern	23	36	42	22
Hessen	8	29	36	35
Rheinland-Pfalz	7	46	40	14
Saarland	1	51	28	21
Süddeutsche Länder³⁾	52	33	42	25
Bundesrepublik Deutschland⁴⁾	100	36	40	24

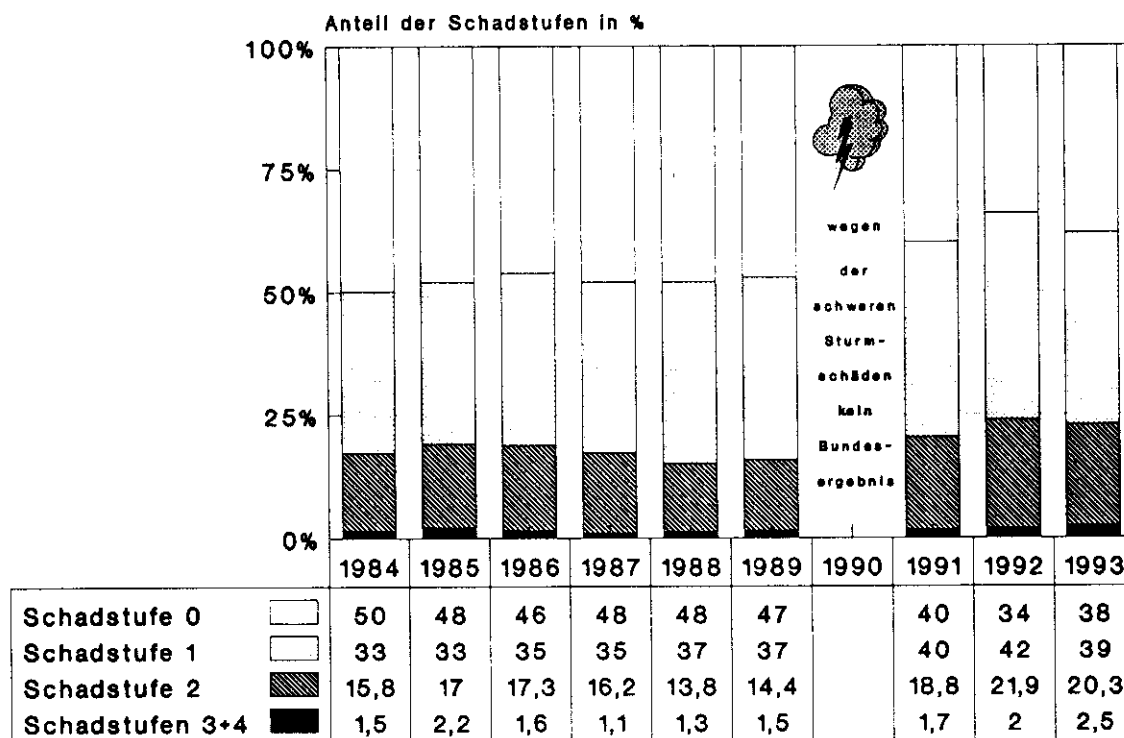
¹⁾ Gesamtfläche der nordwestdeutschen Länder: 9,8 Mio. ha, Waldfläche 2,1 Mio. ha.

²⁾ Gesamtfläche der ostdeutschen Länder: 10,9 Mio. ha, Waldfläche 3,1 Mio. ha.

³⁾ Gesamtfläche der süddeutschen Länder: 15,0 Mio. ha, Waldfläche 5,6 Mio. ha.

⁴⁾ Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland: 35,7 Mio. ha, Waldfläche 10,8 Mio. ha.

Entwicklung der Waldschäden in den alten Ländern



Ein Vergleich nach Ländergruppen ergibt folgende Entwicklungen (vgl. auch Graphik 3):

Übersicht 3

Entwicklung der Waldschäden nach Ländergruppen und Schadstufen

Jahr	Anteil der Schadstufen [in %]								
	Nordwest- deutsche ¹⁾ Länder			Ostdeutsche ²⁾ Länder			Süddeutsche ³⁾ Länder		
	0	1	2-4	0	1	2-4	0	1	2-4
1984	62	28	10	.	.	.	45	35	20
1985	64	26	10	.	.	.	43	35	22
1986	61	28	11	.	.	.	41	37	22
1987	60	27	13	.	.	.	43	38	19
1988	51	38	11	.	.	.	44	39	17
1989	58	30	12	.	.	.	43	40	17
1990	52	33	15	34	30	36	.	.	.
1991	57	32	11	27	35	38	34	42	24
1992	50	36	14	25	41	34	29	44	27
1993	50	34	16	31	40	29	33	42	25

. = kein Ergebnis für diese Ländergruppe verfügbar

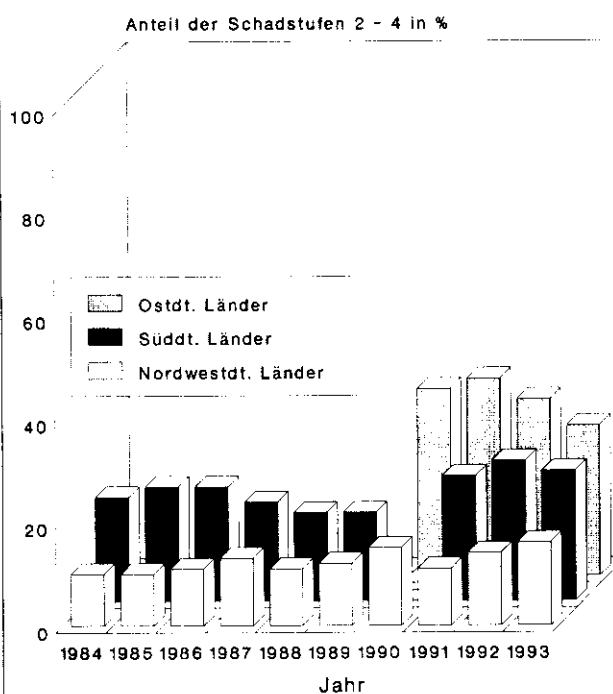
¹⁾ HB, HH, NI, NRW, SH;

²⁾ BB, BE, MV, SN, ST, TH;

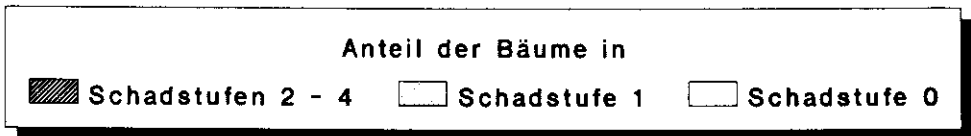
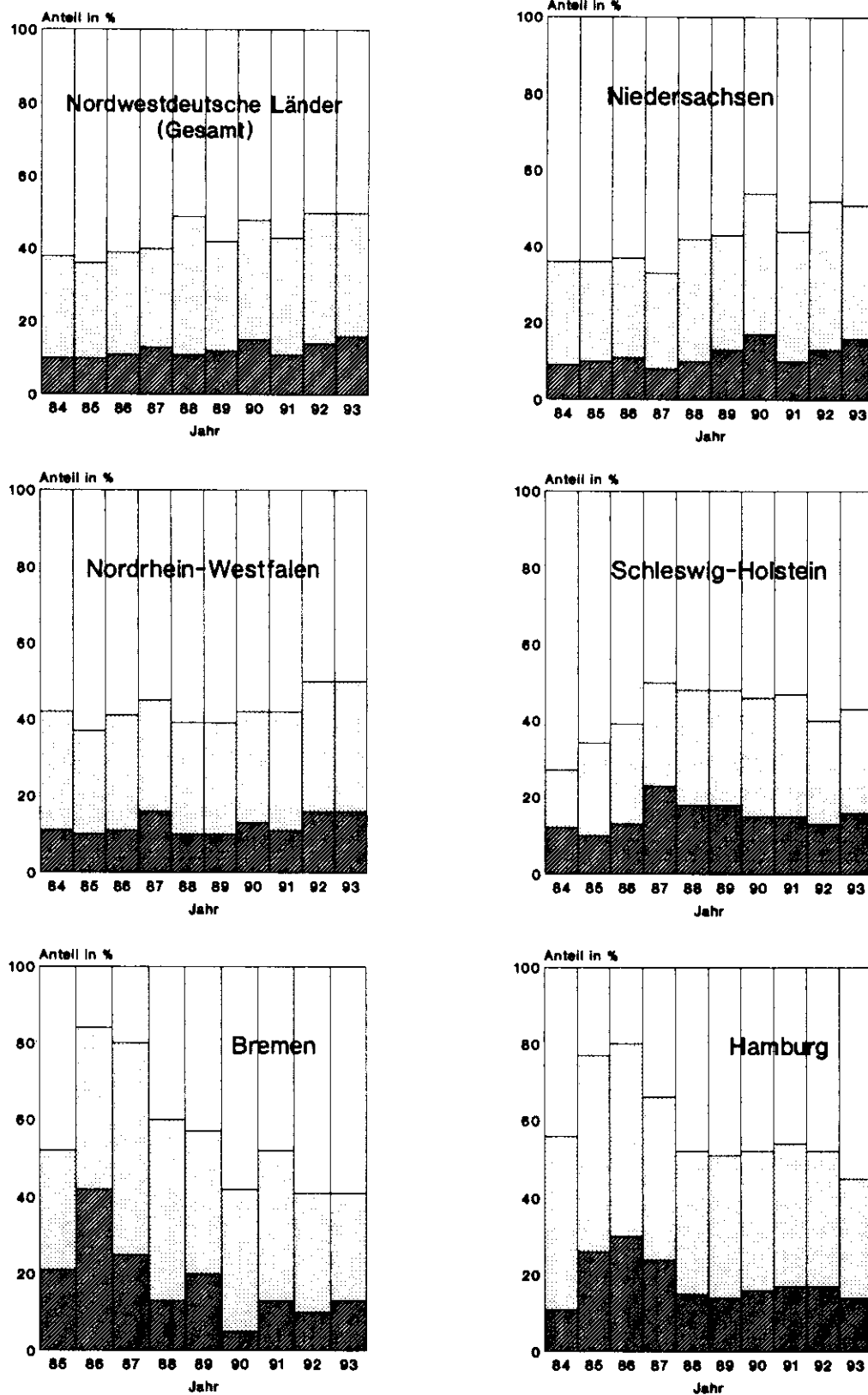
³⁾ BW, BY, HE, RP, SL.

Graphik 3

Entwicklung der Waldschäden in der Bundesre- publik Deutschland — alle Baumarten —



Entwicklung der Waldschäden in den nordwestdeutschen Ländern



Nordwestdeutsche Länder ¹⁾

In den nordwestdeutschen Ländern sind die Schäden — wie in den Vorjahren — am geringsten; von zehn Bäumen zeigen fünf keine Schäden (50 %), drei schwache Schäden (34 %) und zwei deutliche Schäden (16 %) (vgl. Übersichten 2 und 3).

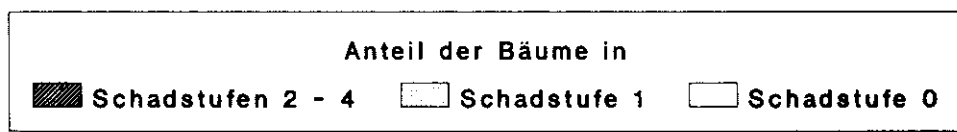
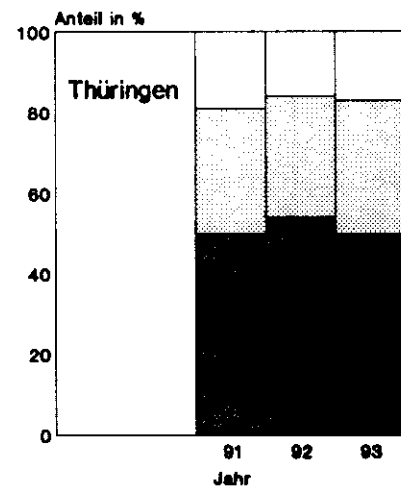
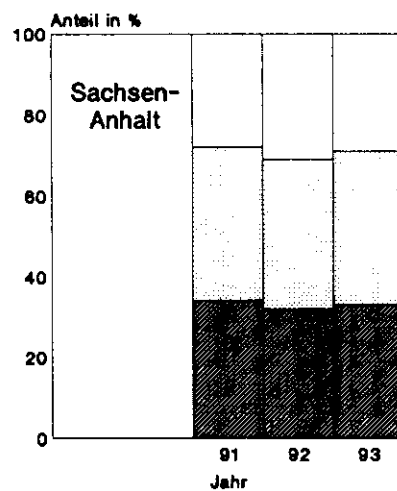
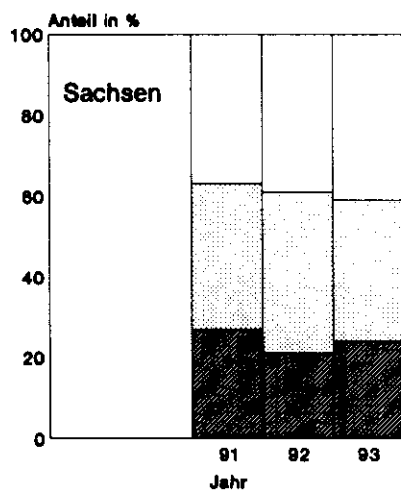
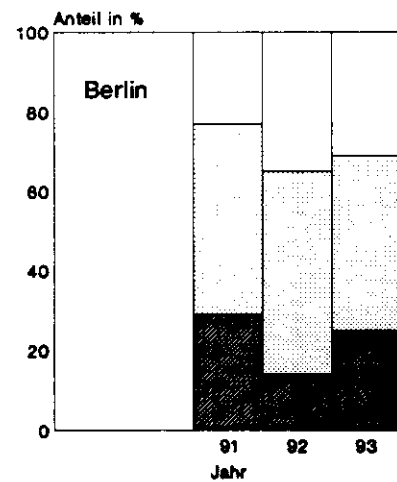
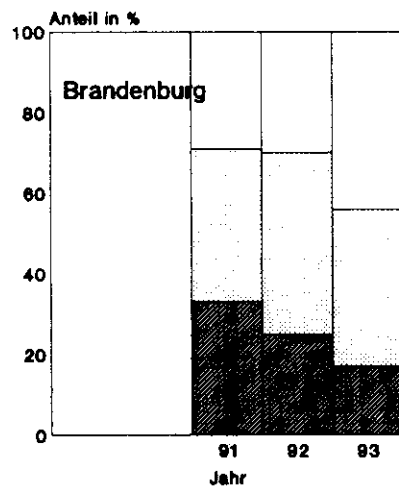
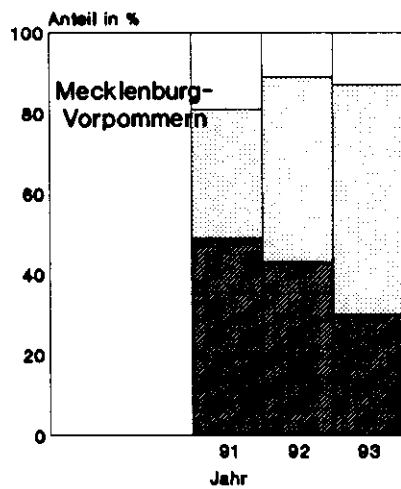
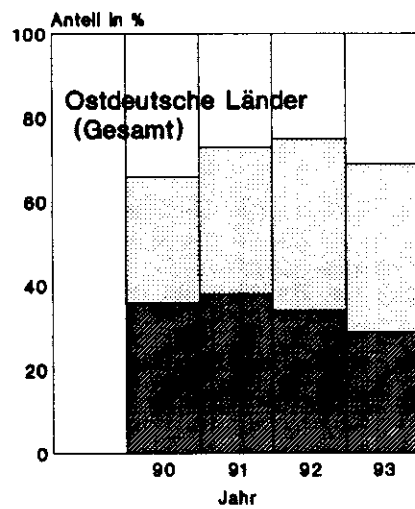
Seit Beginn der systematischen Waldschadenserhebung 1984 ergibt sich im Durchschnitt dieser Ländergruppe ein geringfügiger Anstieg der Kronenschäden (vgl. Graphik 4 sowie Übersicht 3):

- Bei den deutlichen Schäden zeigt sich von 1984 (10 %) bis 1991 (11 %) ein etwa gleichbleibendes Niveau, lediglich in den Jahren 1987 (13 %) und 1990 (15 %) liegen die Schäden darüber. Seit 1991 (11 %) steigen die deutlichen Schäden an und erreichen 1993 mit 16 % den bisher höchsten Wert.
- Der Anteil der schwach geschädigten Bäume stieg von 1984 (28 %) bis 1988 auf 38 % an, von 1989 bis 1991 bewegte er sich um 32 %, stieg 1992 auf 36 % und ging 1993 auf 34 % zurück.
- Der Anteil der Bäume ohne Schadmerkmale blieb von 1984 (62 %) bis 1987 (60 %) nahezu unverändert; in den Jahren 1988 (51 %) bis 1991 (57 %) gab es hier jedoch erhebliche Schwankungen. 1992 hat der Anteil der Bäume ohne Schadmerkmale mit 50 % den niedrigsten Stand seit 1984 erreicht, der auch 1993 erhalten blieb.

Im Vergleich zum Vorjahr haben die deutlichen Schäden im Durchschnitt dieser Länder wiederum leicht zugenommen. Der Anteil deutlicher Schäden blieb in Nordrhein-Westfalen gleich, in Hamburg ging er um 3 %-Punkte auf 14 % zurück; in Bremen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein stieg er jeweils um 3 %-Punkte auf 13 % bzw. 16 % (vgl. Tabelle 1 c im Anhang).

¹⁾ Zusammenfassung der Länder Schleswig-Holstein (SH), Niedersachsen (NI), Nordrhein-Westfalen (NRW), Bremen (HB) und Hamburg (HH); Gesamtfläche 9,8 Mio. ha, Waldfläche 2,1 Mio. ha.

**Entwicklung der
Waldschäden in den
ostdeutschen Ländern**



Ostdeutsche Länder ²⁾

Der Anteil der deutlichen Schäden ist auch 1993 in der Gruppe der ostdeutschen Länder am höchsten; er liegt bei 29 %. Der Anteil der schwach geschädigten Bäume beträgt 40 % und nur 31 % der Bäume sind ohne Schadmerkmale (vgl. Übersichten 2 und 3).

Die Zeitreihe für die Gruppe der ostdeutschen Länder beginnt 1990, wobei für das Jahr 1990 der Umfang der erhobenen Daten (16 x 16 km EG-Netz) nur Aussagen für diese Ländergruppe insgesamt (vgl. Graphik 5) gestattet.

Die Zeitreihe beginnt 1990 mit einem Anteil der deutlichen Schäden von 36 % auf sehr hohem Niveau. Die deutlichen Schäden stiegen bis 1991 auf 38 % an. Seitdem gingen sie auf nunmehr 29 % zurück.

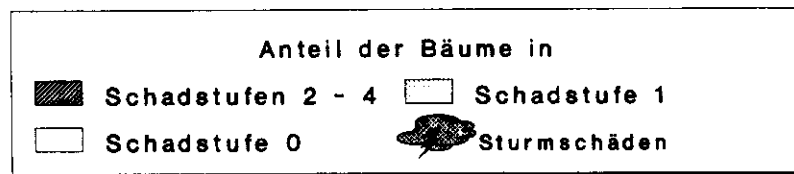
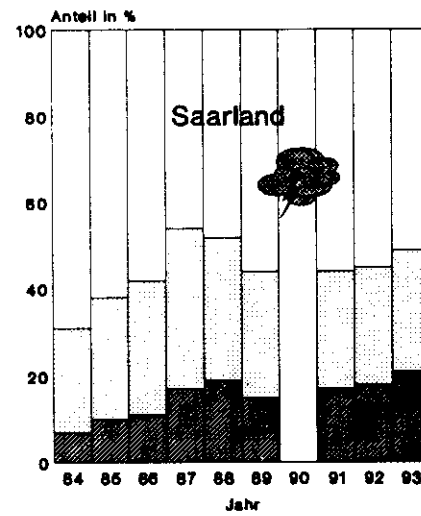
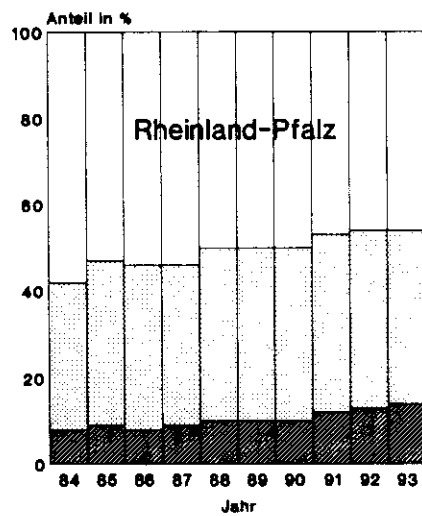
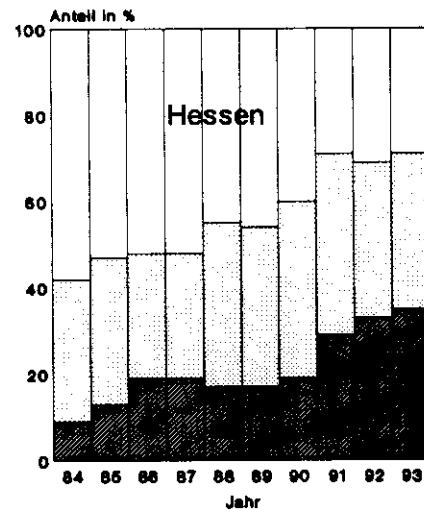
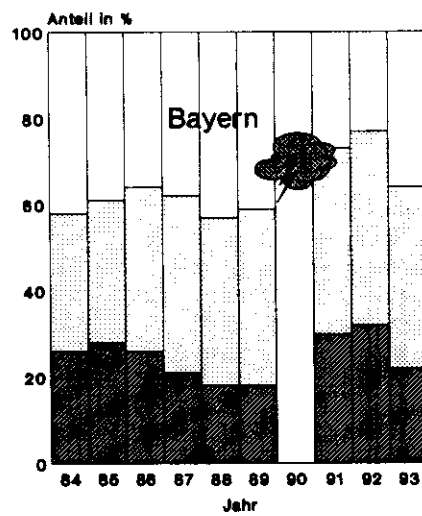
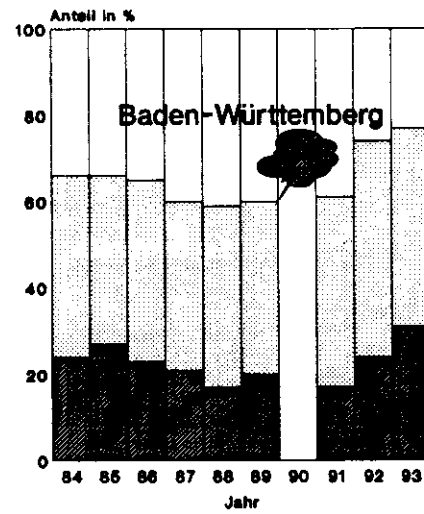
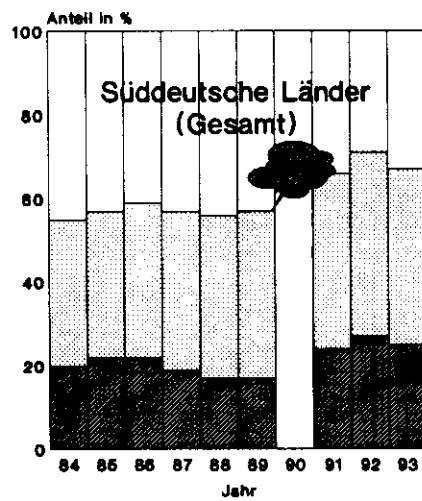
Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Kronenzustand in den neuen Ländern wie folgt verändert:

- Der Anteil der deutlich geschädigten Bäume sank um 5 %-Punkte auf 29 %.
- Der Anteil der schwach geschädigten ging um 1 %-Punkt auf 40 % zurück.
- Der Anteil der Bäume ohne Schadmerkmale stieg um 6 %-Punkte auf 31 %.

Innerhalb dieser Ländergruppe liegen die deutlichen Schäden in Berlin (25 %), Brandenburg (17 %) und Sachsen (24 %) unter dem Durchschnitt dieser Gruppe (29 %). Besorgniserregend ist dagegen die Situation weiterhin in Thüringen, wo 50 % der Bäume deutliche Schäden aufweisen (vgl. Graphik 5 sowie Tab. 1 c im Anhang).

²⁾ Zusammenfassung der Länder Brandenburg (BB), Berlin (BE), Mecklenburg-Vorpommern (MV), Sachsen (SN), Sachsen-Anhalt (ST) und Thüringen (TH); Gesamtfläche 10,9 Mio. ha, Waldfläche 3,1 Mio. ha.

Entwicklung der Waldschäden in den süddeutschen Ländern



Ebenfalls hoch ist der Anteil deutlicher Schäden in den süddeutschen Ländern; er liegt — mit erheblichen regionalen Unterschieden — bei 25 %. Der Anteil der Bäume mit schwachen Schäden beträgt 42 %; ohne Schadmerkmale sind 33 % (vgl. Übersichten 2 und 3). Innerhalb der Ländergruppe ist der Anteil der deutlichen Schäden jedoch unterschiedlich (vgl. Graphik 6); besonders hoch ist er in Hessen (35 %) und in Baden-Württemberg (31 %), vergleichsweise gering dagegen in Rheinland-Pfalz (14 %) (vgl. Anhang, Tabelle 1 c).

Die Zeitreihe dieser Ländergruppe, die 1990 eine sturmbedingte Unterbrechung erfuhr, zeigt folgende Entwicklung (vgl. Graphik 6 und Anhang, Tabelle 1):

- Der Anteil der deutlich geschädigten Bäume lag von 1984 (20 %) bis 1986 (22 %) auf hohem Niveau, ging aber bis 1989 (17 %) zurück; 1991 (24 %) stieg er erstmals seit 1985 wieder an, erreichte 1992 mit 27 % den höchsten Stand seit Beginn der Zeitreihe (1984) und liegt 1993 bei 25 %.
- Der Anteil der schwach geschädigten Bäume stieg von 1984 (35 %) bis 1992 (44 %) kontinuierlich an, ging 1993 jedoch um 2 %-Punkte zurück.
- Der Anteil der Bäume ohne Schadmerkmale blieb von 1984 (45 %) bis 1989 (43 %) nahezu gleich, ging bis 1992 auf 29 % zurück und stieg 1993 wieder an (33 %).

Im Vergleich zum Vorjahr hat sich die Situation im Durchschnitt dieser Länder damit verbessert:

- Der Anteil der deutlich geschädigten Bäume ging um 2 %-Punkte auf 25 % zurück.
- Der Anteil der schwach geschädigten fiel um 2 %-Punkte auf 42 %.
- Der Anteil der Bäume ohne Schadmerkmale stieg um 4 %-Punkte auf 33 % an.

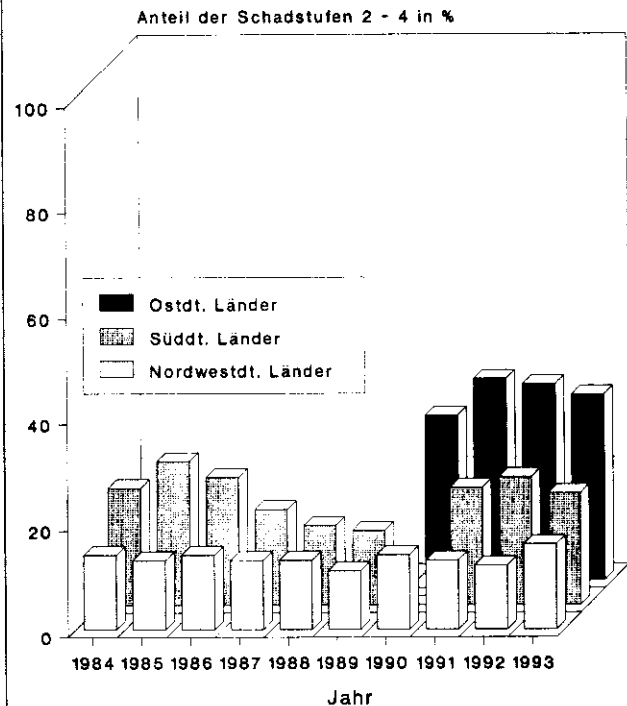
Auf Landesebene ist die Entwicklung jedoch sehr unterschiedlich: Der in Bayern festgestellte Rückgang der deutlichen Schäden um 10 %-Punkte überdeckt die Zunahmen in den übrigen süddeutschen Ländern (vgl. Anhang, Tabelle 1 c): Der Anteil deutlich geschädigter Bäume stieg in Hessen um 2 %-Punkte, im Saarland um 3 %-Punkte und in Baden-Württemberg um 7 %-Punkte an.

1.23 Waldschäden bei den Hauptbaumarten

Die **Fichte** ist mit einer Fläche von ca. 3,5 Mio. ha die häufigste Baumart in Deutschland. Bundesweit weist etwa jede fünfte Fichte deutliche Schäden auf (22 %); der Anteil schwacher Schäden liegt bei 36 %; ohne Schadmerkmale sind 42 %. Innerhalb der Ländergruppen ergeben sich im Vergleich mit den Vorjahren folgende Entwicklungen (vgl. Graphik 7 sowie Anhang, Tabellen 2 a, 3 und 4 a):

³⁾ Zusammenfassung der Länder Baden-Württemberg (BW), Bayern (BY), Hessen (HE), Rheinland-Pfalz (RP) und Saarland (SL); Gesamtfläche 15,0 Mio. ha, Waldfläche 5,6 Mio. ha.

Entwicklung der Waldschäden bei der Fichte



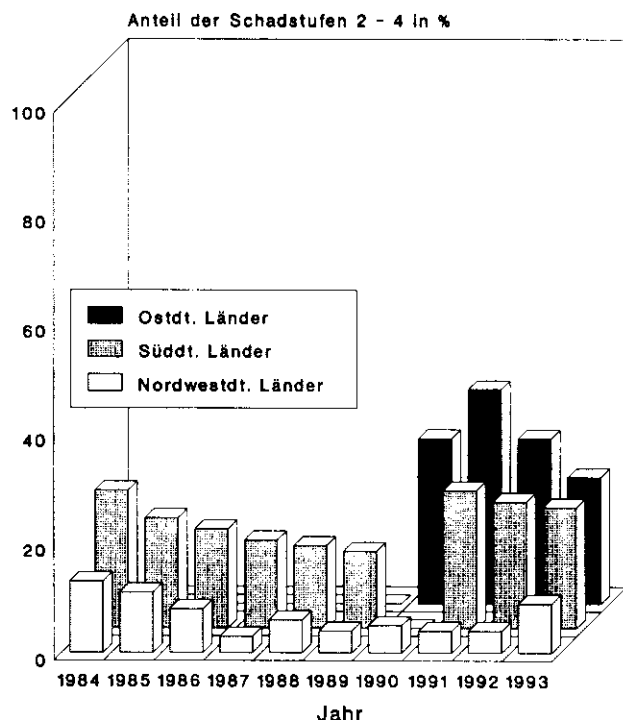
- In den nordwestdeutschen Ländern liegt der Anteil deutlich geschädigter Fichten seit 1984 auf vergleichsweise niedrigem Niveau (etwa bei 13 %); er stieg 1993 im Vergleich zum Vorjahr um 4 %-Punkte auf 16 % an.
- In den ostdeutschen Ländern stiegen die deutlichen Schäden von 1990 (31 %) auf 1991 (38 %) zunächst um 7 %-Punkte an und gingen seitdem zurück, im Vergleich zum Vorjahr um weitere 2 %-Punkte. Dennoch bleibt die Fichte dort mit 35 % am schwersten geschädigt. Innerhalb dieser Ländergruppe ist die Entwicklung jedoch sehr uneinheitlich (vgl. Anhang, Tabelle 4 a).
- Im Durchschnitt der süddeutschen Länder stiegen die deutlichen Schäden von 1984 (22 %) bis 1985 (27 %) zunächst um 5 %-Punkte an und gingen dann bis 1989 kontinuierlich bis auf 14 % zurück. Nach den schweren Sturmschäden des Jahres 1990 stiegen sie auf 22 % (1991) bzw. 24 % (1992) an. 1993 gingen sie jedoch um 3 %-Punkte auf 21 % zurück (vgl. Anhang, Tabelle 4).

Die **Kiefer** ist mit einer Fläche von ca. 2,9 Mio. ha die zweithäufigste Baumart in Deutschland. Bundesweit weisen 20 % der Kiefern deutliche Schäden auf; der Anteil der schwachen Schäden liegt bei 44 %, ohne Schadmerkmale sind 36 %. Innerhalb der Ländergruppen ergeben sich im Vergleich mit den Vorjahren folgende Entwicklungen (vgl. Graphik 8 sowie Anhang, Tabellen 2 a, 3 und 4 a):

- Im Durchschnitt der nordwestdeutschen Länder hatten sich die deutlichen Schäden seit 1987 auf

Graphik 8

Entwicklung der Waldschäden bei der Kiefer



vergleichsweise niedrigem Niveau (ca. 4 %) stabilisiert; 1993 ist eine Zunahme um 5 %-Punkte auf 9 % zu verzeichnen.

- In den ostdeutschen Ländern sind die deutlichen Schäden mit durchschnittlich 23 % im Ländervergleich immer noch am höchsten, obwohl ihr Anteil im Vergleich zu 1992 erheblich zurückging (7 %-Punkte). Auch hier ist die Entwicklung in den einzelnen Ländern sehr uneinheitlich: Erheblichen Abnahmen der deutlichen Schäden in Brandenburg, in Mecklenburg-Vorpommern und in Thüringen stehen Zunahmen in Berlin und in Sachsen gegenüber (vgl. Anhang, Tabelle 4 a).

- Im Durchschnitt der süddeutschen Länder nahmen die deutlichen Schäden von 1984 (25 %) bis 1989 (14 %) ab. Nach dem Sturmschadensjahr 1990 lagen sie 1991 bei 25 % und gingen seitdem auf 22 % zurück. Dieser Rückgang wird insbesondere von einer deutlichen Verbesserung in Bayern (um 7 %-Punkte auf 12 %) getragen. In Hessen stieg der Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden dagegen 1993 um weitere 5 %-Punkte auf 45 % an (vgl. Anhang, Tabelle 4 a).

Die **Buche** ist mit einer Fläche von ca. 1,5 Mio. ha die häufigste Laubbaumart in Deutschland. Bundesweit weisen 32 % der Buchen deutliche und 46 % schwache Schäden auf; ohne Schadmerkmale sind in diesem Jahr lediglich 22 %. Im Vergleich zu den Vorjahren ergibt sich folgende Entwicklung (vgl. Graphik 9 und Anhang, Tabellen 2 b, 3 und 4 b):

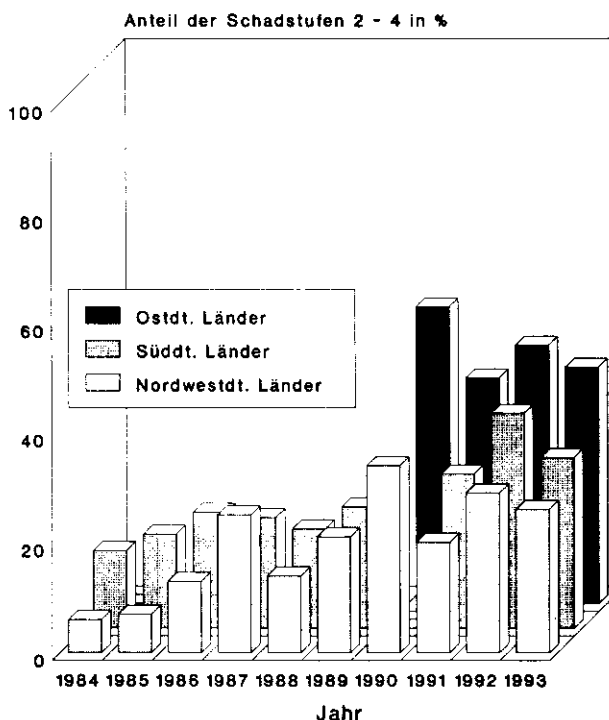
- Im Durchschnitt der nordwestdeutschen Länder ging der Anteil deutlich geschädigter Buchen von 1992 auf 1993 um 3 %-Punkte auf 26 % zurück. Insgesamt zeigt sich jedoch seit Beginn der Zeitreihe 1984 — mit z. T. erheblichen jährlichen Schwankungen — ein allgemeiner Trend zur Zunahme der deutlichen Schäden.

- In den ostdeutschen Ländern ist die Buche am stärksten geschädigt, obwohl der Anteil deutlicher Schäden von 1992 auf 1993 um 4 %-Punkte auf 43 % zurückging. In Thüringen liegt er bei 62 % und damit fast doppelt so hoch wie der Bundesdurchschnitt (32 %). Vergleichsweise gering ist er dagegen in Brandenburg mit 18 %.

- In der Gruppe der süddeutschen Länder hat der Anteil der deutlich geschädigten Buchen von 1992 auf 1993 erheblich abgenommen; im Durchschnitt dieser Ländergruppe um 8 %-Punkte auf 31 %, in Bayern sogar um 26 %-Punkte auf 28 %. Insgesamt ergibt sich jedoch auch hier — wie bei der nordwestdeutschen Ländergruppe — seit 1984 ein allgemeiner Trend zur Zunahme der deutlichen Schäden.

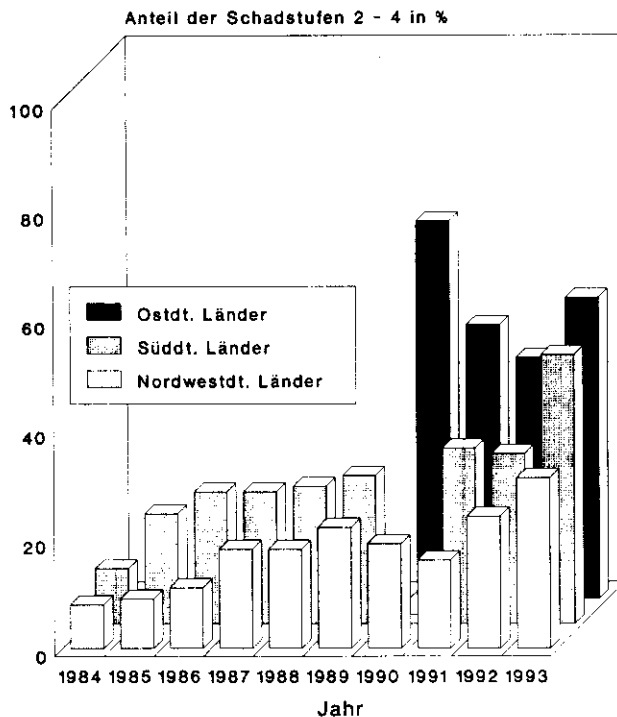
Graphik 9

Entwicklung der Waldschäden bei der Buche



Die **Eiche** folgt mit einer Fläche von ca. 0,7 Mio. ha nach ihrer Häufigkeit an vierter Stelle der Baumarten in Deutschland. Bundesweit weist fast jede zweite Eiche deutliche Schäden auf (45 %). Dieses Ergebnis ist auch durch das massive Auftreten von blattfressen-

Entwicklung der Waldschäden bei der Eiche



den Schadinsekten beeinflusst (vgl. auch Übersicht 6 in Abschnitt 1.32). Die deutlichen Kronenschäden haben um 13 %-Punkte zugenommen, dies ist der höchste Stand seit Beginn der Zeitreihe (vgl. Graphik 10 sowie Anhang, Tabellen 2b, 3 und 4b). Der Anteil der schwachen Schäden liegt bei 36 %; ohne Schadmerkmale sind 19 %.

- In den nordwestdeutschen Ländern stiegen die deutlichen Schäden 1993 im Vergleich zum Vorjahr um 7 %-Punkte auf 31 % an. Dies ist das höchste Schadniveau seit 1984. Insgesamt zeigt sich bei der Eiche seit Beginn der Zeitreihe 1984 — wie bei der Buche — der Trend einer Zunahme der

Schäden. Die Entwicklung innerhalb der Länder ergibt sich aus Tabelle 4 b (Anhang).

- In den ostdeutschen Ländern ist die Eiche mit 55 % stärker geschädigt als in den anderen Ländergruppen. Der Anteil deutlicher Schäden nahm von 1992 bis 1993 um 11 %-Punkte zu. Die bundesweit höchsten Schäden werden aus Thüringen (76 %) und Sachsen-Anhalt (68 %) gemeldet. In Brandenburg (23 %) sind die Schäden in dieser Gruppe am geringsten (vgl. Anhang, Tabelle 4 b).
- Im Durchschnitt der süddeutschen Länder liegt der Anteil deutlicher Schäden bei 49 %; auch hier ergibt sich der Trend einer erheblichen Zunahme. Die höchsten Schäden weisen in dieser Ländergruppe Bayern (mit nahezu unverändert 59 %) und Hessen (53 %, Zunahme um 25 %-Punkte) auf (vgl. Anhang, Tabelle 4 b).

Die **Tanne** ist in ihrem Vorkommen im wesentlichen auf den süddeutschen Raum begrenzt und nimmt in Bezug auf die gesamte Waldfläche Deutschlands lediglich einen Flächenanteil von unter 2 % ein. Die im Anhang, Tabelle 8, angegebenen Anteile der Schadstufen der Zeitreihe 1984 — 1993 beruhen nur auf wenigen Stichprobenbäumen.

Auch 1993 bleibt die Tanne die am schwersten geschädigte Baumart: 51 % der Tannen wiesen deutliche Schäden und 34 % schwache Schäden auf; 15 % der Tannen zeigten keine sichtbaren Schadmerkmale. Im Vergleich zum Vorjahr nahmen die deutlichen Schäden um 9 %-Punkte zu, nachdem sie seit 1985 (67 %) rückläufig waren.

Aus der **Zusammenfassung aller Nadel- bzw. Laubbaumarten** ergeben sich folgende Aussagen:

- Bei den **Nadelbäumen** setzt sich 1993 der seit 1985 zu beobachtende Trend einer anhaltenden Abnahme der deutlichen Schäden — seit 1991 auf höherem Niveau (bedingt durch das Hinzukommen der ostdeutschen Länder) — weiter fort (vgl. Graphik 11 und Übersicht 4 sowie Anhang, Tabelle 4 a).
- Bei den **Laubbäumen** liegt das Schadniveau seit 1987 deutlich über dem der Nadelbäume und zeigt — im Gegensatz zu diesem — eine insgesamt steigende Tendenz (vgl. Übersicht 4 und Graphik 11 sowie Anhang, Tabelle 4 b).

Übersicht 4

Waldschäden nach Baumarten, Alter und Schadstufen 1993

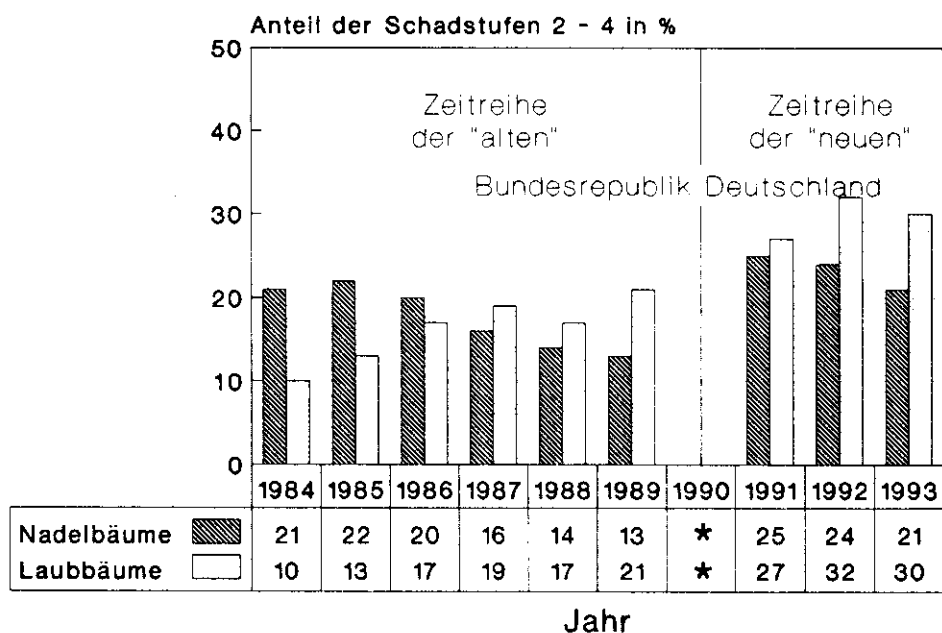
Baumart	Anteil der Waldfläche [Mio. ha]	Anteil der Schadstufen [in %]								
		bis 60jährig			über 60jährig			Gesamt		
		0	1	2—4	0	1	2—4	0	1	2—4
Fichte	3,5	64	28	8	13	47	40	42	36	22
Kiefer	2,9	45	39	16	24	50	26	36	44	20
sonstige Nadelbäume ¹⁾	0,6	60	32	8	12	32	56	45	32	23
Nadelbäume gesamt	7,1	57	32	11	18	47	35	40	39	21
Buche	1,5	45	41	14	12	49	39	22	46	32
Eiche	0,9	40	36	24	9	37	54	19	36	45
Sonstige Laubbäume ²⁾	1,2	53	34	13	32	44	24	47	37	16
Laubbäume gesamt	3,7	48	36	16	14	44	42	29	41	30
alle Baumarten	10,8	54	34	12	17	46	37	36	40	24

¹⁾ z. B. Lärche, Douglasie, Tanne

²⁾ z. B. Ahorn, Linde, Roteiche, Pappel

Graphik 11

Gegenläufige Entwicklung der Waldschäden bei Nadel- und Laubbäumen



* = Ende der alten/Beginn der neuen Zeitreihe

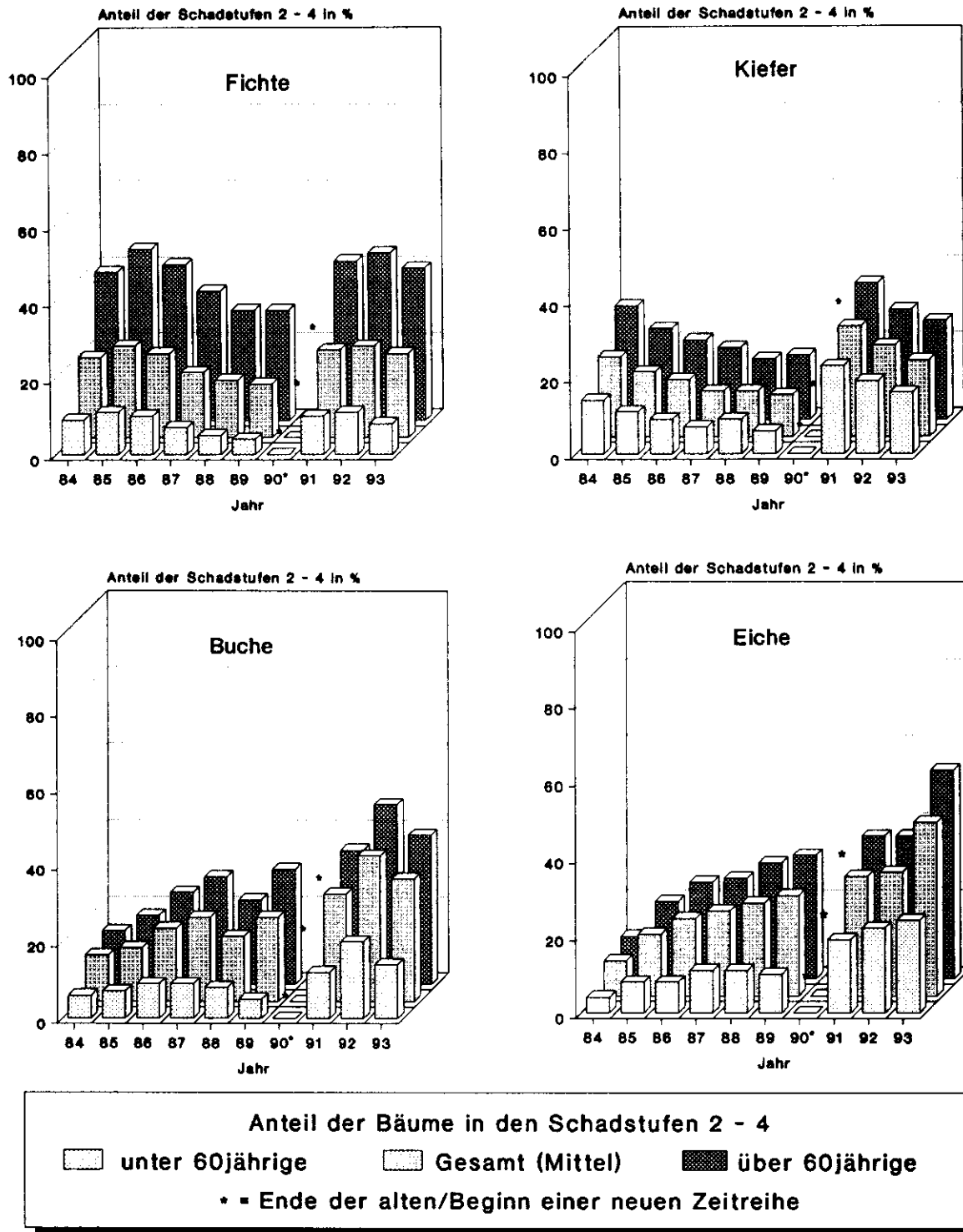
1.24 Waldschäden und Altersgruppen

Eine Betrachtung der Altersgruppen (unter 60jährig und über 60jährig) ergibt folgendes Bild (vgl. Graphik 12, Übersicht 4 sowie Anhang, Tabellen 6 a—d):

— Jeweils die Hälfte aller Stichprobenbäume fiel 1993 in die Gruppe der jüngeren/unter 60jährigen (51 %) bzw. der älteren/über 60jährigen (49 %). Bei den Nadelbäumen überwiegt der Anteil der jüngeren (55 %), bei den Laubbäumen dagegen der Anteil der älteren (57 %).

Graphik 12

Entwicklung der Waldschäden bei den Altersgruppen
(unter/über 60)



- Bei allen Baumarten liegt der Anteil deutlicher Schäden bei den älteren Bäumen erheblich über dem der jüngeren (bei der Fichte sogar fünfmal und bei der Buche dreimal so hoch) (vgl. Graphik 12 sowie Übersicht 4). Die Entwicklung der deutlichen Schäden bei älteren und jüngeren Bäumen verläuft weitgehend parallel.

1.25 Waldschäden in den Hauptschadgebieten

Als Hauptschadgebiete werden Wuchsgebiete bezeichnet, in denen der Anteil der deutlich geschädigten Bäume 30 % übersteigt. Die 1992 und 1993 auf Bundesebene durchgeführten Unterstichproben lassen keine auf Wuchsgebiete bezogenen Aussagen zu.

1.26 Vergilbung

Die Waldschadenserhebung erfaßt — neben dem Nadel-/Blattverlust — die Vergilbung als zweites Merkmal für die Schadstufenbildung. Sie ist ein äußeres Anzeichen für die Wirkung von Ernährungsstörungen, Schadstoffen, Witterungsextremen sowie von bestimmten Schaderregern (v.a. Pilze) und kann sich von Jahr zu Jahr verändern. Vergilbungen, die mehr als ein Viertel (25 %) der Nadel-/Blattmasse erfassen, führen zur Eingruppierung des betreffenden Stichprobenbaumes in eine höhere Schadstufe, als sich allein aus dem Nadel-/Blattverlust ergäbe (vgl. Anhang 7.1).

Die Waldschadenserhebung 1993 zeigt (vgl. Anhang, Tabelle 7), daß

- bundesweit insgesamt rund 6 % der Bäume Vergilbungen aufweisen,
- gegenüber 1992 die Vergilbungen zunahmen bei Tanne (um 12 %-Punkte auf 26 %), Buche (um 3 %-Punkte auf 12 %), Fichte (um 1 %-Punkt auf 7 %) und Eiche (um 1 %-Punkt auf 6 %), während sie bei der Kiefer zurückgingen (um 6 %-Punkte auf 2 %),
- lediglich etwa 2 % der Bäume aufgrund starker Vergilbungen in eine höhere Schadstufe eingeordnet wurden. Insgesamt wird die Zuordnung zu den Schadstufen damit nur unbedeutend beeinflusst; der Anteil der Schadstufen 2—4 erhöht sich hierdurch im Bundesdurchschnitt lediglich um 0,3 %-Punkte.

1.27 Schädlingsbefall

Bei der terrestrischen Waldschadenserhebung werden klar feststellbare Kronenschäden durch biotische Schaderreger (v.a. Insekten und Pilze) mit aufgenommen, um diese eindeutigen Ursachen für Nadel-/Blattverluste gesondert festzuhalten. Das Stichprobenverfahren der Waldschadenserhebung kann aber nur großräumige Aussagen machen; für eine eingehendere Betrachtung sind Kenntnisse des örtlichen Forstpersonals sowie Beobachtungen aus den Forst-

schutzmeldenetzen und Dauerbeobachtungsflächen erforderlich (vgl. Abschnitt 1.32).

Wichtige Erkenntnisse zum Schädlingsbefall aus der Waldschadenserhebung 1993 sind:

- Im Durchschnitt aller Baumarten und Länder weisen insgesamt 16 % der Bäume erkennbaren, d. h. leichten, mittleren oder starken Befall durch Insekten und Pilze auf. Gegenüber dem Vorjahr ist dies eine Zunahme um 3 %-Punkte.
- Der Anteil der Bäume mit mittlerem und starkem Befall (mehr als ein Viertel der Nadel-/Blattmasse von Schaderregern befallen) liegt unverändert bei insgesamt 3 %. Bei den Baumarten ergaben sich jedoch unterschiedliche Entwicklungen des Insekten- und Pilzbefalls (vgl. Anhang, Tabelle 9):
 - Nahezu unverändert gering ist er bei Fichte mit ca. 2 % und bei Kiefer mit ca. 1 %.
 - Ein deutlicher Anstieg ergibt sich jedoch bei der Buche (um 5 %-Punkte auf ca. 6 %) und der Eiche (um 10 %-Punkte auf ca. 16 %).

Insgesamt wird das hohe Niveau der Nadel-/Blattverluste nur unwesentlich von Insekten- und Pilzbefall mitverursacht. Bei der Eiche allerdings hat der Insektenbefall erheblich zur festgestellten Zunahme des Blattverlustes beigetragen.

1.28 Ersatz von Stichprobenbäumen

Das Stichprobenkollektiv, auf dem die Aussagen des Bundesberichtes beruhen, kann sich von Jahr zu Jahr durch das Ausscheiden von Probenpunkten und Probenbäumen geringfügig verändern.

- Im Rahmen der diesjährigen Waldschadenserhebung wurden an 3 611 Stichprobenpunkten rund 85 000 Bäume erfaßt.
- Seit der letzten Erhebung sind zehn Stichprobenpunkte vollständig ausgefallen (ca. 0,3 % aller Stichprobenpunkte), acht davon aufgrund abiotischer Schäden (z. B. Sturm, Feuer oder Trocknis), einer aufgrund von Insektenbefall. Bei einem Punkt ist die Ursache unbekannt. Die ausgefallenen Punkte werden wieder in der Waldschadenserhebung erfaßt, sobald der Aufwuchs der jungen Bäume mehr als kniehoch ist (gesicherte Verjüngung).
- 1993 sind seit der letzten Erhebung insgesamt (einschließlich der Bäume an komplett ausgefallenen Punkten) 2,2 % bzw. 933 der über 60jährigen Stichprobenbäume ausgeschieden.
 - 381 Bäume schieden wegen abiotischer Einflüsse (v.a. Sturmwurf, Schneebruch, Feuer) aus; diese Bäume wurden zum größten Teil im Rahmen von Durchforstungen entnommen.
 - 171 Bäume waren so schwer von Insekten und/oder Pilzen befallen, daß sie entnommen wurden (n = 142) oder abstarben (n = 29).
 - 145 Bäume schieden aus, weil sie im Konkurrenzkampf ihren Nachbarn unterlegen waren

**Waldschadenserhebung 1993 —
Schadstufenverteilung der ausgefallenen Einzelbäume und ihrer Ersatzbäume**

über 60jährige Bäume	Schadstufen			
	0	1	2	3+4
Schadstufenverteilung der				
— Ausfälle (n = 789)	12 %	39 %	32 %	17 %
— Ersatzbäume	19 %	42 %	36 %	1 %
Veränderung in Relation zum Kollektiv der über 60jährigen Bäume (N = 41.924)	0,13 %	0,06 %	0,06 %	-0,25 %

und jetzt nicht mehr am Kronendach beteiligt sind.

- 107 Bäume wurden im Zuge einer langfristig geplanten Nutzung entnommen.
- Bei 129 Bäumen konnten die Ursachen für eine Entnahme (n = 82) bzw. für ein Absterben (n = 47) nicht mehr ermittelt werden.
- Ausgeschiedene Einzelbäume (n = 789) wurden durch die nächststehenden Nachbarbäume ersetzt (vgl. Übersicht 5). Ein Vergleich der ausgefallenen Bäume mit ihren Ersatzbäumen zeigt, daß durch den Ersatz kein „Gesundschlagen“ des Stichprobenkollektivs stattfindet, auch allein schon deswegen, weil der Anteil der ausgeschiedenen bzw. ersetzten Stichprobenbäume so gering ist (vgl. Übersicht 5).

Immissionsbedingte Bestandesverlichtungen an örtlich begrenzten Schadensschwerpunkten können mit dem Stichprobenverfahren der terrestrischen Waldschadenserhebung nicht erfaßt werden. Die Länder führen hierzu spezielle Erhebungen durch (vgl. Anhang 7.1, Ziffer 6).

1.3 Einflüsse auf den Kronenzustand 1993

Neben den Dauerbelastungen durch Luftschadstoffe (vgl. Abschnitt 1.4) wird der Kronenzustand 1993 auch von anderen, sich unter Umständen kurzfristig ändernden Faktoren beeinflusst, v. a.

- durch die Witterung (Abschnitt 1.31) und
- durch das Auftreten von Schadinsekten (Abschnitt 1.32).

Blühen und Fruktifikation hatten in diesem Jahr — außer bei der Buche — insgesamt keinen erkennbaren Einfluß auf den Kronenzustand der Waldbäume. Bei der Buche — die in den letzten Jahren mehrfach stark fruktifiziert hatte — hat 1993 das Ausbleiben einer Fruchtbildung zur Verminderung der deutlichen Schäden beigetragen.

1.31 Witterung

Für die Ausprägung der neuartigen Waldschäden spielt der Witterungsverlauf der Monate vor und

während einer Waldschadenserhebung sowie die Witterung der Jahre vor der jeweiligen Waldschadenserhebung eine bedeutende Rolle. Vor allem Temperaturverlauf, Niederschlagsverhältnisse und Windbewegungen beeinflussen den Kronenzustand der Waldbäume. Ausschließliche Ursache für die neuartigen Waldschäden — wie verschiedentlich behauptet — sind sie jedoch nicht.

Die Witterung steht in engen Wechselbeziehungen mit anderen, auf die Wälder einwirkenden Streßfaktoren: Einerseits kann ein ungünstiger Witterungsverlauf (z. B. Trockenheit) die Empfindlichkeit der Bäume für andere Schadeinwirkungen, wie z. B. Luftschadstoffe und Insekten, erhöhen. Andererseits kann die Einwirkung von Luftschadstoffen (vgl. Abschnitt 3.0) zu einer gesteigerten Empfindlichkeit gegenüber Witterungsereignissen (z. B. Frost oder Trockenheit) führen.

Hohe Winter- und Frühjahrsfeuchtigkeit sowie kühlfeuchtes Sommerwetter sind für die Vitalität der Bäume und damit für deren Belaubungszustand günstig; anhaltend trocken-warme Witterung dagegen kann einen erheblichen Streß darstellen. Die Baumarten Fichte und Buche reagieren darauf empfindlicher als Kiefer und Eiche. Trocken-warme Witterung fördert die Vermehrung verschiedener Schadinsekten. Sie kann außerdem in den Waldböden im Zusammenhang mit verstärktem Humusabbau zu Versauerungsschüben führen, welche die Wirkung der ebenfalls versauernd wirkenden Schadstoffeinträge zusätzlich verstärken.

Die Bewertung von aktuellen Witterungseinflüssen und ihren Wirkungen auf den Kronenzustand ist jedoch aus mehreren Gründen schwierig. Einerseits variiert die Witterung großräumig und auch kleinräumig erheblich. Andererseits kann ihre Wirkung schon durch kleinräumig unterschiedliche standörtliche Bedingungen (z. B. Wasserversorgung) überlagert werden. Darüber hinaus wirkt sich die Witterung eines Jahres auf die Waldbäume zum Teil erst in den folgenden Vegetationsperioden sichtbar aus.

Für weite Teile Deutschlands sind von 1988 bis 1992 relativ hohe Jahresdurchschnittstemperaturen mit milden Wintern und niederschlagsarmen Sommern festzustellen. Das Jahr 1993 zeichnete sich dagegen im allgemeinen durch ein warmes und trockenes Frühjahr sowie verhältnismäßig hohe Niederschläge im Sommer aus.

Für das bundesweite Ergebnis der Waldschadenserhebung 1993 läßt sich kein einheitlicher Trend der Witterungseinflüsse auf den Kronenzustand feststellen. Die Länder weisen in ihren Waldzustandsberichten darauf hin, daß sich die Witterung regional unterschiedlich ausgewirkt hat. Die reichlichen Niederschläge des Sommers 1993 haben sich offenbar nicht generell positiv ausgewirkt:

- Die in den nordwestdeutschen Ländern beobachteten Zunahmen der deutlichen Schäden bei Fichte, Kiefer und Eiche werden mit den trockenwarmen Sommern der Vorjahre in Verbindung gebracht.
- Die in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern dagegen beobachteten Abnahmen der deutlichen Schäden bei der Kiefer hängen möglicherweise auch mit den dort aufgetretenen relativ hohen Niederschlägen vor und während der Vegetationsperiode 1993 zusammen.
- Bayern führt die Abnahmen der deutlichen Schäden bei Fichte und Kiefer v.a. auf einen günstigen Witterungsverlauf sowie auch darauf zurück, daß die durch die schweren Stürme des Jahres 1990 verursachten Nadelverluste inzwischen ausgewachsen sind.

1.32 Forstschutzsituation

Die Forstschutzsituation wird 1993 auch durch das großräumige Auftreten von **Schadinsekten** geprägt. Die folgenden Angaben wurden durch eine Sonderumfrage bei den Ländern (Stand: September 1993) erhoben. Besonders betroffen sind demnach

- die **Fichte** v. a. durch Massenvermehrung der **Borkenkäfer**,
- die **Kiefer** v. a. durch Massenvermehrung von **Schmetterlingen mit nadelfressenden Raupen** sowie des **Kiefernprachtkäfers**,
—die **Eiche** v. a. durch Massenvermehrung von **Schmetterlingen mit blattfressenden Raupen**.

Die großräumige Vermehrung der Schadinsekten wurde begünstigt durch

- die schweren Sturmschäden des Jahres 1990, in deren Folge insbesondere die Borkenkäfer Brutraum in umgestürzten und durch Wurzelrisse geschwächten Bäumen fanden,
- eine für die Insekten günstige Witterung,
- die allgemeine Schwächung der Waldbäume infolge der Luftschadstoffeinträge und der dadurch verursachten Nährstoffungleichgewichte und Versauerung in den Waldböden,
- die zusätzliche Belastung der Waldbäume durch die trockenen Sommer 1991 und 1992.

Schadinsekten an der Fichte

Die Forstschutzsituation bei der Fichte wird 1993 insbesondere in den süddeutschen Ländern durch eine Massenvermehrung v.a. der Borkenkäferarten

Buchdrucker und Kupferstecher geprägt. Dies kommt in den Ergebnissen der Waldschadenserhebung aus folgenden Gründen jedoch kaum zum Ausdruck:

- Die Fichten reagieren erst bei relativ weit fortgeschrittenem Borkenkäferbefall mit erkennbarem Nadelverlust.
- Zur Verringerung der „Ansteckungsgefahr“ der Nachbarbäume und -bestände durch Borkenkäfer werden befallene Bäume i. d. R. so rasch wie möglich entnommen.
- Massenvermehrungen konzentrierten sich i. d. R. auf räumlich abgegrenzte Befallsherde.

Die in einigen süddeutschen Ländern durchgeführten Unterstichproben erlauben daher für diese Fragestellung keine repräsentative Aussage; dies gilt insbesondere für die weitmaschige Netzdichte von 16 × 16 km (EG-Netz).

Buchdrucker (*Ips typographus*) und **Kupferstecher** (*Pityogenes chalcographus*) brüten in der Rinde von Fichten und anderen Nadelbäumen. Die Käfer und insbesondere die Larven fressen in der Rinde Gänge und zerstören damit die Bast-schicht. Dies bringt den Baum bei massenhaftem Befall zum Absterben. Beide Borkenkäferarten verfügen über ein hohes Vermehrungspotential und neigen daher zu Massenvermehrungen. Außer an frisch gefällten oder vom Wind geworfenen Stämmen können beide Arten erfolgreich normalerweise nur an solchen Fichten brüten, deren Vitalität gemindert ist. Bei Massenvermehrungen können sie aber allein oder gemeinsam auch gesunde Bäume besiedeln.

Der Buchdrucker befällt vorwiegend die unteren Stammteile der Fichten, während der Kupferstecher die dünnrindigen oberen Stammpartien, Äste und jüngere Bäume bevorzugt. Erstes Anzeichen für den Befall eines Baumes sind vom Specht durch abgeschlagene Borkenschuppen hervorgerufene helle Rindenflecke (Spiegel) und das aus den Bohrlöchern rieselnde braune Bohrmehl.

1990 fanden die Borkenkäfer v. a. auf den Sturmwurf-flächen in den süddeutschen Ländern viel Brutmaterial vor. Hinzu kamen die trocken-warmen Sommer 1990 bis 1992, die eine Entwicklung von bis zu drei Generationen pro Jahr ermöglichten. Aufgrund dieser Konstellation kam es zu Massenvermehrungen.

Obwohl nach den schweren Sturmschäden mit Hochdruck an der Beseitigung von Brutmaterial gearbeitet wurde, konnte nicht verhindert werden, daß auch 1992 wegen Befall mit Buchdrucker bundesweit mehr als 5,5 Mio. m³ Schadholz eingeschlagen werden mußten, davon allein ca. 3 Mio. m³ in Bayern und ca. 1,8 Mio. m³ in Baden-Württemberg.

Die erneuten größeren Sturmschäden im Winter 1992/93 haben die Lage für die Wälder verschärft. Insgesamt fielen dabei ca. 2,4 Mio. m³ Sturmholz — potentielles Brutmaterial für Buchdrucker und Kupferstecher — an, davon allein 0,9 Mio. m³ in Mecklenburg-Vorpommern, 0,5 Mio. m³ in Niedersachsen, 0,5 Mio. m³ in Schleswig-Holstein sowie 0,2 Mio. m³ in Rheinland-Pfalz, außerdem ca. 70.000 m³ in Sachsen.

Angesichts dieser Situation rechnen die Länder sowohl für 1993 als auch für 1994 mit einem erheblichen Anfall von Borkenkäferholz, obwohl die Schlechtwetterperioden, mit anhaltenden Regenfällen im Sommer 1993 die Situation etwas entschärfen konnten. Die Verringerung der Borkenkäfergefahr stellt nach wie vor einen Schwerpunkt im Forstschutz dar:

- Vorbeugende Maßnahmen erhöhen die Vitalität der Einzelbäume und die Stabilität der Waldbestände und verringern damit die Gefahr von Borkenkäferbefall; z. B. durch die Wahl standortgerechter Baumarten und Herkünfte, die Förderung von Mischbaumarten, die Erhaltung und Förderung naturnaher Waldränder, die rechtzeitige Pflege der Waldbestände, eine an die Borkenkäferentwicklung angepaßte Terminplanung bei der Wahl der Zeitpunkte für den Holzeinschlag bzw. die Bestandespflege.
- Eine „saubere“ Waldwirtschaft ist die wirkungsvollste Methode zur Einschränkung der Borkenkäfervermehrung, da sie den Borkenkäfern Brutmaterial entzieht; z. B. durch Holzabfuhr vor Beginn der Schwärmflüge, die Entrindung bruttauglicher Nutzhölzer vor dem Befall, das Mulchen von Waldresthölzern und bei besonders bedrohlicher Situation das Verbrennen von befallenem Material.
- Eine ständige Überwachung von gefährdeten Waldbeständen auf Borkenkäferbefall während der Vegetationszeit ist eine wesentliche Voraussetzung für die frühzeitige Einleitung von Gegenmaßnahmen. Dies ist sehr personalintensiv.
- Rechtzeitige Gegenmaßnahmen sollen bei starkem Befall verhindern, daß sich die Borkenkäfer massenhaft vermehren und ganze Waldbestände gefährden. Hierzu zählen u. a.: sofortiger Einschlag und Entrindung oder Abfuhr und Lagerung des befallenen Holzes außerhalb des Waldes und sachgerechter Einsatz von Pheromonfallen.

Schadinsekten an der Kiefer

Die Forstschutzsituation bei der Kiefer wird 1993 in den ostdeutschen Ländern v. a. durch Massenvermehrungen von Nonne und Forleule (Schmetterlinge mit nadelfressenden Raupen) sowie in den ostdeutschen und einigen süddeutschen Ländern durch massenhaftes Auftreten des Kiefernprachtkäfers, dessen Larven in der Rinde Gänge fressen, bestimmt.

- Die **Nonne** (*Lymantria monacha*) zählt durch ihre Neigung zu großflächigen Massenvermehrungen zu den bedeutendsten Forstschädlingen Mitteleuropas. Ihre Raupe frißt an austreibenden Knospen sowie Nadeln und Blättern fast aller Baumarten, wobei sie Kiefer und Fichte bevorzugt. Die Raupe spinnt sich an langen Fäden ab und kann dabei über größere Strecken verweht werden. Bereits einmaliger Kahlfraß ist für Fichten tödlich, auch bei Kiefer sind oft hohe Ausfälle zu beobachten.

1993 wurde Befall der Kiefer durch die Nonne im gesamten ostdeutschen Tiefland mit steigender

Tendenz auf insgesamt ca. 9 500 ha beobachtet, davon allein in Brandenburg ca. 7 900 ha. In Brandenburg wurden ca. 1 300 ha gegen die Nonne mit Insektiziden behandelt. In den Ergebnissen der Waldschadenserhebung kann sich dies kaum widerspiegeln, da die Befallsfläche lediglich 0,6 % der Kiefernfläche in den ostdeutschen Ländern ausmacht.

- Die **Forleule** (*Panolis flammea*) gehört gleichfalls zu jenen Schmetterlingen, deren Raupen die Knospen und Triebe der Kiefern kahlfressen können. Einmaliger Kahlfraß ist oft tödlich.

Auch die Forleule tritt in den ostdeutschen Ländern mit Schwerpunkt in Brandenburg auf. Dort wurden 1993 etwa 2 500 ha Wald mit Insektiziden behandelt. Für 1994 wird ein örtliches Zusammentreffen der ausklingenden Forleulengradation mit einer Massenvermehrung der Nonnenpopulation befürchtet.

Die Forstverwaltungen der Länder werden 1994 die Populationsdichte (durch Auszählung von Puppenhüllen) und den Falterflug (mittels Lockstoffallen) in gefährdeten Gebieten überwachen und bei Überschreiten kritischer Werte Gegenmaßnahmen (Insektizideinsatz) einleiten.

- Der **Blaue Kiefernprachtkäfer** (*Phaenops cyanea*) gehört zu den wärmeliebenden Insekten, die sich in warmen, trockenen Sommern sehr stark vermehren können. Seine Larven fressen in der Bast-schicht der Kiefern und bringen dadurch die Bäume zum Absterben.

Neuartig ist, daß neben den klassischen Befallsbildern (einzelstammweises Absterben) nunmehr auch Befall auf ganzen Teilflächen zu beobachten ist, auch in Gebieten, in denen dieser Schädling früher fast bedeutungslos war (z. B. Hessische Rhein-Main-Ebene).

Der Blaue Kiefernprachtkäfer tritt gegenwärtig in den ostdeutschen Ländern sowie Hessen in einer Massenvermehrung auf und verursacht dort bedeutende Schäden (Anfall von über 500 000 m³ Schadholz). Mit weiterem Schadholzanfall durch diesjährigen Käferfraß muß gerechnet werden.

Der Käfer kann durch Fällen und Entrinden der befallenen Stämme bekämpft werden. Die Rinde muß dann zerhackt, gemulcht oder vergraben werden. Eine Bekämpfung ist daher sehr aufwendig und kostenintensiv. 1993 wurden auf diese Weise in Sachsen-Anhalt 110 000 m³ Schadholz behandelt.

Auch weitere Rindenschädlinge (Borkenkäfer, Bockkäfer, Rüsselkäfer) weisen hohe Populationsdichten auf und führen zu vermehrten Schadholzanfällen, z. B. in der nördlichen Oberrheinebene (Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz).

Schadinsekten an der Buche

Bei der Buche wurden bisher für 1993 keine nennenswerten Forstschutzprobleme bekannt.

Schadinsekten an der Eiche

Die Forstschutzsituation bei der Eiche wird 1993 v. a. durch regionale Massenvermehrungen der Schmetterlinge Schwammspinner, Eichenwickler und Frostspanner geprägt, die z. T. gemeinsam in den gleichen Waldbeständen auftraten. Ihr Raupenfraß hat zur Verschlechterung des Kronenzustands insbesondere bei den über 60jährigen Eichen beigetragen (vgl. Abschnitt 1.27 sowie Anhang, Tabelle 6 d).

— Der **Schwammspinner** (*Lymantria dispar*) ist ein wärmeliebendes Insekt, das nach Trockenjahren insbesondere in wärmeren Regionen (Gegenden mit Weinbauklima) zu Massenvermehrungen neigt. Seine Raupen fressen von Ende April bis Juni/Juli an nahezu allen heimischen Laubbäumen, bevorzugt aber am Frühjahrstrieb der Eiche. Bei Kahlfraß und insbesondere bei wiederholtem Befall können einzelne Bäume absterben; nach bisherigem Erkenntnisstand fallen ganze Waldbestände bei einmaligem Kahlfraß i. d. R. jedoch nicht in größerem Umfang oder flächig aus.

1992 zeichnete sich eine Zunahme der Schwammspinner-Populationen ab, weshalb regional bereits Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt werden mußten. 1993 kam es insbesondere in den süddeutschen Ländern zu einer Massenvermehrung. Hier wurden insgesamt ca. 47 750 ha befallen, ca. 9 730 ha davon kahlgefressen (vgl. Übersicht 6). Dies entspricht ca. 10 % aller Eichenbestände (bzw. ca. 2 % aller Laubbaumbestände) in diesen Ländern, in Bayern sogar 23 % (bzw. 5 %).

Zur Begrenzung der Schäden wurde der Schwammspinner 1993 an Schadensschwerpunkten insbesondere in Hessen, Bayern und Baden-Württemberg bekämpft.

— Die Raupen des **Eichenwicklers** (*Tortrix viridana*) schlüpfen im Frühjahr und befallen die austreibenden Knospen v. a. älterer Eichen, wobei der Zeitpunkt ihres Schlüpfens mit dem Austreiben der Knospen zusammentreffen muß. Charakteristisch für den Eichenwickler ist, daß die Raupen Blüten und Blätter mit Gespinstfäden zu einem Wickel

Übersicht 6

Fraßschäden durch Schwammspinner (*Lymantria dispar*), Eichenwickler (*Tortrix viridana*) und Frostspanner (*Operophtera brumata*) vorrangig an Eiche im Jahr 1993 — Ergebnis einer Sonderumfrage
(Stand: September 1993)

	Fraßschäden [in ha]					
	Schwammspinner		Eichenwickler		Frostspanner	
	Befallsfläche	davon Kahlfraß	Befallsfläche	davon Kahlfraß	Befallsfläche	davon Kahlfraß
Bremen	.	.	.	.	.	.
Hamburg	.	.	.	.	.	.
Niedersachsen	.	4	.	.	.	.
Nordrhein-Westfalen	180	20	.	.	.	.
Schleswig-Holstein	.	.	.	.	.	.
Nordwestdeutsche Länder	180	24	.	.	.	.
Berlin	.	.	.	.	.	.
Brandenburg	700	.	>2 000	.	1 850	.
Mecklenburg-Vorpommern	.	.	460	.	670	.
Sachsen	800	250	6 200	.	1 900	.
Sachsen-Anhalt	35	.	12 000	5 800	5 500	2 500
Thüringen	.	.	10 100	7 500	7 300	5 600
Ostdeutsche Länder	1 535	250	30 760	13 300	17 220	8 100
Baden-Württemberg ¹⁾	7 500	4 200	.	.	.	.
Bayern	30 000	1 500	44 000	15 300	.	.
Hessen ¹⁾	4 500	1 080	.	.	.	.
Rheinland-Pfalz	5 700	2 900	.	.	.	.
Saarland	50	50	.	.	.	.
Süddeutsche Länder	47 750	9 730	44 000	15 300	.	.
Bundesrepublik Deutschland²⁾	49 465	10 004	>74 760	28 600	17 220	8 100

¹⁾ = Auch Buche ist auf großer Fläche vom Kahlfraß betroffen.

²⁾ = Die Befallsflächen dürfen **nicht** addiert werden, da die Schädlinge z. T. auf gleicher Fläche auftraten.

• = Fraß vorhanden, aber Befallsfläche noch nicht bekannt.

. = ohne Angabe, Befallsmeldungen lagen nicht vor.

zusammenrollen und diese dann innerhalb des Gespinstes zerfressen. Der Raupenfraß beginnt im Wipfel und schreitet nach unten fort. Bei Kahlfraß hängen die Spinnfäden der Raupen häufig wie Schleier von den Bäumen.

Der Eichenwickler ist ein Schmetterling, der in geeigneten Waldbeständen Jahrzehnte lang hintereinander mit unterschiedlicher Intensität auftreten und Schäden verursachen kann. Die Fraßschäden können die Verjüngung von Eichenbeständen (z. B. durch Ausfall der Fruchtbildung oder durch Fraß an Verjüngung und Unterbau) wesentlich erschweren und darüber hinaus zur Bildung von Wasserreisern führen, was den Wert der Eichenstämme erheblich verringern kann. Möglicherweise trägt der wiederholte Befall durch den Eichenwickler auch zur Beschleunigung des „Eichensterbens“ bei.

Der Eichenwickler trat 1993 insbesondere in den ostdeutschen Ländern und Bayern auf, wo er über 30 000 ha bzw. 44 000 ha befallen hat; das entspricht ca. 16 % aller Eichenflächen in den ostdeutschen Ländern (vgl. Übersicht 6).

Die Forstverwaltungen der Länder konnten bisher noch — v.a. aus ökologischen Gründen — auf großflächige Gegenmaßnahmen verzichten.

- Die Raupe des **Frostspanners** (*Operophtera brumata*) frißt — ähnlich wie die des Eichenwicklers — an Blatt- und Blütenknospen. Sie ist jedoch nicht auf Eiche spezialisiert, sondern frißt an vielen Laubgehölzen, bevorzugt aber an Obstgehölzen. Im Gegensatz zum Eichenwickler schreitet der Fraßschaden beim Frostspanner in der unteren Baumkrone von unten nach oben fort. Die männlichen Falter schwärmen während der ersten Nachtfröste im Herbst (daher der Name); die Weibchen sind flugunfähig. Massenvermehrungen halten beim Frostspanner i.d.R. nur ein bis zwei Jahre an. Wiederholter starker Raupenfraß mindert Fruchtbildung und Zuwachs der Bäume.

Auch der Frostspanner trat 1993 insbesondere in den ostdeutschen Ländern auf, wo er über 17.000 ha befallen hat; das entspricht ca. 9 % aller Eichenflächen bzw. 2 % aller Laubbaumflächen in diesen Ländern (vgl. Übersicht 6).

Der Fraß der Frostspannerraupen ist insbesondere bei gleichzeitigem Auftreten von anderen Schadinsekten von Bedeutung.

Das volle Ausmaß der Fraßschäden durch Schwammspinner, Eichenwickler und Frostspanner kann erst im kommenden Jahr eingeschätzt werden. Zwar haben die von Schwammspinner und Eichenwickler befallenen Eichenbestände im Juli 1993 (Johannistrieb) größtenteils wieder ausgeschlagen. In Kahlfraßgebieten wurden die neuen Blätter dann allerdings oft stark von Mehltaupilzen befallen. In der Folge werden bei den betroffenen Bäumen verstärkt Käferbefall, Trockenastigkeit und Wipfeldürre auftreten. In Einzelfällen ist mit einem Absterben bereits vorgeschädigter Bestandesglieder oder von Bestandesgruppen zu rechnen. Sollten die Eichen 1994 erneut kahlgefressen werden oder Schäden durch andere Insekten

auftreten, so kann ein flächenhaftes Absterben ganzer Bestände nicht mehr ausgeschlossen werden. Die Forstverwaltungen der Länder überwachen daher die Entwicklung dieser Schmetterlinge und werden erforderlichenfalls Maßnahmen zum Schutz der betroffenen Waldbestände durchführen.

In Teilen von Hessen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Sachsen kam es zu einem kalamitätsartigen Auftreten des **Eichenerdflohes** (*Haltica quercetorum*). Die Larven und Käfer skelettieren die Blätter von Eichen aller Altersklassen. Die Verluste der Assimilationsorgane führen zu ähnlichen Schäden wie beim Eichenwickler und den Frostspanner-Arten.

Im gesamten Rheintal befindet sich der **Waldmaikäfer** (*Melolontha melolontha*) in einer Massenvermehrung. Die Entwicklung vom Ei bis zum Käfer dauert drei bis vier Jahre. In dieser Zeit lebt die Larve (Engerling) im Boden, wo sie an Wurzeln frißt. Starker Engerlingsfraß kann insbesondere für junge Laubbaumkulturen/-bestände tödlich sein.

1993 wurde in Hessen starker Engerlingsfraß mit bereits jetzt erheblichen Waldverlusten beobachtet.

1.4 Höhe und Entwicklung der Schadstoffdeposition in Waldökosystemen

An zahlreichen Waldstandorten in der Bundesrepublik Deutschland werden die Einträge (Depositionen) von Luftverunreinigungen in die Waldökosysteme bzw. den Waldboden gemessen. Um einen Vergleichswert zu haben, werden dabei i. d. R. gleichzeitig auch die entsprechenden Depositionen im Freiland (d. h. außerhalb von Waldbeständen) erfaßt.

Die Meßreihen zeigen, daß die Wälder aufgrund des mit ihrer großen Oberfläche verbundenen Auskämmeffektes, je nach Baumart und Alter bzw. Baumhöhe, bis zu vierfach höhere Schadstoffeinträge (Depositionen) erfahren als Freiflächen (vgl. Abschnitt 3.0). Die Deposition unter Fichtenbeständen ist dabei höher als die unter Kiefernbeständen oder die unter winterkahlen Laubbaumbeständen.

Außerdem wurde deutlich, daß zwischen verschiedenen untersuchten Waldbeständen regional enorme Unterschiede in Höhe und Zusammensetzung der Schadstoffeinträge bestehen. Dafür sind einerseits Unterschiede in der Belastungssituation — geprägt z. B. durch Art und Höhe der Emissionen aus den jeweils relevanten Quellen, durch die Hauptwindrichtung, die Höhe der Niederschläge — und andererseits unterschiedliche Ausprägungen der „sammelnden“ Oberfläche (z. B. Blätter und Nadeln), insbesondere deren Größe, Rauigkeit und Feuchtigkeit, verantwortlich.

Im Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden (vgl. Abschnitt 3.2) sind die Einträge insbesondere folgender Substanzen von Bedeutung:

- **Sulfatschwefel (SO₄-S):** Gegen Anfang und Mitte der 80er Jahre reichten die durchschnittlichen jährlichen Depositionsraten

- im Freiland von ca. 15 kg/ha in den niederschlagsärmeren Regionen Südwestdeutsch-

lands bis zu nahezu 80 kg/ha in den nördlichen und v. a. östlichen Mittelgebirgen.

- Unter Waldbeständen wurden im gleichen Zeitraum entsprechend höhere Depositionswerte als im Freiland gemessen.

Besonders hoch waren die durchschnittlichen jährlichen Sulfateinträge v.a. im südlichen Teil der ehemaligen DDR, wo sie unter Kiefernbeständen Werte zwischen 80 und 106 kg/ha, unter Fichtenbeständen Werte zwischen 100 und 150 kg/ha erreichten. Ebenfalls hohe Werte unter Fichtenbeständen wurden im gleichen Zeitraum vor allem im Solling/Harz mit 50 bis 90 kg/ha aber auch in Ostbayern (33–110 kg/ha) und Hessen (21–89 kg/ha) festgestellt.

Vergleichsweise geringe jährliche Sulfateinträge wurden unter Fichtenbeständen z. B. in Teilen des Schwarzwaldes (15–46 kg/ha) oder in Rheinland-Pfalz (24–43 kg/ha) ermittelt.

Auf nahezu allen Untersuchungsstandorten in den alten Ländern ist während der letzten zehn Jahre ein erheblicher Rückgang der Sulfatdeposition zu verzeichnen. Der Rückgang ist umso höher, je höher die Ausgangsbelastung der Standorte war. Unter Fichtenbeständen im Solling/Harz erreichten die Sulfateinträge beispielsweise gegen Mitte der 70er Jahre mit jährlich 80–110 kg/ha ein Maximum und gingen bis Anfang der 90er Jahre um etwa die Hälfte auf nunmehr 40–50 kg/ha zurück (vgl. Graphik 13).

Aber auch in den neuen Ländern zeichnet sich in den Jahren 1991 und 1992 eine deutliche Verringerung der Sulfateinträge ab. Dennoch erreicht die aktuelle jährliche Sulfatdeposition z. B. unter Fichtenbeständen in Thüringen immer noch Werte zwischen 35 und 60 kg/ha.

Allerdings übersteigen auch die verringerten Schwefeleintragsraten die Schwellenwerte der Verträglichkeit für Waldökosysteme (Critical Loads⁴⁾) noch beträchtlich.

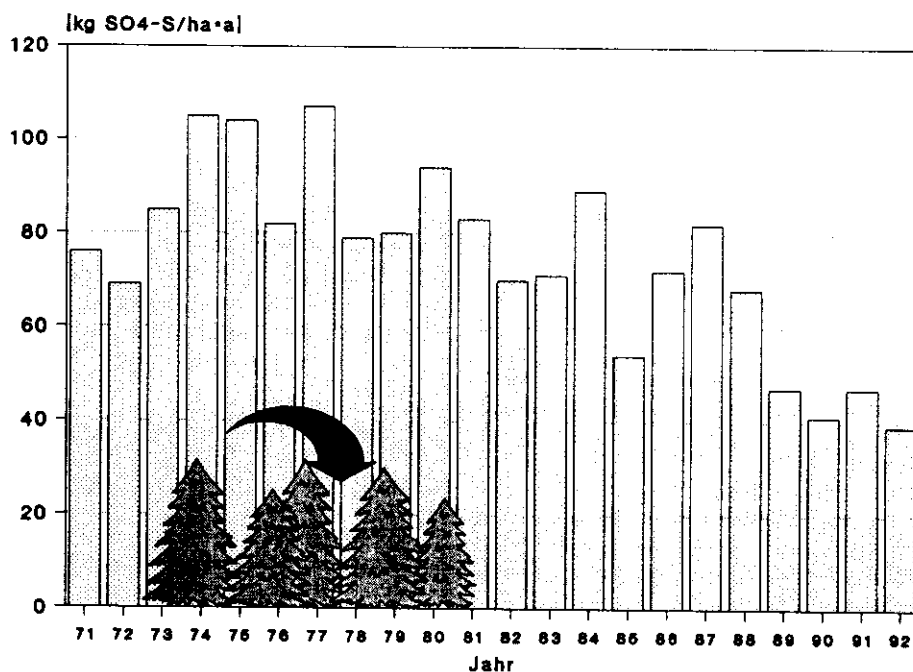
— **Stickstoff:** Die Gesamtstickstoffdeposition ergibt sich v.a. aus den Einträgen von Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) und Ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$). Beide tragen — bezogen auf das gesamte Bundesgebiet — zu etwa gleichen Teilen dazu bei. Regional können diese Anteile jedoch sehr stark schwanken: Während in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten der Beitrag des Ammoniums überwiegt, dominiert in den leeseitig der Ballungszentren gelegenen Mittelgebirgsregionen der Beitrag des Nitrats.

⁴⁾ Angaben zur Belastbarkeit von Ökosystemen, insbesondere Waldböden, durch Säure- oder Stickstoffeinträge (Critical Loads) oder kritischen Konzentrationen von Luftschadstoffen (SO_2 , NO_x , Ozon) werden im Rahmen der von Deutschland geleiteten europaweiten Aktivitäten der UN-ECE-Sonderarbeitsgruppe „Kartierung kritischer Belastungswerte“ auf der Grundlage von Meßwerten und Modellrechnungen beim Umweltbundesamt ermittelt und kartiert. Methoden und Ergebnisse einschließlich der Critical-Loads-Karten sind veröffentlicht als UBA-Texte 25/93, National Report 1991, Forschungsbericht ÖNU/INS 1992. Diese Publikationen können beim Umweltbundesamt bezogen werden.

Graphik 13

Entwicklung der Deposition von Sulfatschwefel in einem Fichtenbestand (Kronentraufe) im Solling

(nach B. ULRICH, 1993: 25 Jahre Ökosystem- und Waldschadensforschung im Solling. Forstarchiv 64, S. 147–152; Angaben für 1992: Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt)



Gegen Anfang und Mitte der 80er Jahre reichten die durchschnittlichen jährlichen Depositionsraten von Stickstoff (Nitrat und Ammonium)

- im Freiland von etwa 6 bis 24 kg/ha und
- unter Fichtenbeständen von etwa 8 bis 72 kg/ha. Besonders hohe Werte wurden im nordwestlichen Küstenraum Niedersachsens (Wingst) mit 45 bis 72 kg/ha gemessen. Werte zwischen 20 und 40 kg/ha wurden an Untersuchungsstandorten in Hessen, Niedersachsen (Solling) Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Thüringen festgestellt, unter Kiefernbeständen in der ehemaligen DDR Werte von 22 bis 33 kg/ha.

Vergleichsweise geringe Stickstoffeinträge wurden unter Fichtenbeständen in Bayern (15 bis 30 kg/ha) sowie im südlichen Schleswig-Holstein (12–19 kg/ha) ermittelt.

Während der letzten zehn Jahre zeigten die Stickstoffeinträge an der Mehrzahl der Untersuchungsstandorte eine gleichbleibende bis leicht steigende Tendenz (Beispiel in Graphik 14).

Die aktuellen jährlichen Eintragsraten von Stickstoff (Nitrat und Ammonium) erreichen derzeit auf vielen Standorten Größenordnungen um 30 bis

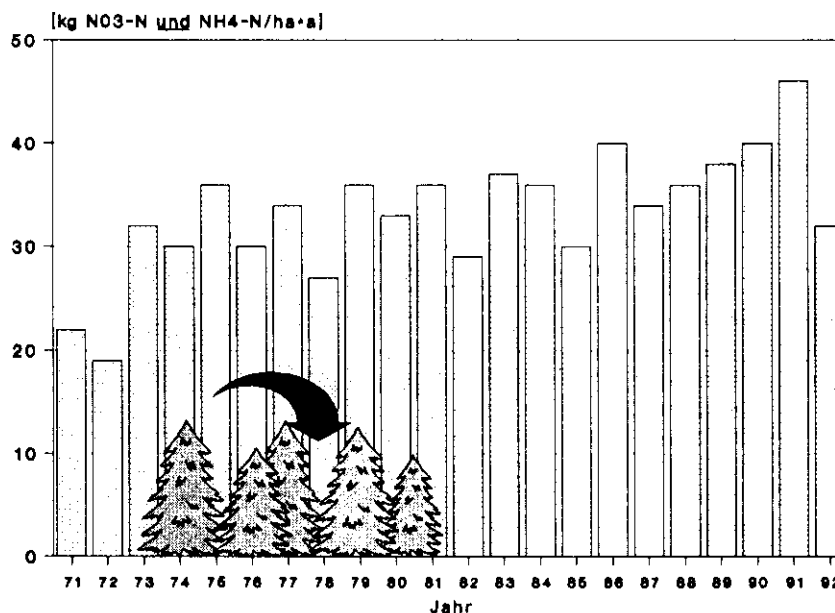
40 kg N/ha. Sie liegen damit etwa um das Zwei- bis Fünffache über der Stickstoffmenge, die der Wald für sein Wachstum benötigt. Durch die jahrzehntelang anhaltenden Einträge hat sich in vielen Waldökosystemen eine Sättigung mit Stickstoff eingestellt. Diese Wälder können überschüssigen Stickstoff nicht mehr speichern und geben ihn — z. T. in umweltbelastender Form (vgl. Abschnitt 3.3) — wieder ab. Beispielsweise beträgt der Nitrataustrag mit dem Quellwasser aus Waldökosystemen des Thüringer Waldes bereits ein Vielfaches der Eintragsbelastung.

Schwefel- und Stickstoffeinträge in die Wälder bedeuten eine erhebliche Säurebelastung insbesondere der Waldböden. Waldböden können Säureeinträge innerhalb gewisser Grenzen abpuffern bzw. ökosystemunschädlich neutralisieren. Wird diese Pufferfähigkeit jedoch überschritten, so ist mit einer fortschreitenden Versauerung der Waldböden (vgl. Abschnitte 3.2 und 4.22) zu rechnen. Durch die Bodenversauerung verringert sich die Fähigkeit der Böden, Nährstoffe festzuhalten. Zudem können v. a. infolge der Zerstörung von Tonmineralen hohe Konzentrationen potentiell giftiger Aluminium-, Eisen- und Manganionen im Bodenwasser auftreten. Auf Standorten mit puffer-schwachem Untergrund kann die Versauerung bis in das Grund- und Quellwasser durchschlagen und die Qualität der Gewässer erheblich beeinträchtigen.

Graphik 14

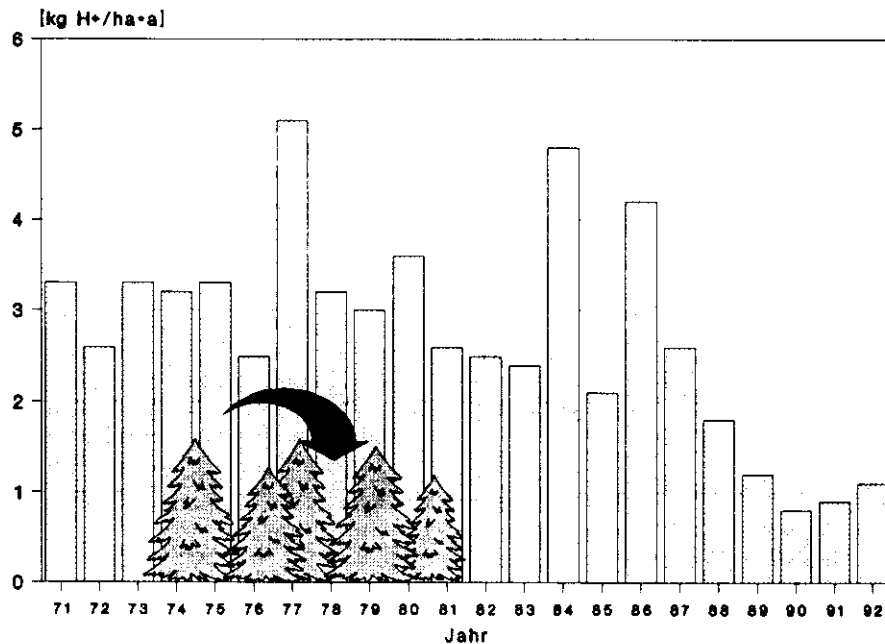
Entwicklung der Stickstoffdeposition in einem Fichtenbestand (Kronentraufe) im Solling

(nach B. ULRICH, 1993: 25 Jahre Ökosystem- und Waldschadensforschung im Solling. Forstarchiv 64, S. 147–152; Angaben für 1992: Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt)



Entwicklung der Protonen-Deposition in einem Fichtenbestand (Kronentraufe) im Solling

(nach B. ULRICH, 1993: 25 Jahre Ökosystem- und Waldschadensforschung im Solling. Forstarchiv 64, S. 147—152; Angaben für 1992: Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt)



- Die Einträge an versauernd wirkenden Wasserstoffionen (H^+ -Ionen) gingen — wie die Schwefel-einträge — von Anfang der 80er bis Anfang der 90er Jahre erheblich zurück (Beispiel in Graphik 15). Dennoch erreichen sie im Bestandesniederschlag unter vielen Fichtenbeständen immer noch Größenordnungen zwischen 0,1 und 2,0 kmol Ionenäquivalent (IÄ) je Hektar und Jahr.
- Unter Einbezug des Säurepotentials der Ammonium-einträge (NH_4-N) erreicht der Gesamtsäureein-

trag unter Fichten sogar Werte zwischen 0,5 und 4,5 kmol und liegt damit auf vielen Standorten um ein Vielfaches über der natürlichen Pufferrate aus Silikatverwitterung, die auf vielen Waldböden unter 0,5 kmol je Jahr und Hektar liegt.

Insgesamt zeigen die Depositionsmessungen, daß auch weiterhin zuviel Schadstoffe aus nationalen Quellen, aber auch aus grenzüberschreitenden Schadstoffströmen in die Waldökosysteme eingetragen werden.

2.0 Der Waldzustand in Europa

Luftverunreinigungen und neuartige Waldschäden sind ein grenzübergreifendes Problem. Die Symptome der neuartigen Waldschäden wurden in den vergangenen Jahren in zunehmendem Umfang auch in den europäischen Nachbarländern sowie in Nordamerika beobachtet. Aus diesem Grunde werden in den europäischen Staaten ebenfalls Waldschadenserhebungen durchgeführt. Die Europäischen Ministerkonferenzen zum Schutz des Waldes vom 18./19. Dezember 1990 in Straßburg und vom 16.—18. Juni 1993 in Helsinki haben die Bedeutung einer systematischen und staatenübergreifenden Beobachtung der Waldökosysteme bestätigt.

2.1 Waldschadenserhebung der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE)

Grundlagen

1985 beauftragte das Exekutivorgan der Konvention über den weiträumigen grenzüberschreitenden Transport von Luftverunreinigungen von 1979 (Genfer Luftreinhaltekonvention) eine internationale Sonderarbeitsgruppe damit, die Erfassung und Überwachung der neuartigen Waldschäden zu vereinheitlichen und länderübergreifend auszuwerten. Die Lei-

Waldschäden in der UN/ECE 1992*) (alle Baumarten)

Land	Anteil der Schadstufen [in %]			Veränderung der Schadstufen 2—4 zu 1991 [in %]
	0	1	2—4	
Nordeuropa				
Estland	40,8	30,7	28,5	.
Finnland	65,0	20,5	14,5	-1,5
Lettland	30,0	33,0	37,0	.
Litauen	16,3	66,2	17,5	-6,4
Norwegen	40,3	33,5	26,2	+6,5
Schweden	51,0	28,5	16,5	+4,5
Zentraleuropa				
Deutschland	32,0	41,6	26,0	+0,8
Kroatien	56,9	27,5	15,6	.
Liechtenstein	52,0	32,0	16,0	-3,0
Österreich	56,4	36,7	6,9	-0,6
Schweiz	37,8	46,5	16,0	-3,0
Slowakei	23,0	41,0	36,0	.
Slowenien	.	.	.	.
Restjugoslawien	.	.	.	.
Tschechien	8,7	34,8	56,4	.
Südeuropa				
Griechenland	42,8	39,1	18,1	+1,2
Italien	57,0	24,8	18,2	+1,8
Portugal	54,4	23,1	22,5	-7,1
Spanien	50,6	37,1	12,3	+5,0
Türkei	.	.	.	.
Westeuropa				
Belgien	36,7	46,4	16,9	-1,0
Dänemark	44,1	30,0	25,9	-4,0
Frankreich	75,1	16,9	8,0	+0,9
Großbritannien	5,0	36,7	58,3	+1,6
Irland ¹⁾	49,2	35,1	15,7	+0,7
Luxemburg	48,7	30,9	20,4	-0,4
Niederlande	63,0	12,5	24,5	+7,3
Osteuropa				
Bulgarien	42,8	34,1	23,1	+1,3
Polen	8,0	43,2	48,8	+3,8
Rumänien	48,9	34,4	16,7	+7,0
Russische Föderation ^{1) 2)}	55,9	38,7	5,4	+1,0
Ukraine	40,8	42,9	16,3	.
Ungarn	42,4	36,1	21,5	+1,9
Weißrußland	26,4	44,4	19,2	.

* = neueste verfügbare Daten;

¹⁾ = nur für Nadelbäume erhoben;²⁾ = Erhebung nur in Teilregionen;

. = keine Angaben verfügbar

Quelle: Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa, 1993

**Waldschäden in der UN/ECE 1992 —
Zahl der Staaten mit Veränderungen zum Vorjahr**

(aufgrund fehlender Daten für 1991 und/oder 1992 ist nicht für alle der 34 teilnehmenden Staaten
ein Vergleich möglich)

	Zahl der Staaten		
	mit Zunahme der deut- lichen Schäden *) um mehr als 2,5 %-Punkte	ohne wesentliche Änderungen ±2,5 %-Punkte	mit Abnahme der deut- lichen Schäden *) um mehr als 2,5 %-Punkte
Laubbäume	10	8	4
Nadelbäume	9	12	3

*) (Schadstufen 2—4)

tung dieser Sonderarbeitsgruppe obliegt der Bundesrepublik Deutschland und hier dem Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Als Ergebnis dieser internationalen Aktivitäten führen die europäischen Staaten seit 1986 Waldschadenserhebungen nach einem einheitlichen Stichprobenverfahren in einer Netzdichte durch, die den landesspezifischen Gegebenheiten Rechnung trägt (z. B. 16 × 16 km, 4 × 4 km). Jährliche gemeinsame Abstimmungen und Anspracheübungen sichern die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten.

Die Ergebnisse dieser nationalen Waldschadenserhebungen werden im Waldzustandsbericht der UN/ECE zusammengestellt. Inzwischen beteiligen sich 34 europäische Staaten daran. 1992 wurden dabei bereits 83 % der europäischen Waldfläche (ca. 184 Mio. ha von insgesamt rd. 222 Mio. ha Wald) einbezogen.

Ergebnisse der Waldschadenserhebung der UN/ECE 1992 ⁵⁾

Aus Übersicht 7 ergeben sich die Höhe der Waldschäden 1992 in den Mitgliedstaaten der UN/ECE sowie deren Veränderung gegenüber dem Vorjahr. Besonders hoch ist hiernach der Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden (Schadstufen 2—4) in Großbritannien mit ca. 58 %, der Tschechischen Republik mit 56 % und Polen mit 49 %. Gering ist der Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden in der Russischen Föderation mit 5 %, in Österreich mit 7 % und Frankreich mit 8 %.

Übersicht 8 gibt die Situation bei den Baumartengruppen wieder. Bei den Nadelbäumen ist kein einheitlicher Trend erkennbar. Bei den Laubbäumen ergibt

sich insbesondere in Nord- und Osteuropa eine Tendenz zur Verschlechterung. Im übrigen sind bei Nadel- und Laubbäumen das Schadniveau und die Entwicklung sehr uneinheitlich (vgl. Anhang, Tabellen 10 a und 10 b).

Als Ursache für die Waldschäden werden ungünstige Witterungsbedingungen, Insekten- und Pilzbefall, Waldbrände und Luftverschmutzung genannt. Der Anteil der Luftschadstoffe an der Entstehung der jeweiligen Kronenschäden wird dabei unterschiedlich beurteilt. Während einige Staaten (v.a. Großbritannien) eine maßgebliche Beteiligung der Luftschadstoffe an ihren Waldschäden bestreiten, sehen die meisten Staaten darin einen die Waldökosysteme schwächenden Faktor. Die Bundesrepublik Deutschland, die Tschechische Republik, die Slowakische Republik und Polen z. B. bewerten die Luftverschmutzung als wesentliche Ursache für die Waldschäden.

2.2 Waldschadenserhebung der Europäischen Gemeinschaften (EG)

Grundlagen

Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften erstellt aufgrund der Verordnung (EWG) Nr. 3528/86 des Rates über den Schutz des Waldes in der Gemeinschaft gegen Luftverschmutzung seit 1987 jährliche Waldzustandsberichte. Die Mitgliedstaaten führen dazu in einem grenzüberschreitenden 16 × 16 km-Stichprobennetz jährliche Waldschadenserhebungen durch. Das Erhebungsverfahren entspricht dabei dem der UN/ECE.

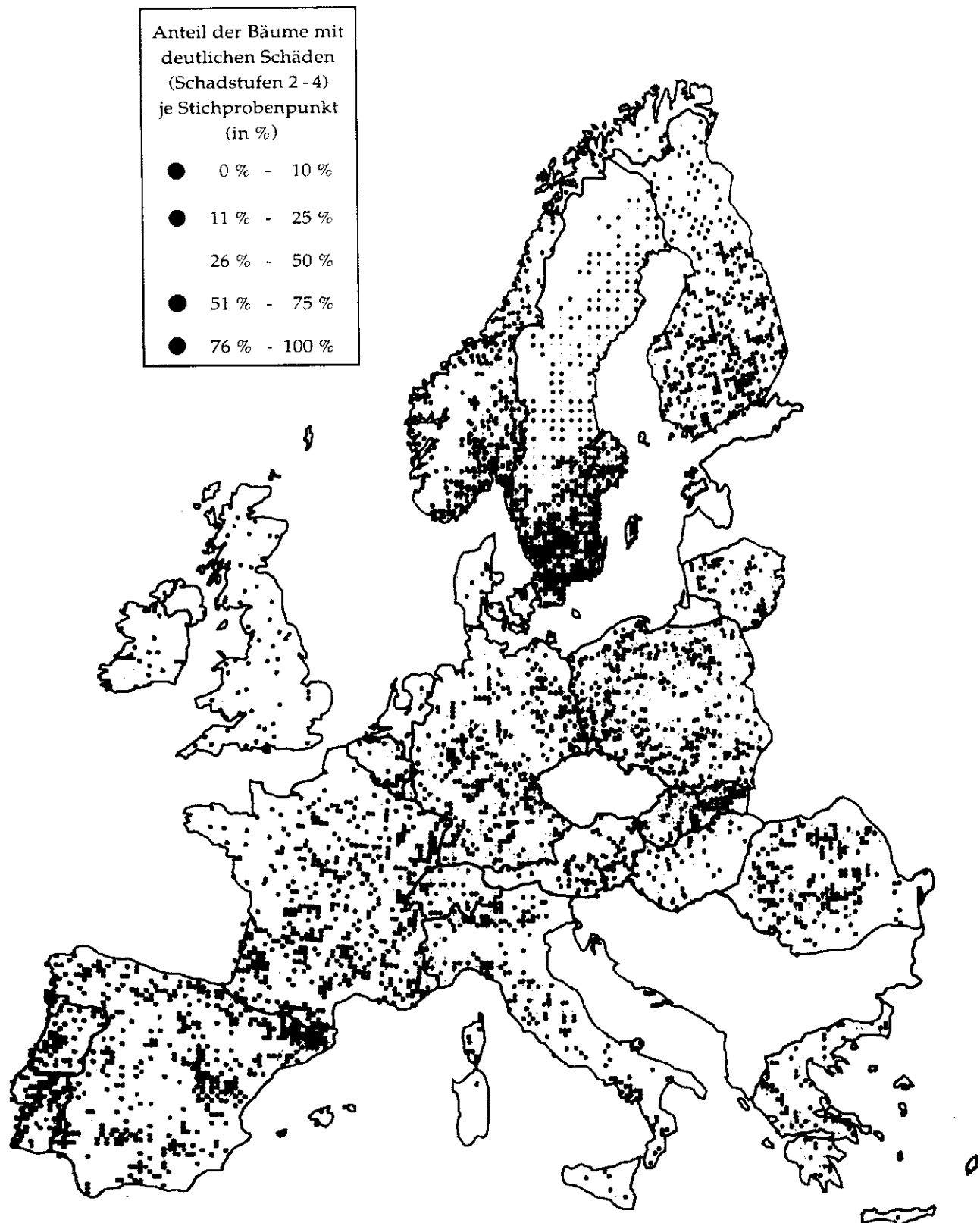
Dem Waldzustandsbericht der Kommission der Europäischen Gemeinschaften liegt — anders als bei UN/ECE — eine grenzüberschreitende (transnationale) Auswertung der erhobenen Daten zugrunde. Inzwischen beteiligen sich neben den 12 EG-Staaten 11 weitere europäische Staaten ⁶⁾ an dieser Erhebung.

⁵⁾ Die neuesten verfügbaren Angaben auf europäischer Ebene sind die Ergebnisse der UN/ECE- bzw. der EG-Waldschadenserhebungen des Jahres 1992. Weitere Informationen hierzu sind dem Gemeinsamen Bericht der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (ECE) und der Kommission der Europäischen Gemeinschaften mit dem Titel „Der Waldzustand in Europa — Ergebnisse der Erhebung 1992“ zu entnehmen. Dieser Bericht kann über das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten bezogen werden.

⁶⁾ Finnland, Litauen, Norwegen, Österreich, Polen, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Ungarn und Tschechien (vgl. Karte 3).

WALDSCHÄDEN IN EUROPA

(Ergebnisse der EG-Waldschadenserhebung 1992)



Übersicht 9

Ergebnisse der transnationalen EG-Waldschadenserhebung 1992

Baumart	Anteil der Schadstufen [in %]		
	0	1	2—4
Nadelbäume	40,7	35,0	24,3
Laubbäume	46,5	31,3	22,2
alle Baumarten	43,0	33,5	23,5

Übersicht 10

Entwicklung der Waldschäden für wichtige Baumarten in der EG von 1988 bis 1992

(Unterstichprobe der Stichprobenbäume, die an den Erhebungen von 1988 bis 1992 beteiligt waren)

Baumart	Jahr	Anteil der Schadstufen [in %]		
		0	1	2—4
Fichte (<i>Picea abies</i>)	1988	49,4	33,9	16,7
	1989	47,8	34,5	17,7
	1990	44,7	35,6	19,7
	1991	42,1	33,5	24,4
	1992	37,0	37,7	25,3
Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i>)	1988	55,9	31,3	12,8
	1989	56,5	31,9	11,6
	1990	54,1	31,9	14,0
	1991	45,7	35,0	19,3
	1992	42,6	36,9	20,5
Tanne (<i>Abies alba</i>)	1988	54,9	19,3	25,8
	1989	54,4	23,8	21,8
	1990	55,6	21,8	22,6
	1991	54,5	21,0	24,5
	1992	49,6	26,9	23,5
Buche (<i>Fagus sylvatica</i>)	1988	58,0	28,2	13,8
	1989	58,1	30,1	11,8
	1990	52,5	30,4	17,1
	1991	49,2	32,5	18,3
	1992	43,8	33,4	22,8
Stieleiche (<i>Quercus robur</i>)	1988	44,1	28,9	27,0
	1989	48,7	32,0	19,3
	1990	50,6	26,3	23,1
	1991	42,8	28,9	28,3
	1992	35,0	29,7	35,3
Traubeneiche (<i>Quercus petraea</i>)	1988	61,6	25,4	13,0
	1989	58,1	30,2	11,7
	1990	60,1	30,5	9,4
	1991	54,1	28,6	17,3
	1992	48,5	34,2	17,3

Ergebnisse der transnationalen Waldschadenserhebung der EG 1992 ⁷⁾

1992 wurde im Rahmen der EG-Waldschadenserhebung der Kronenzustand von insgesamt rund 95 000 Bäumen auf 4 500 Stichprobenpunkten eingeschätzt. Die Ergebnisse sind aus Übersicht 9 sowie Karte 3 zu ersehen.

Rund 43 % der Bäume zeigten 1992 keine sichtbaren Schäden (Schadstufe 0), ca. 34 % hatten schwache Schäden (Schadstufe 1), ca. 24 % deutliche Schäden (Schadstufen 2—4). Die Laubbäume wiesen mit einem Anteil von rund 22 % deutlichen Schäden geringere Nadel-/Blattverluste auf als die Nadelbäume mit einem Anteil von ca. 24 %.

Unter den Klimaregionen Europas war der subatlantische Raum mit einem Anteil deutlicher Schäden von ca. 38 % am stärksten betroffen. In den anderen Klimaregionen schwankt der Anteil der Bäume in diesen Schadstufen zwischen ca. 8 % (südatlantische Region) und ca. 26 % (nordatlantische Region).

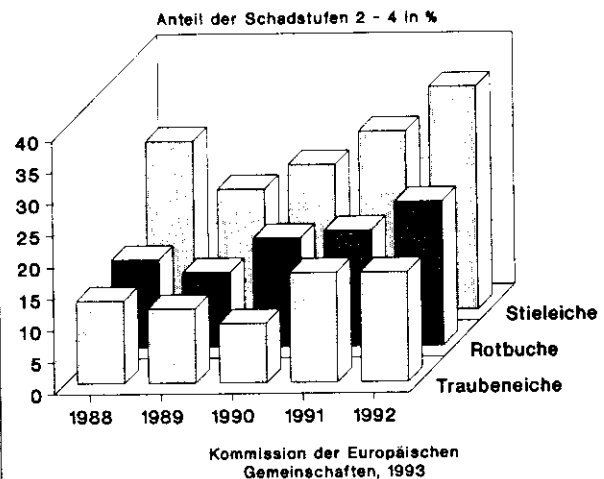
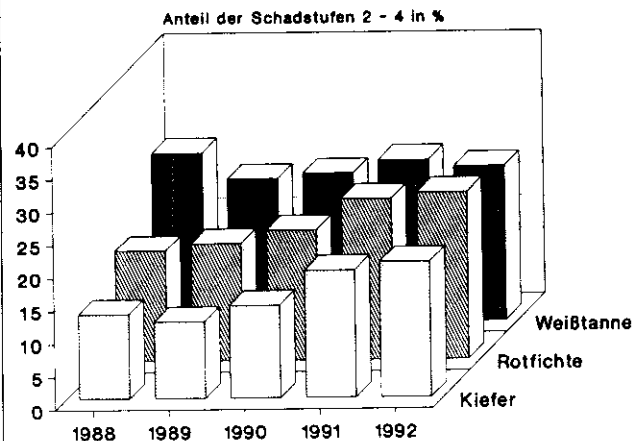
Übersicht 9 und Graphik 16 zeigen die zeitliche Entwicklung der Waldschäden in der EG anhand einer Gruppe von insgesamt 31 530 Stichprobenbäumen, die an den Erhebungen von 1988 bis 1992 beteiligt waren. Bei dieser Gruppe war der Anteil der als geschädigt eingestuftten Bäume erheblich. Von den bewerteten Baumarten zeigten alle mit Ausnahme der Tanne eine mehr oder weniger deutliche Zunahme des Anteils geschädigter Bäume.

- Bei den Nadelbäumen war alle Jahre hindurch der Anteil geschädigter Bäume bei der Sitkafichte am größten; gleichzeitig nahm dieser Anteil stark zu, und zwar von 28,8 % im Jahre 1988 auf 36,8 % im Jahre 1992. Auch bei der Weißtanne war der Anteil geschädigter Bäume hoch, nahm aber in den fünf Beobachtungsjahren geringfügig von 25,8 % auf 23,5 % ab. Der auffälligste Anstieg des Anteils geschädigter Bäume wurde bei der Schwarzkiefer festgestellt mit 4,1 % geschädigter Bäume im Jahre 1988 und 21,3 % im Jahre 1992. Bei der Rotfichte und der Gemeinen Kiefer stieg der Anteil geschädigter Bäume kontinuierlich von 16,7 % auf 25,3 %, bzw. von 12,8 % auf 20,5 %.
- Bei den Laubbäumen fiel der drastische Anstieg des Anteils geschädigter Bäume bei Korceiche von 0,6 % im Jahre 1988 auf 42,6 % im Jahre 1990 besonders auf. Bei den anderen Laubbaumarten hatte die ganze Zeit hindurch Stieleiche den größten Anteil geschädigter Bäume und zeigte ebenfalls eine deutliche Zunahme dieses Anteils von 27,0 % im Jahre 1988 auf 35,5 % im Jahre 1992. Der Anteil geschädigter Bäume bei Buche und Traubeneiche erhöhte sich von 13,8 % auf 22,8 % und von 13,0 % auf 17,3 %.

⁷⁾ Die neuesten verfügbaren Angaben auf europäischer Ebene sind die Ergebnisse der UN/ECE- bzw. der EG-Waldschadenserhebungen des Jahres 1992. Weitere Informationen hierzu sind dem Gemeinsamen Bericht der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (ECE) und der Kommission der Europäischen Gemeinschaften mit dem Titel „Der Waldzustand in Europa — Ergebnisse der Erhebung 1992“ zu entnehmen. Dieser Bericht kann über das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten bezogen werden.

Graphik 16

Entwicklung der Waldschäden für wichtige Baumarten in der EG von 1988 bis 1992



2.3 Schwerpunkte der zukünftigen internationalen Zusammenarbeit

Die intensive internationale Zusammenarbeit im Bereich der Waldschadensüberwachung soll fortgeführt werden. In diesem Zusammenhang veröffentlichten EG und UN/ECE seit 1992 die Ergebnisse ihrer Waldschadenserhebungen in Form eines gemeinsamen jährlichen Berichtes.

Schwerpunkt der zukünftigen internationalen Zusammenarbeit im Bereich der Waldschadenserhebung ist die Vervollständigung der bestehenden Beobachtungsnetze. Außerdem sollen auch auf internationaler Ebene zusätzliche, für das Ökosystem Wald wesentliche Faktoren in die Beobachtung einbezogen werden.

Auf diese Ziele haben sich anlässlich der Europäischen Ministerkonferenz zum Schutz des Waldes (Straßburg, 1990) 32 europäische Staaten geeinigt. Hierzu haben sie eine „Resolution zur Einrichtung eines

europäischen Netzes von Dauerbeobachtungsflächen im Ökosystem Wald" beschlossen, die inzwischen von vier weiteren europäischen Staaten unterzeichnet wurde. Kernpunkte sind

- die Selbstverpflichtung der Unterzeichnerstaaten zur weiteren und noch intensiveren Mitarbeit im Rahmen der UN/ECE-Sonderarbeitsgruppe zur Erfassung und Überwachung der Waldschäden (d. h. insbesondere Beteiligung an den jährlichen Waldschadenserhebungen),
- die Verstärkung dieser internationalen Anstrengungen durch
 - schrittweise Ergänzung der UN/ECE-Waldschadenserhebung um Beobachtungskriterien für Standortbedingungen und Baumvitalität sowie

- die Einbeziehung von Dauerbeobachtungsflächen im Wald, auf denen intensive, wissenschaftliche Untersuchungen (z. B. zu Ursache-Wirkungsbeziehungen) durchgeführt werden.

Diese Vorschläge werden gegenwärtig von der EG und der UN/ECE-Sonderarbeitsgruppe umgesetzt:

- Die Durchführung einer europaweiten Bodenzustandserhebung, bei der wesentliche Elemente der deutschen Bodenzustandserhebung berücksichtigt werden, ist bereits beschlossen.
- Außerdem arbeiten inzwischen vier internationale Expertengruppen an Kriterien für eine einheitliche Durchführung von Zuwachs- und Depositionsmessungen sowie von Boden- und Nadel-/Blatt-Analysen in den beteiligten Staaten.

3.0 Ursachen der neuartigen Waldschäden — Ergebnisse der Waldschadensforschung ⁸⁾

Ausgehend von dem starken Anstieg der Waldschäden in den frühen 80er Jahren haben Bund und Länder im Rahmen des Aktionsprogrammes „Rettet den Wald“ mit der Förderung einer umfangreichen Waldschadensforschung zur Untersuchung der Ursachen und Wirkungsmechanismen der neuartigen Waldschäden begonnen (vgl. hierzu auch Abschnitt 4.3). An der nunmehr zehnjährigen intensiven Forschungsarbeit zum Problem der „Neuartigen Waldschäden“ waren viele Disziplinen der Wissenschaftsbereiche Biologie, Meteorologie, Geowissenschaften und Forstwissenschaften beteiligt. Der deutschen Forschung ist es in diesem relativ kurzen Zeitraum gelungen, wesentliche Fragen sowie Ursache-Wirkungsbeziehungen aufzuklären. Sie hat damit wichtige Impulse gegeben und Grundlagen für umweltpolitische Entscheidungen erarbeitet.

Hypothesen, daß die neuartigen Waldschäden durch Schädlinge oder pathogene Mikroorganismen (z. B. Pilze, Viren, Bakterien) verursacht würden, erwiesen sich als nicht haltbar. Obwohl zur Lebensgemeinschaft der Waldökosysteme eine Vielzahl von auch pathogenen Mikroorganismen gehört, konnten keine gefunden werden, auf die das Phänomen der Waldschäden ursächlich zurückgeführt werden kann. Auch elektromagnetische Wellen konnten als Ursache der neuartigen Waldschäden wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden.

Das Phänomen der neuartigen Waldschäden geht vielmehr auf eine Vielzahl von biotischen und abiotischen Faktoren zurück, die in der Summe und — an den einzelnen Standorten — mit unterschiedlichem

Gewicht zusammenwirken. Anthropogene Luftverunreinigungen aus Industrieanlagen, Kraftwerken, Verkehr, Haushalten, Kleinverbrauch und Landwirtschaft spielen eine Schlüsselrolle. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Schwefeldioxid (SO_2), Stickstoffoxide (NO_x) und Ammoniak (NH_3), die auf zweifache Weise auf den Organismus wirken; einerseits direkt auf die oberirdischen Pflanzenorgane, andererseits indirekt über den Eintrag von Säuren, Sulfat, Nitrat und Ammonium in den Boden.

Die Vielfalt der Zusammenhänge und die räumlich sehr stark wechselnden Standorts-, Bestandes-, Bewirtschaftungs- und Belastungsfaktoren führen zu sehr unterschiedlichen Schadsymptomen und -verläufen.

3.1 Oberirdischer Wirkungspfad: Einwirkung von Schadgasen auf die Blattorgane

Unter dem oberirdischen Wirkungspfad wird die direkte Einwirkung von Schadgasen auf oberirdische Pflanzenteile verstanden. Diese Gase dringen v. a. über die Spaltöffnungen (Stomata) der Blattorgane in die Pflanzen ein.

- **Schwefeldioxid** (SO_2) verursacht — in Abhängigkeit von der Höhe und Einwirkungsdauer der Konzentrationen sowie vom Ernährungszustand und der Vitalität des Baumes — Beeinträchtigungen der Photosynthese, die über Vergilbungen bis hin zu Nadel-/Blattverlusten führen können. Die von extrem hohen SO_2 -Emissionen aus sächsischen Industrieanlagen des 19. Jahrhunderts verursachten Schäden gingen als Rauchgasschäden in die Literatur ein. In den alten Ländern werden direkte Schadwirkungen von SO_2 (im Sinne der

⁸⁾ Weitere Informationen zu diesem Themenbereich enthält die Broschüre des Bundesministeriums für Forschung und Technologie: „10 Jahre Waldschadensforschung — Bilanz und Ausblick“, 1992.

Rauchgasschäden) heute allenfalls noch in Ausnahmefällen beobachtet. In den neuen Ländern sind sie jedoch — v. a. im Erzgebirge — noch vorhanden.

Auch geringe SO_2 -Konzentrationen bleiben nicht ohne Wirkung. Von Bedeutung ist dabei insbesondere ihre Wechselwirkung mit anderen Prozessen. Z.B. fördert das als Ammoniumsulfat auf den Nadel-/Blattoberflächen abgesetzte SO_2 Nährstoffungleichgewichte in der Pflanze. Gleichzeitig wird die SO_2 -Empfindlichkeit von Pflanzen infolge von Nährstoffmangel erhöht.

- **Stickstoffoxiden** (NO_x) kommt bei den neuartigen Waldschäden eine besondere Bedeutung zu. Einerseits sind sie eine wichtige Vorläufersubstanz für bodennahes, pflanzenschädigendes Ozon⁹⁾. Andererseits erzeugen sie an den Pflanzen/Bäumen eine direkte Wirkung: Die Pflanze nimmt die NO_x über ihre Blattorgane auf und nutzt den darin enthaltenen Stickstoff (N) als Nährstoff. Akute Beeinträchtigungen der Photosynthese durch NO_x treten erst bei sehr hohen Konzentrationen auf, wie sie in Waldgebieten kaum beobachtet werden. Die NO_x wirken somit i.d.R. wie „Blattdünger“. Das dadurch angeregte Pflanzenwachstum erhöht den Bedarf an anderen Nährstoffen (insbes. Magnesium). Auf vielen Waldstandorten stehen diese für ein verstärktes Pflanzenwachstum notwendigen Nährstoffe jedoch nicht ausreichend zur Verfügung, so daß die Aufnahme von NO_x dann zu Nährstoffungleichgewichten und sogen. induziertem Nährstoffmangel führt. Die Folge der Stickstoffeinträge sind — neben erhöhtem Pflanzenwachstum — eine höhere Anfälligkeit der Bäume gegen Streßfaktoren (z. B. Trockenheit, Fröste) und Schadeinwirkungen (z. B. Immissionen, Pilze, Insekten).
- Auch **Ammoniak** (NH_3) wirkt — wie NO_x — bei geringen Konzentrationen wachstumsfördernd auf Pflanzen. Dabei trägt es ebenfalls zur Entstehung von Nährstoffungleichgewichten und erhöhter Anfälligkeit der Bäume gegen Streßfaktoren bei. Bei höheren Konzentrationen hemmt es die Photosynthese, bei sehr hohen Konzentrationen führt es zu Schädigungen an den Blattorganen. NH_3 ist äußerst reaktionsfreudig, so daß sich ca. 80 % des emittierten NH_3 in der Luft innerhalb einer Stunde zu — luftverfrachtbaren — Ammoniumverbindungen (NH_4) umwandeln, die dem Ferntransport unterliegen. Ammoniak tritt daher praktisch nur als Nahemission (Schadwirkung im Bereich von ein bis zwei Kilometern) auf.
- **Flüchtige organische Verbindungen** (VOC, z. B. Propan, Benzol, Formaldehyd, Aceton) sind einerseits Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon; andererseits können auch sie direkte Wirkungen an Pflanzen verursachen. So wurde in geschädigten Bäumen z. B. die Anreicherung von Trichlores-

sigsäure festgestellt. Allerdings stößt die Forschung hier auf die Grenzen der derzeitigen Meßtechnik. Auch sind angesichts der Vielzahl der den VOC zuzurechnenden Verbindungen noch Fragen offen.

- **Bodennahes Ozon** (O_3) entsteht unter Einfluß von ultravioletter Sonnenstrahlung aus NO_x und VOC. Auch Ozon beeinträchtigt die Photosynthese und führt darüber hinaus zu weiteren Wirkungen an Pflanzen: So konnte ein „Ozongedächtnis“ nachgewiesen werden, d. h. Nadeln, die einer erhöhten Ozonkonzentration ausgesetzt waren, zeigen im Folgejahr eine erhöhte Ozon-Empfindlichkeit. Außerdem wird vermutet, daß Ozoneinwirkung in der vorhergehenden Vegetationsperiode später zu einer höheren Empfindlichkeit gegen Frosttrocknis führt.

3.2 Unterirdischer Wirkungspfad: Eintrag von Schadstoffen in den Waldboden

Unter dem unterirdischen Wirkungspfad wird die durch den Eintrag von Schadstoffen in den Waldboden verursachte Schädigung von Waldökosystemen verstanden. Die Bäume kämmen aufgrund der großen Oberfläche ihrer Kronen Luftschadstoffe aus der Atmosphäre aus. Die Schadstoffeinträge (Depositionen) in Wälder liegen daher unter Laubbaumbeständen durchschnittlich um das 1,5 bis 2fache, unter Fichtenbeständen um das 3 bis 4fache über den im Freiland gemessenen Werten (vgl. Abschnitt 1.4).

Die Waldschadensforschung hat gezeigt, daß den Schadstoffdepositionen eine besondere Bedeutung zukommt. Während die Wirkung von Schadgasen im allgemeinen sofort abklingt, wenn deren Konzentrationen — z. B. aufgrund gesetzgeberischer Maßnahmen — verringert werden, handelt es sich beim unterirdischen Wirkungspfad um einen kumulativen Effekt: Die Schadstoffe reichern sich im Boden im Laufe der Jahre an und führen zu Veränderungen der Stoffgehalte, der Puffer- und Sorptionsfähigkeit sowie der biologischen Eigenschaften der Böden, die lange nachwirken und teilweise irreversibel sind. Auch wenn die Deposition von weiteren Schadstoffen umgehend eingeschränkt wird, bleibt die Wirkung der bereits eingetragenen noch längere Zeit erhalten.

Für die Waldböden sind insbesondere versauernde und düngende Wirkungen von Schadstoffeinträgen von Bedeutung:

- **Säureeinträge:** Insbesondere die Einträge von Sulfatschwefel, Nitrat- und Ammoniumstickstoff führen zu erheblichen Säurebelastungen in den Waldböden (vgl. Abschnitt 1.4). Die wesentliche Wirkung dieser Säureeinträge ist die anhaltende Versauerung der Böden und damit auch des Grund- und Quellwassers, die inzwischen in ganz Europa nachgewiesen wurde. Mit der Versauerung einher geht die Auswaschung von Nährstoffen (insbesondere von Kalzium, Magnesium und Kalium). Dadurch kommt es zu Nährstoffungleichgewichten und zu einer Destabilisierung der betroffenen Waldökosysteme. Gleichzeitig führt sie zu einer

⁹⁾ Hiermit ist die Einwirkung des Ozons in den bodennahen Luftschichten auf die Pflanzen gemeint, nicht aber die schwindende Schutzwirkung des Ozons in der Stratosphäre gegen die pflanzenschädigende UV-Strahlung („Ozonloch“).

Freisetzung von toxischen Metallverbindungen, wobei Aluminium-Ionen für Wurzelschäden insbesondere im Unterboden verantwortlich gemacht werden. Als Folge der Säureeinträge verlagern die Bäume ihre Wurzelaktivität in die oberen Bodenhorizonte; sie werden damit anfälliger gegen Trockenheit, Sturm und Nährstoffmangel.

- **Stickstoffeinträge:** Bis zur Mitte dieses Jahrhunderts begrenzte Stickstoffmangel auf vielen Waldstandorten das Pflanzenwachstum. Auf diesen mit Stickstoff unterversorgten Standorten haben die Einträge von Nitrat und Ammonium zunächst das Pflanzenwachstum angeregt. Anhaltende Stickstoffeinträge führen jedoch auf mit anderen Nährstoffen schwach versorgten Standorten zu Nährstoffungleichgewichten und erhöhen so die Anfälligkeit der Bäume gegen andere Schadfaktoren. Ein überhöhtes Stickstoffangebot kann z. B. die Frostempfindlichkeit der Bäume erhöhen. Außerdem kann es die Nahrungsqualität für blatt/nadelfressende Insekten verbessern und damit deren Massenvermehrung begünstigen (vgl. Abschnitt 1.32). Nitrat und Ammonium sind außerdem an der Versauerung der Waldböden beteiligt. Nitrat, das auch bei der Umsetzung von Ammonium entsteht, kann in Verbindung mit anderen Pflanzennährstoffen aus dem Boden ausgewaschen werden (Nährstoffverarmung). Es führt darüber hinaus in Oberflächengewässern zur Überdüngung (Eutrophierung), im Grundwasser verringert es dessen Qualität als Trinkwasser.

3.3 Zusammenfassende Bewertung der Forschungsergebnisse

Aus der Sicht der Waldschadens- und Waldökosystemforschung gibt es für den Wald noch keine Entwarnung.

Schadstoffe werden mit der Luft sehr weit transportiert. Sie wirken nicht nur direkt auf Pflanzen, Tiere

und Menschen, sondern verändern bereits in vielen Bereichen die Bodenverhältnisse und lösen damit indirekte Wirkungen (z. B. auf die Grundwasserqualität) aus. So verursachen sie in den Waldökosystemen erhebliche Veränderungen, die zunächst unsichtbar bleiben. Die Schadstoffeinträge reichern sich im Boden an und bleiben dort über längere Zeit wirksam, auch wenn keine weitere Deposition mehr stattfinden würde.

Besorgniserregend sind in diesem Zusammenhang insbesondere Nährstoffverluste und Versauerungseffekte im Waldboden, Nitrat- und Schwermetallbelastungen des Wasserkörpers, Veränderungen in der Wurzeltracht der Bäume und Verschiebungen im Artenspektrum bis hin zur Artenverarmung.

Die direkte Wirkung von Luftschadstoffen wird häufig von wachstumsfördernden Impulsen begleitet und z. T. überlagert (insbes. durch Stickstoffeinträge). So ist zu beobachten, daß viele Wälder heute selbst bei verringerter Nadel-/Blattmasse stärker wachsen als noch vor 50 Jahren. Die Größenordnung der jährlichen Stickstoffeinträge (vgl. Abschnitt 1.4) überschreitet auf den meisten Standorten jedoch den Stickstoffverbrauch durch die Pflanzen bzw. Wälder bei weitem. Durch die fortgesetzt hohen Stickstoffeinträge sind bereits viele Waldökosysteme nicht mehr in der Lage, den von außen zugeführten Stickstoff in ihren Kreislauf einzubauen. Folglich geben sie den Überschuß — zum Teil in umweltbelastender Form — wieder ab, u. a. als Nitrat in das Grundwasser (Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität); es liegen auch Hinweise darauf vor, daß die Wälder vermehrt Lachgas (hochwirksames Treibhausgas) in die Atmosphäre emittieren. Gleichzeitig führen Nährstoffauswaschung und Bodenversauerung zu Nährstoffungleichgewichten, was zusätzlich zur Destabilisierung der Waldökosysteme beiträgt.

Auch dies belegt die Notwendigkeit einer weiteren Verminderung von Schadstoffemissionen, insbesondere von Stickstoffverbindungen.

4.0 Maßnahmen der Bundesregierung gegen die neuartigen Waldschäden

Zur Bekämpfung der neuartigen Waldschäden hat die Bundesregierung bereits 1983 das Aktionsprogramm „Rettet den Wald“ beschlossen, das inzwischen in seiner dritten Fortschreibung (1989) vorliegt. Es handelt sich hierbei um ein Bündel von Maßnahmen. Zu den wesentlichen Elementen zählen:

- eine konsequente Politik der Luftreinhaltung auf nationaler und internationaler Ebene,
- die Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen (Bodenschutzkalkung, Vor-/Unterbau und Wiederaufforstung) im Rahmen der Gemein-

schaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“,

- die Förderung einer interdisziplinären Waldschadens- und Waldökosystemforschung durch Bund und Länder,
- die Überwachung der neuartigen Waldschäden durch jährliche Erhebungen sowie
- Maßnahmen zur Erhaltung der forstlichen Genressourcen.

4.1 Luftreinhaltung ¹⁰⁾

4.11 Nationale Maßnahmen

Die Minderung der Schadstoffemissionen ist eine zentrale und vorrangige Aufgabe der Umweltpolitik der Bundesregierung. Der Grundsatz der Umweltvorsorge und die Durchsetzung des Verursacherprinzips haben in diesem Zusammenhang eine entscheidende Bedeutung. Die daraus abgeleitete Leitlinie des Handelns ist, Umweltrisiken infolge von Schadstoffeinträgen entsprechend dem Stand der Technik zu vermindern. Die Bundesregierung hat diese Grundsätze in Rechtsvorschriften festgelegt sowie mit Hilfe weiterer Maßnahmen die Rahmenbedingungen für die konsequente Verringerung der Schadstoffemissionen geschaffen.

Durch den Einigungsvertrag wurden endgültig die rechtlichen Voraussetzungen für die Geltung und die Anwendung des bundesdeutschen Umweltschutzrechts in den neuen Ländern geschaffen. Um den Besonderheiten in den neuen Ländern, insbesondere der Vorbelastungssituation und der Verwaltungsstruktur, Rechnung zu tragen, wurden einige Rechtsvorschriften ergänzt bzw. finden mit entsprechenden Maßgaben Anwendung. Der Kernbereich dieser Regelungen war bereits auf Grundlage des Artikels 16 des Staatsvertrages über die Schaffung der Währungs-, Wirtschafts- und Sozialunion und das Umweltrahmengesetz der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik (DDR) mit Wirkung vom 1. Juli 1990 im Gebiet der neuen Länder in Kraft getreten. Bei den übernommenen Vorschriften handelt es sich um die zentralen Regelungsbereiche des Umweltrechts der Bundesrepublik Deutschland, die damit gleichzeitig auch einen umfangreichen Bestand umweltrechtlicher Vorschriften der Europäischen Gemeinschaften indirekt überleiteten.

Die wichtigste Rechtsgrundlage für Maßnahmen zur Luftreinhaltung ist das Bundes-Immissionsschutzgesetz von 1974, zuletzt geändert 1993, mit folgenden wesentlichen anlagenbezogenen Rechts- und Verwaltungsvorschriften:

- Großfeuerungsanlagen-Verordnung (1983),
- Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (1986),
- Kleinf Feuerungsanlagen-Verordnung (1988),
- Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (1990, zuletzt geändert 1991),
- Verordnungen zur Begrenzung von Kohlenwasserstoffemissionen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen sowie bei der Betankung von Kraftfahrzeugen (1992).

Die wichtigsten Schritte zur Minderung der verkehrsbedingten Umweltbelastungen sind:

- 1985 wurde das bleifreie Benzin eingeführt.

¹⁰⁾ Weitere Informationen hierzu sind im Fünften Immissionsschutzbericht der Bundesregierung enthalten (BT-Drucksache 12/4006 vom 15. Dezember 1992).

- 1988 wurde verbleites Normalbenzin verboten.
- Von 1985 bis 1992 wurde der schadstoffarme Pkw gefördert.
- Seit Januar 1993 müssen EG-weit alle neu zugelassenen Pkw mit Ottomotor strenge Abgasnormen erfüllen. Hierzu ist derzeit die Ausstattung der Fahrzeuge mit dem geregelten Dreiwegekatalysator erforderlich (1. Stufe des Dreistufenplans der europäischen Abgasgesetzgebung für alle Kfz).
- Im Juni 1993 haben das Bundesministerium für Verkehr und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit eine Verordnung erlassen, nach der alle neuen Omnibusse über 10 t und Lkw über 12 t mit einem Geschwindigkeitsbegrenzer (Busse: 100 km/h, Lkw: 85 km/h) ausgerüstet sein müssen; ältere Fahrzeuge mit Zulassung nach dem 1. Januar 1988 sind nachzurüsten.
- Im Juni 1993 hat die Bundesregierung eine Verordnung nach § 40 Abs. 2 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes verabschiedet, in der Konzentrationswerte für Stickstoffdioxid, Benzol und Ruß festgelegt sind. Beim Erreichen dieser Konzentrationswerte sind die zuständigen Behörden gehalten zu prüfen, ob verkehrsbeschränkende Maßnahmen in bestimmten Gebieten oder auf bestimmten Straßen unter Berücksichtigung der Verkehrsbedürfnisse und der städtebaulichen Belange zur Verminderung schädlicher Einwirkungen auf die Umwelt notwendig sind; die Verabschiedung der Verordnung durch den Bundesrat steht noch aus.
- Seit Oktober 1993 gelten in der EG deutlich verschärfte Abgasnormen für Lkw; sie werden in der 2. Stufe des o. g. Dreistufenplans, die am 1. Oktober 1996 in Kraft treten wird, weiter verschärft.
- Ab Dezember 1993 gilt die Abgasuntersuchung (AU) für alle Kfz.
- Weitere Maßnahmen auf EG-Ebene zur Verbesserung der Umweltqualität der Ottokraftstoffe, z. B. durch EG-weite Herabsetzung des Benzolgehaltes von derzeit 5 auf 1 Vol.-%.
- Ab 1. Oktober 1996 wird EG-weit schwefelarmer Dieseldieselkraftstoff mit max. 0,05 Gew.% Schwefel eingeführt. Um dies am deutschen Markt zu beschleunigen, hat die Bundesregierung im September 1993 eine Kraftstoffqualitätsverordnung verabschiedet, durch die eine optionale Auszeichnung von schwefelarmem Dieseldieselkraftstoff bereits zum 1. Oktober 1994 möglich ist; der Bundesrat hat dieser Verordnung am 5. November 1993 zugestimmt.

Zur Verminderung der verkehrsbedingten Schadstoffemissionen werden darüber hinaus auch folgende Maßnahmen der Bundesregierung beitragen:

- Mit dem neuen Bundesverkehrswegeplan 1992 hat die Bundesregierung auch eine stärkere ökologische Orientierung in der Verkehrspolitik eingeleitet: Erstmals liegen die Investitionen für die Eisenbahnen höher als die für die Straße. Die für

die umweltfreundlicheren Verkehrsträger Eisenbahn und Binnenschiff vorgesehenen Investitionen erreichen damit 55 %. Außerdem entfallen von den 17 „Verkehrsprojekten deutsche Einheit“ neun auf Eisenbahnbaumaßnahmen, eine auf Wasserstraßenbau und sieben auf Straßenbaumaßnahmen. Vor allem aus Gründen des Umweltschutzes fördert die Bundesregierung den Ausbau des sogen. Kombinierten Verkehrs (KV); er ist ein wesentliches Element zur Verlagerung des Straßengüterfernverkehrs auf die Schiene. Allein 1992 wurde der KV mit 214 Mio. DM gefördert. Im Bundesverkehrswegeplan sind für Umschlaganlagen der Deutschen Bahnen 4,1 Mrd. DM vorgesehen.

- Im Rahmen des Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes stellt die Bundesregierung den Kommunen erhebliche Finanzmittel (Investitionshilfen) zur Verbesserung des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) zur Verfügung; die Finanzmittel für 1992 und 1993 werden noch über den rd. 2,0 Mrd. DM für 1991 liegen. Zu den förderungswürdigen Maßnahmen zählt z. B. auch der Bau von P + R-Anlagen, die das Umsteigen vom Pkw auf den ÖPNV erleichtern sollen.
- Mit dem Steueränderungsgesetz vom Februar 1992 wurde die Gesamtausstattung des Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes von 1993 bis 1995 um jeweils 3 Mrd. DM auf insgesamt 6,28 Mrd. DM erhöht.

Neben dem Anlagen- und dem Verkehrsbereich ist die Landwirtschaft eine weitere wesentliche Quelle von umweltrelevanten Emissionen. Stickstoff-Emissionen aus der Landwirtschaft, v. a. Ammoniak (NH_3), tragen gebietsweise erheblich zum Entstehen von Waldschäden bei. Allerdings wird die von Bund und Ländern — mit Blick auf eine umweltverträgliche landwirtschaftliche Produktion — verfolgte Agrarpolitik zu einer Verringerung des Beitrages der Landwirtschaft an den neuartigen Waldschäden führen. In diesem Zusammenhang sind v. a. folgende Maßnahmen wichtig:

- Beratung der landwirtschaftlichen Betriebe zu umweltgerechter landwirtschaftlicher Produktion; im Mittelpunkt stehen dabei v. a.
 - eine pflanzenbedarfs- und standortgerechte Düngung und
 - eine bedarfsangepaßte Tierernährung (Vermeiden überhöhter Proteinzufuhr).
- Berücksichtigung der Erfordernisse des Umweltschutzes durch die Flächenbindung der Tierhaltung im Rahmen der einzelbetrieblichen Investitionsförderung bei Investitionen in der Tierproduktion (Kriterien sind u. a.: Tierbesatz von max. 2,5 GV¹¹⁾/ha, betriebseigene Futterproduktion, Güllelagerkapazität für mind. sechs Monate), z. B. für technische Maßnahmen im Stall (Stallklima-

gestaltung) sowie Maßnahmen bei Lagerung und Ausbringung von Fest- und Flüssigmist (Behälterabdeckung oder bodennahe Flüssigmistausbringung).

- Gezielte finanzielle Förderung umweltschonender Produktionsverfahren bei gleichzeitiger Anpassung der Agrarproduktion an die Markterfordernisse durch Extensivierung und Erstaufforstung im Rahmen der flankierenden Maßnahmen zur EG-Agrarreform, ergänzt durch gebietsspezifische Länderprogramme.

Die Umstellung auf eine umweltgerechte landwirtschaftliche Produktion wird durch eine verstärkte Berücksichtigung von Umweltaspekten im landwirtschaftlichen Fachrecht (z. B. Düngemittelrecht, Pflanzenschutzrecht, Futtermittelrecht) unterstützt. Außerdem tragen hierzu die von den Agrarministern der Länder am 1. Oktober 1993 erweiterten Grundsätze ordnungsgemäßer Landbewirtschaftung bei.

Neben dem landwirtschaftlichen Fachrecht prägen auch andere umweltrelevante Rechtsbereiche (z. B. Wasserrecht, Abfallrecht und Immissionsschutzrecht) zunehmend den rechtlichen Rahmen der landwirtschaftlichen Produktion.

4.12 Internationale Zusammenarbeit

Luftverunreinigungen sind grenzüberschreitend. Daher sind aus ökologischen, aber auch aus ökonomischen Gründen gemeinsame Anstrengungen der Staaten erforderlich. Für die Bundesrepublik Deutschland als einem der wichtigsten Industriestaaten ist internationale Umweltpolitik nicht zuletzt auch ein Gebot weltweiter Solidarität. In diesem Zusammenhang sind insbesondere folgende internationale Vereinbarungen von Bedeutung:

Die Bundesrepublik Deutschland hat die **Genfer Luftreinhaltekonvention** (Übereinkommen vom 13. November 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung) gemeinsam mit 32 Staaten unterzeichnet. Damit hat sie sich — ebenso wie die anderen Vertragsstaaten — dazu verpflichtet, Luftverunreinigungen soweit wie möglich zu verringern. Die Verpflichtungen im einzelnen sind in spezifischen Protokollen enthalten:

- Im sogenannten **Helsinki-Protokoll** (1984) — für die Bundesrepublik Deutschland seit 1987 in Kraft — haben sich 21 Staaten aus Ost und West verpflichtet, ihre jährlichen nationalen **Schwefeldioxidemissionen** (SO_2) bis spätestens 1993 um mindestens 30 % gegenüber dem Niveau von 1980 zu reduzieren. Dieses Ziel wurde in den alten Ländern der Bundesrepublik Deutschland bereits 1990 mit 71 % weit übertroffen; in den neuen Ländern wird es voraussichtlich in wenigen Jahren erreicht sein.

Auch die meisten anderen ECE-Staaten haben ihre SO_2 -Emissionen beträchtlich verringert: Sie lagen 1990 in den europäischen Staaten insgesamt um ca. 30 % geringer als 1980 (vgl. Übersicht 11). Eine Reihe von ECE-Ländern, darunter auch die Bundesrepublik Deutschland, plant bereits weiterge-

¹¹⁾ GV = Großvieheinheit; für die einzelnen Tierarten berechnet nach einem bestimmten Schlüssel unter Zugrundelegung des Lebendgewichts. Z. B. entsprechen einer GV: ein Rind (über 2 Jahre) oder etwa sechs Mastschweine (über 50 kg) oder zehn Schafe (über 1 Jahr).

Entwicklung der SO₂-Emissionen (Gesamt) in der ECE von 1980 bis 1990

Land	SO ₂ -Emissionen [in kt SO ₂ /Jahr]		Veränderung	
	1980	1990	in kt	in %
Belgien	828	443	- 385	-46
Bulgarien	1 034	1 266 ^b	+ 232	+22
CSFR (ehemalige)	3 100	2 443	- 657	-21
Dänemark	448	180	- 268	-60
Deutschland (vor dem 1. Oktober 1990)	3 194	940 ^a	- 2 254	-71
ehemalige DDR	4 300	4 750 ^a	+ 450	+10
Finnland	584	260	- 324	-55
Frankreich	3 338	1 260	- 2 078	-62
Griechenland	400	o. A.	o. A.	o. A.
Großbritannien	4 898	3 774	- 1 124	-23
Irland	222	168	- 54	-24
Island	6	o. A.	o. A.	o. A.
Italien	3 800	2 180 ^b	- 1 620	-43
Jugoslawien	1 300	1 480	+ 180	+14
Luxemburg	24	o. A.	o. A.	o. A.
Niederlande	466	207	- 259	-55
Norwegen	140	54	- 86	-61
Österreich	390	90	- 300	-77
Polen	4 100	3 210	- 890	-22
Portugal	266	204 ^c	- 62	-23
Rumänien	1 800	1 800 ^b	± 0	± 0
Rußland (europ. Teil)	7 161	4 460	- 2 701	-38
Spanien	3 319	2 316	- 1 003	-30
Schweden	519	169	- 350	-67
Schweiz	126	62	- 64	-51
Türkei	o. A.	o. A.	o. A.	o. A.
Ukraine	3 850	2 782	- 1 068	-28
Ungarn	1 632	1 010	- 622	-38
Weißrußland	740	596 ^b	- 144	-19
Summe für Europa*	51 555*	36 104*	-15 451*	-30
Kanada	4 614	3 700	- 914	-20
USA	23 400	21 200	- 2 200	- 9

Quelle: UN-ECE, EB.AIR/R.66

o. A. = ohne Angabe

a = gemäß 5. Bundesimmissionsschutzbericht, 1992

b = 1989

c = 1988

* = vorläufig; ohne Griechenland, Island, Luxemburg und Türkei

hende SO₂-Reduktionen. Ein entsprechendes neues ECE-Protokoll, das eine weitere Senkung der SO₂-Emissionen beinhaltet, ist derzeit in Vorbereitung.

- Im sogenannten **Sofia-Protokoll** (1988) — für die Bundesrepublik Deutschland seit 1991 in Kraft — haben sich 25 Staaten zur Verringerung der **Stickstoffoxidemissionen (NO_x)** verpflichtet; sie sollen bis 1994 auf den Stand von 1987 zurückgeführt werden. Die Bundesrepublik Deutschland und elf

weitere Staaten haben sich darüber hinaus verpflichtet, ihre NO_x-Emissionen bis spätestens 1998 um 30 % zu senken. Die Bundesrepublik Deutschland (alte und neue Länder) wird dieses Ziel — nach heutigem Kenntnisstand — erreichen: Die gesamten NO_x-Emissionen gingen von 3,6 Mio. t NO_x im Bezugsjahr 1986 bis 1990 um ca. 10 % auf 3,2 Mio. t zurück.

Übersicht 12 zeigt die Entwicklung der NO_x-Emissionen in den ECE-Staaten von 1987 bis 1990:

Entwicklung der NO_x-Emissionen (Gesamt) in der ECE von 1987 bis 1990

Land	NO _x -Emissionen [in kt NO ₂ /Jahr]		Veränderung	
	1987	1990	in kt	in %
Belgien	297	334	+ 37	+12
Bulgarien	150	156	+ 6	+ 4
CSFR (ehemalige)	1 008	987	- 21	- 2
Dänemark	305	283	- 22	- 7
Deutschland (vor dem 1. Oktober 1990)	2 927	2 600 ^a	-327	-11
ehemalige DDR	670	630 ^a	- 40	- 6
Finnland	270	290	+ 20	+ 7
Frankreich	1 630	1 750	+120	+ 7
Griechenland	746 ^d	o.A.	o.A.	o.A.
Großbritannien	2 480 ^c	2 729	+249	+10
Irland	115	135	+ 20	+17
Island	12 ^d	o.A.	o.A.	o.A.
Italien	1 700	1 761 ^b	+ 61	+ 4
Jugoslawien	400	420	+ 20	+ 5
Luxemburg	19 ^d	o.A.	o.A.	o.A.
Niederlande	559	552	- 7	- 1
Norwegen	229	233	+ 4	+ 2
Österreich	227	222	- 5	- 2
Polen	1 530	1 280	-250	-16
Portugal	116	122 ^c	+ 6	+ 5
Rumänien	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.
Rußland (europ. Teil)	2 353	2 675	+322	+14
Spanien	950 ^c	839	-111	-12
Schweden	431	404	- 27	- 6
Schweiz	187	184	- 3	- 2
Türkei	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.
Ukraine	1 090 ^c	1 097	+ 7	+ 1
Ungarn	276	238	- 38	-14
Weißrußland	287	263 ^b	- 24	- 8
Summe für Europa*	20 187*	20 184*	- 3*	± 0
Kanada	1 887 ^d	1 923	+ 36	+ 2
USA	19 400	19 600	+200	+ 1

Quelle: UN-ECE, EB.AIR/R.66

o.A. = ohne Angabe

a = gemäß 5. Bundesimmissionsschutzbericht, 1992

b = 1989

c = 1988

d = 1985

*) = vorläufig: ohne Griechenland, Island, Luxemburg, Rumänien und Türkei

Sie blieben in den europäischen Staaten in diesem Zeitraum insgesamt unverändert. Ihren Ausstoß wesentlich reduziert haben die Bundesrepublik Deutschland, Polen, Spanien sowie Ungarn. Gleichzeitig stiegen sie in einigen anderen Staaten deutlich an.

— Zur Reduzierung der Emissionen an **flüchtigen organischen Verbindungen** (VOC) in West- und Osteuropa haben 21 Staaten der ECE — ein-

schließlich der Bundesrepublik Deutschland — 1991 in Genf ein weiteres Protokoll unterzeichnet. Darin haben sie sich verpflichtet, ihre VOC-Emissionen bis 1999 um mindestens 30 % zu verringern.

Das Basisjahr für die Bundesrepublik Deutschland ist 1988. Damals lagen die VOC-Emissionen (alte und neue Bundesländer) bei 3,6 Mio. t. Aufgrund

der von der Bundesregierung ergriffenen Maßnahmen werden nach Berechnungen des Umweltbundesamtes die VOC-Emissionen in Deutschland bis zum Jahr 1999 um 40 — 50 % zurückgehen.

Weitere internationale Vereinbarungen bestehen zum **Schutz der Ozonschicht** (Wiener Übereinkommen 1985, Montrealer Protokoll 1987 und seine Verschärfungen durch die Londoner Konferenz vom Juni 1990 und die Kopenhagener Konferenz vom November 1992). Diese Vereinbarungen sind vor dem Hintergrund, daß die Freisetzung der Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) zur Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht beiträgt, wichtig. Die sich aus einem Ozonabbau in der Stratosphäre ergebende erhöhte Einstrahlung von UV-B-Strahlung beeinträchtigt das Pflanzenwachstum. Außerdem tragen die FCKW erheblich zum Treibhauseffekt bei (vgl. Abschnitt 5.0).

Die Bundesrepublik Deutschland setzt sich auch im Rahmen der **Europäischen Gemeinschaften** für gemeinsame Lösungen zur Verbesserung der Luftqualität ein. Meilensteine auf diesem Weg sind:

- Die **Einheitliche Europäische Akte** von 1986, mit der der Umweltschutz als eigenständiger Politikbereich in der EG eingeführt wurde. Sie schreibt wesentliche Grundsätze der gemeinsamen Umweltpolitik (z. B. Vorsorge- und Verursacherprinzip) für die Mitgliedstaaten fest.
- **EG-Richtlinien über Grenz- und Leitwerte der Luftqualität** bei den Schadstoffen SO₂ und Schwebstaub (1980), Blei (1982), NO_x (1985) und Ozon (1992); in der neuen Ozon-Richtlinie werden der Aufbau eines Meßnetzes und ab bestimmten Ozon-Konzentrationen eine Information und Warnung der Bevölkerung vorgeschrieben.
- **Vorbereitung einer EG-weiten VOC-Lösemittel-Richtlinie** für Emissionen aus Industrieanlagen.
- **EG-Richtlinien mit der Verpflichtung** für die Mitgliedstaaten, ihre **SO₂- und NO_x-Emissionen** v. a. aus Kraftwerken und Industrie **zu begrenzen** (z. B. EG-Großfeuerungsanlagenrichtlinie von 1988).

— **EG-Richtlinien zur Einführung schadstoffarmer Kfz**, z. B. zur Einführung von Emissionsgrenzwerten für Pkw (1987), zur Begrenzung von Partikelemissionen von Pkw mit Dieselmotoren (1988) sowie zur weiteren Reduzierung der Emissionen aus Nutzfahrzeugen (1991) und leichten Nutzfahrzeugen (1993); die ständige Verschärfung von Emissionsgrenzwerten entsprechend dem Stand der Technik sowie die zukünftige Einführung von Emissionsgrenzwerten für Motorräder und Mopeds in mehreren Stufen, die Festlegung einheitlicher Grenzwerte für Stickoxid-, Kohlenwasserstoff- und Kohlenmonoxid-Emissionen für alle Pkw durch die „Konsolidierte EG-Richtlinie von 1991 (91/441/EWG)“ und die EG-weite Einführung periodischer Abgasuntersuchungen bei Kfz ab 1993, aber auch die Verabschiedung der Richtlinie zur Begrenzung von VOC-Emissionen bei der Lagerung von Ottokraftstoff und seiner Verteilung bis zu den Tankstellen (sog. Stufe-1-Richtlinie) und die Festlegung produktbezogener Regelungen (z. B. Richtlinie über den Schwefelgehalt von Gasöl, 1993).

Darüber hinaus spielen bei der Verringerung grenzüberschreitender Schadstoffströme bilaterale Umweltabkommen v. a. mit mittel- und osteuropäischen Staaten eine wichtige Rolle.

4.13 Ergebnisse der Luftreinhaltung

Die Luftreinhaltung hat in den alten Ländern der Bundesrepublik Deutschland bereits ein hohes Niveau erreicht. Für die Verursachergruppen Energieerzeuger, Industrie, Haushalte, Kleinverbraucher, Landwirtschaft und Verkehr wurden Maßnahmen ergriffen, um Schadursachen zu beseitigen und ein langfristiges und angemessenes Vorsorgekonzept einzuleiten.

Die hauptsächlich im Laufe der 80er Jahre getroffenen Maßnahmen zeigen im Anlagenbereich bereits spürbare und nachweisbar positive Wirkungen. So ist v. a. der Schadstoffausstoß aus stationären Anlagen deut-

Übersicht 13

Entwicklung der Emissionen von Luftschadstoffen in der Bundesrepublik Deutschland (D) und der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik (DDR) in Mio. t

	1980		1985		1989		1990			Abschätzung ²⁾ für das Jahr 2005 — Gesamt
	D*	DDR	D*	DDR	D*	DDR	D*	DDR	Gesamt	
Staub ¹⁾	0,52	2,50	0,40	2,35	0,28	2,10	0,27	1,85	2,12	0,24
SO ₂	3,20	4,30	2,40	5,40	0,96	5,25	0,94	4,75	5,69	0,55
NO _x	2,95	0,59	2,95	0,64	2,70	0,67	2,60	0,63	3,23	1,70
VOC	2,75	0,89	2,60	0,94	2,55	1,05	2,55	1,10	3,65	1,60

* = Gebietsstand vor dem 1. Oktober 1990

¹⁾ = ohne Schüttgutumschlag

²⁾ = Die Voraussetzungen, die dieser Abschätzung zu Grunde liegen, sind im 5. Bundesimmissionsschutzbericht (1992) auf S. 41 genannt.

Quelle: 5. Bundesimmissionsschutzbericht, 1992

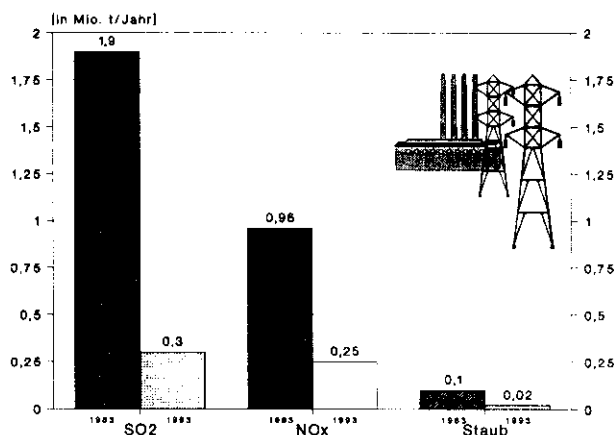
lich zurückgegangen. Mit Ablauf der Übergangsregelungen für die neuen Länder wird sich dieser positive Trend verstärken. Insgesamt jedoch konzentrieren sich die quantitativ bedeutsamen Minderungserfolge in der Luftreinhaltung bisher auf bestimmte Luftschadstoffe und Emittentengruppen (v. a. die Energiewirtschaft), in besonderem Maße auf staubförmige Emissionen und Schwefeldioxidemissionen. Bei einigen Schadstoffgruppen werden die durch Minderungsmaßnahmen bedingten Rückgänge der Schadstoffemissionen durch andere Effekte überlagert.

— **Die Schwefeldioxid(SO₂)-Emissionen** erreichten in den alten Ländern im Jahre 1973 das Maximum mit rund 3,9 Mio. t und sanken bis 1982 auf etwa 2,9 Mio. t. Seit 1982 konnten die jährlichen Emissionen weiter um ca. 68 % auf 0,94 Mio. t (1990) verringert werden. Maßgeblichen Anteil hat daran v. a. die Rauchgasentschwefelung der Kraftwerke. Für diese Anlagen liegen Schätzungen für 1993 vor: Danach werden sich deren SO₂-Emissionen seit 1983, dem Jahr des Inkrafttretens der Großfeuerungsanlagen-Verordnung, von rund 1,9 Mio. t um 84 % auf ca. 0,3 Mio. t (1993) vermindern (vgl. Graphik 17).

Graphik 17

Rückgang der Emissionen aus Großfeuerungsanlagen in den alten Ländern von 1983 bis 1993 *) (in Mio. t/Jahr).

Die Angaben für 1993 beruhen auf einer Schätzung des Umweltbundesamtes



In der ehemaligen DDR stiegen dagegen die jährlichen SO₂-Emissionen bis 1987 auf 5,6 Mio. t; danach fielen sie auch dort bis 1990 um 0,85 auf 4,75 Mio. t. Wie die Entwicklung zeigt, werden sich die Emissionen in den neuen Ländern aufgrund des übergeleiteten rechtlichen Rahmens zur Luftreinhaltung sowie auch durch Betriebsstillegungen bis 1996 weiter deutlich verringern.

Die **Immissionssituation bei SO₂** ist in den alten Ländern dadurch gekennzeichnet, daß die Jahresdurchschnittswerte der SO₂-Konzentrationen beginnend mit dem Jahr 1988 gegenüber der zuvor herrschenden mittleren Belastung drastisch zu-

rückgegangen ist. Die großräumige Belastung, wie sie vom Meßnetz des Umweltbundesamtes festgestellt wurde, ging dabei an der früheren Ostgrenze der Bundesrepublik um ca. 30 — 45 %, in den westlich gelegenen Landesteilen bis zu 70 % zurück. Ähnliche Entwicklungen sind auch in den Ballungsräumen und Städten des bisherigen Bundesgebietes zu verzeichnen. So ging die mittlere Belastung des Rhein-Ruhr-Gebietes im Jahresmittel von rund 50 µg/m³ auf ca. 30 µg/m³ zurück; Jahresmittelwerte über 40 µg/m³ treten seit 1989 nur noch ganz vereinzelt auf.

Im Bereich der früheren Bundesrepublik werden die Immissionswerte der TA-Luft bzw. Grenzwerte der EG weit unterschritten, selbst die strengen Werte der „critical levels“ der ECE zum Schutz empfindlicher Ökosysteme werden im wesentlichen eingehalten.

Im Vergleich zu den alten Ländern war in der ehemaligen DDR die SO₂-Immissionsbelastung extrem hoch. Die SO₂-Werte von Regionen wie z. B. dem Ruhrgebiet liegen wesentlich unter den Werten, die in den Großstädten der ehemaligen DDR gemessen wurden. Die SO₂-Immissionskonzentrationen in den Industriegebieten des bisherigen Bundesgebietes entsprechen in etwa den SO₂-Werten in den ländlichen Gebieten der ehemaligen DDR. Dagegen lagen die Belastungen in den Ballungszentren der ehemaligen DDR um ein Vielfaches über denen in den größeren Städten der alten Länder.

— Das Maximum der **Stickstoffoxid (NO_x)-Emissionen** lag in den alten Ländern 1986 bei rund 3,0 Mio. t. Inzwischen ist auch hier eine Trendwende eingetreten; sie lagen 1990 bei 2,6 Mio. t (vgl. Übersicht 13). Ein deutlicher Rückgang wurde v. a. bei der Entstickung von Kraftwerken durch den Vollzug der Großfeuerungsanlagen-Verordnung erreicht: Die NO_x-Emissionen 1983 betrugen 0,96 Mio. t und konnten bis 1990 um rund 69 % auf 0,30 Mio. t gesenkt werden. Für die NO_x-Emissionen aus diesem Sektor liegt ebenfalls für 1993 eine Schätzung des Umweltbundesamtes vor, nach der diese gegenüber 1983 um 74 % auf ca. 0,25 Mio. t (1993) verringert werden (vgl. Graphik 17).

Der deutliche Rückgang der NO_x-Emissionen v. a. aus Kraftwerken, aber auch aus Industrieanlagen in den alten Ländern wurde von einem Anstieg der NO_x-Emissionen aus dem Verkehrsbereich überlagert. Während die NO_x-Emissionen aus diesem Bereich 1980 ca. 1,6 Mio. t betrugen, stiegen sie bis 1990 auf rund 1,9 Mio. t an. Maßgeblichen Anteil daran hat der Straßenverkehr. So hat sich der Pkw-Bestand in den alten Ländern seit 1970 von fast 14 Mio. auf rund 31 Mio. im Jahr 1990 mehr als verdoppelt. Im selben Zeitraum hat sich zusätzlich die Gesamtfahrleistung pro Pkw ebenfalls verdoppelt; die Zahl der gefahrenen Lkw-Kilometer ist um 40 % gestiegen.

In der ehemaligen DDR stiegen die NO_x-Emissionen von rund 0,59 Mio. t (1980) auf rund 0,67 Mio. t (1987) an und blieben bis 1989 konstant. Der Verkehrsbereich in der ehemaligen DDR hatte sich

deutlich von dem Verkehrsbestand und den Transportleistungen im bisherigen Bundesgebiet unterschieden. Die Emissionen aus diesem Sektor veränderten sich im Laufe der Jahre nur geringfügig und betrugen 1989 rund 0,27 Mio. t. Nach Öffnung der Grenze kam es in den neuen Ländern zu einem Boom der Verkaufszahlen bei Pkw und zu einer erheblichen Erhöhung der Fahrleistungen.

In Deutschland (alte und neue Länder) ist der Pkw-Bestand (Stand: Juli 1993) auf fast 39 Mio. angestiegen, v. a. bedingt durch die Zunahme der Kfz in den neuen Ländern nach der Wende.

Durch die Einführung des schadstoffarmen Autos jedoch konnte eine dem gestiegenen Verkehrsaufkommen entsprechende Zunahme der NO_x -Emissionen verhindert werden. Insbesondere die steuerliche Förderung des Katalysators hat zu beachtlichen Erfolgen geführt; inzwischen sind

- 43 % aller Pkw mit Ottomotor mit einem geregelten Dreiwegekatalysator ausgerüstet,
- rund 65 % des gesamten Pkw-Bestandes schadstoffreduziert (d. h. schadstoffarm bzw. bedingt schadstoffarm).

Im Ergebnis ist seit 1991 auch bei den NO_x -Emissionen aus dem Verkehrsbereich eine Trendwende zu erkennen.

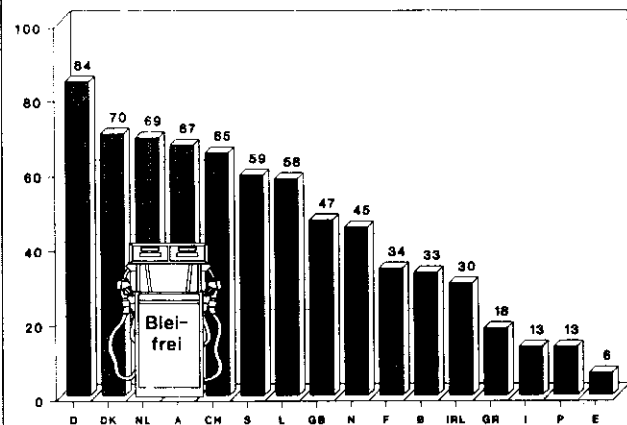
Die Entwicklung des Anteils von Pkw mit Dreiwegekatalysator an den Neuzulassungen von Pkw mit Ottomotor ergibt sich aus Graphik 18.

Eng verbunden mit dem steigenden Anteil schadstoffarmer Autos ist der Absatz von bleifreiem Ottokraftstoff. Obwohl der Absatz in den neuen Ländern erst im Juli 1990 (Währungsunion) begann, liegt er dort inzwischen auf dem gleichen Niveau wie in den alten Ländern. In Deutschland sind über 84 % der verbrauchten Ottokraftstoffe

bleifrei; dies ist EG-weit der höchste Anteil (vgl. Graphik 19). Dadurch werden in Deutschland jährlich nahezu 3.000 t Blei weniger emittiert. Auch das bedeutet eine Entlastung für die Wald-ökosysteme.

Graphik 19

Anteil bleifreien Benzins am Gesamtabsatz von Ottokraftstoff im Jahresdurchschnitt 1992 in Westeuropa (in %)



Die **Immissionssituation bei NO_x** in den alten Ländern hat sich in den Jahren 1988 bis 1990 nicht wesentlich verändert. Nach wie vor ist daher im wesentlichen der verkehrsbeeinflusste Raum durch die NO_x -Belastung betroffen, insbesondere gilt dies für Gebiete an Autobahnen. In den Städten und Ballungsgebieten liegen die Jahresmittelwerte für NO_2 meist im Bereich von ca. 35–50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und die 98-Perzentile ¹²⁾ bei 80–130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In verkehrsbeeinflussten Bereichen ergeben sich Jahresmittel von ca. 50–70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und 98-Perzentile von ca. 120–180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Grenzwert der EG- NO_2 -Richtlinie von 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als 98-Perzentile wurde wenige Male an einzelnen Meßstellen überschritten.

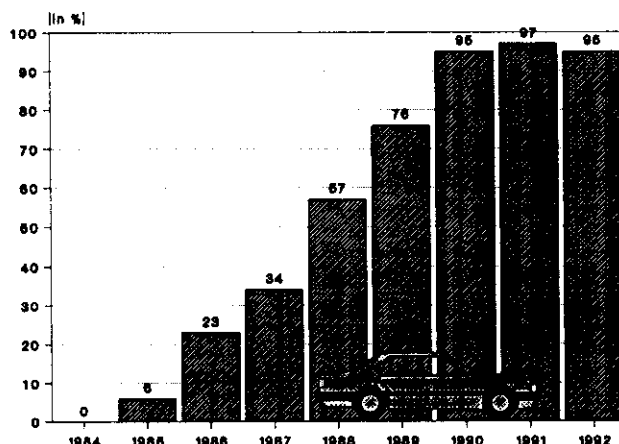
Die bedeutendsten Quellen von NO_x -Emissionen in der ehemaligen DDR waren die stationäre Verbrennung fossiler Brennstoffe sowie der Kraftverkehr. Vor allem in den Großstädten setzte sich in den Jahren bis 1989 ein Trend zu höheren NO_x -Immissionswerten fort. Die NO_2 -Jahresmittelwerte 1989 lagen außerhalb der Ballungsräume zwischen 6 und 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in den Ballungszentren zwischen 20 und 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die bis 1989 registrierten NO_2 -Werte liegen im allgemeinen niedriger als in den alten Ländern, was sicherlich auf Unterschiede im Verkehrsaufkommen zurückzuführen ist.

¹²⁾ Das 98-Perzentil ist ein Maß zur Charakterisierung von Spitzenbelastungen: dieser Wert wird nur von 2% der Meßwerte überschritten.

Graphik 18

Entwicklung des Anteils von Pkw mit Dreiwegekatalysator an den Neuzulassungen von Pkw mit Ottomotor

(ab 1. Januar 1993 EG-weit obligatorisch)



- Zu den **flüchtigen organischen Verbindungen (VOC)** gehören u. a. Propan, Benzol, Formaldehyd und Aceton. VOC sind ebenso wie die Stickstoffoxide Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon (O_3).

Bedeutende Quellen für VOC in Mitteleuropa sind Verbrennungsvorgänge, v. a. in Kfz-Motoren und Kraftwerken, darüber hinaus werden sie in erheblichem Umfang aus Lösungsmitteln freigesetzt. Zu den VOC zählt außerdem Methan, ein hoch klimawirksames Spurengas (vgl. Abschnitt 5.1). Es wird aus natürlichen Abbauvorgängen von organischen Substanzen, aus dem Bergbau, aus Deponien und aus der Landwirtschaft freigesetzt, trägt aber nicht zur Bildung von bodennahem Ozon bei und ist daher bei den folgenden Ausführungen nicht einbezogen.

Die Emissionen der VOC gingen von 1980 bis 1989 in den alten Ländern von 2,75 Mio. t auf 2,55 Mio. t zurück, während sie in der ehemaligen DDR im gleichen Zeitraum kontinuierlich von 0,89 Mio. t auf 1,05 Mio. t anstiegen. 1990 betrugen die Gesamtemissionen der VOC 3,65 Mio. t (vgl. Übersicht 13). Die größten Anteile daran stammen aus dem Verkehr (ca. 2,1 Mio. t bzw. 57 %) und aus der Verwendung von Lösungsmitteln (ca. 1,2 Mio. t bzw. 33 %). Der Rest stammt aus Industrie (ca. 6 %), Haushalten und Kleinverbrauch (ca. 3 %) sowie Kraft- und Fernheizwerken (ca. 1 %).

- **Bodennahes Ozon (O_3)** entsteht durch photochemische Reaktion aus den primär emittierten sogenannten Vorläuferschadstoffgruppen NO_x und VOC. Die pflanzenschädigende Wirkung von Ozon ist nachgewiesen (vgl. Abschnitt 3.1).

Die besonderen Eigenarten bei Bildung und Abbau von Ozon führen dazu, daß die Langzeitmittelwerte für die Ozon-Konzentrationen in der Luft in Gebieten mit hohen NO_x -Werten (z. B. in Ballungsräumen 20–60 $\mu g O_3/m^3$ Luft) relativ gering bleiben, in sogenannten Reinluftgebieten jedoch höhere Werte erreichen können (z. B. in Höhenlagen von Mittelgebirgen 60–100 $\mu g O_3/m^3$ Luft, im Alpenraum vereinzelt Jahresmittelwerte bis zu 120 $\mu g O_3/m^3$ Luft).

- Für **Ammoniak (NH_3)** liegen bisher keine flächendeckenden Messungen zur Erfassung der gesamten Emissionen vor. Ihre Größenordnung kann derzeit nur geschätzt werden. Nach neueren Abschätzungen für das Jahr 1991 liegen die gesamten NH_3 -Emissionen zwischen 0,54 und 0,66 Mio. t; der überwiegende Teil davon (80–90 %) stammt aus landwirtschaftlichen Quellen. Weitere Emissionsquellen sind u. a. Industrieprozesse und Feuerungsanlagen. Nach diesen Hochrechnungen erreichten die gesamten NH_3 -Emissionen 1985 mit einer Größenordnung zwischen 0,69 und 0,86 Mio. t ein Maximum und gingen als Ergebnis insbesondere folgender Entwicklungen bis 1991 um 21 bzw. 23 % zurück:

- Verschiedene Maßnahmen zur Anpassung der Agrarproduktion an die Markterfordernisse und zur Ausrichtung auf eine umweltgerechte landwirtschaftliche Produktion führten beim Ver-

brauch an Stickstoff aus Handelsdüngern zu einem deutlichen Rückgang sowohl insgesamt als auch je Hektar landwirtschaftlich bewirtschafteter Fläche. Unter Einbeziehung der neuen Länder ging der Verbrauch an Stickstoff aus Handelsdüngern in den letzten fünf Jahren (1987–1992) um ca. 30 % bzw. 0,7 Mio. t Stickstoff zurück.

- Umstrukturierungen in der Landwirtschaft haben zu einer Verringerung der Tierbestände in alten und neuen Ländern um ca. 20 % von 19,1 Mio. GV¹³⁾ (1989) auf 15,4 Mio. GV (1992) und damit der NH_3 -Emissionen aus der Tierhaltung geführt. Dies entspricht einer Emissionsminderung von etwa 120.000 t NH_3 .

4.14 Schwerpunkte für künftige Maßnahmen zur Luftreinhaltung

Zur Reduzierung der Luftschadstoffe sind in den vergangenen Jahren zahlreiche nationale und internationale Regelungen getroffen worden, die alle wesentlichen Emissionsbereiche erfassen. Die positiven Auswirkungen dieser Luftreinhaltemaßnahmen werden im weiteren Verlauf der 90er Jahre in den alten Ländern noch deutlicher werden und in den neuen Ländern verstärkt zur Geltung kommen (vgl. Übersicht 13). Zur Umsetzung der ergriffenen Maßnahmen sind jedoch in den kommenden Jahren erhebliche Anstrengungen bei allen Emittentengruppen erforderlich. Darüber hinaus werden verstärkt ökonomische Instrumente eingesetzt, um bei den Verursachern von Umweltbelastungen das Bewußtsein für ihre Eigenverantwortung zu stärken und ihr Eigeninteresse zu fördern, auch über gesetzliche Anforderungen und über die Abwehr von Gefahren hinaus Umweltbelastungen zu vermeiden.

Die Schwerpunkte für künftige Maßnahmen zur Luftreinhaltung sind:

1. Weitere Verringerung der Schadstoffemissionen vor allem aus Energieerzeugungs- und Industrieanlagen in den neuen Ländern.
2. Weitere Verringerung der verkehrsbedingten Umweltbelastungen, v. a. NO_x und VOC. Wichtige Maßnahmen hierzu sind:
 - Umgestaltung der Kfz-Steuer unter Einbeziehung des umweltrelevanten Schadstoffausstoßes als Bemessungsgrundlage.
 - Verringerung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauches neuer Pkw bis zum Jahr 2005 auf 5 bis 6 Liter/100 km.
 - Zügige weitere Durchsetzung des Dreistufenplanes der europäischen Abgasgesetzgebung für alle Kfz.
 - Durchsetzung weiterer verkehrspolitischer Maßnahmen mit dem Ziel der stärkeren Nut-

¹³⁾ GV = Großvieheinheit; für die einzelnen Tierarten berechnet nach einem bestimmten Schlüssel unter Zugrundelegung des Lebendgewichts. Z. B. entsprechen einer GV: ein Rind (über 2 Jahre) oder etwa sechs Mastschweine (über 50 kg) oder zehn Schafe (über 1 Jahr).

zung des Schienengüter- und Schienenpersonenverkehrs, der Binnenschifffahrt sowie des Öffentlichen Personennahverkehrs, insbesondere durch

- Verstärkung der investiven Vorrangstellung für umweltverträglichere Verkehrsträger,
 - Ausbau der Bundes- und Reichsbahn zu einem modernen, noch leistungsfähigeren Verkehrsmittel, um eine stärkere Verlagerung des Straßen- und des Kurzstreckenluftverkehrs auf die Schiene zu erreichen,
 - Schaffung von Güterverkehrszentren zur Bündelung der Güterverkehrsströme.
3. Weitere Verringerung der landwirtschaftlichen Stickstoffemissionen. Wichtige Maßnahmen hierzu sind:
- Verabschiedung der Verordnung nach § 1a Düngemittelgesetz zur näheren Bestimmung der guten fachlichen Praxis der Düngung.
 - Verstärkung der Förderung umweltgerechter Produktionsverfahren; so werden die Maßnahmen nach der Verordnung (EWG) 2078/92 des Rates vom 30. Juni 1992 für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren in der Bundesrepublik Deutschland umgesetzt. Ein Schwerpunkt dieser flankierenden Maßnahmen ist die Förderung in folgenden Bereichen:
- extensive Produktionsverfahren im Ackerbau,
 - extensive Grünlandnutzung sowie die Umwandlung von Ackerland in extensiv zu nutzendes Grünland und
 - ökologische Anbauverfahren.
4. Weitere Wahrnehmung der bisherigen Rolle der Bundesrepublik Deutschland als treibende Kraft beim internationalen Umweltschutz, auch durch beispielhaftes nationales Wirken beim Schutz der natürlichen Umwelt.

Darüber hinaus trägt die Klimaschutzpolitik der Bundesregierung auch zur Verminderung der die Waldökosysteme belastenden Schadstoffe bei. Zentraler Bestandteil der Klimaschutzpolitik ist die Verringerung der energiebedingten CO₂-Emissionen, mit der gleichzeitig auch ein erheblicher Teil der Luftschadstoffe reduziert wird.

4.2 Flankierende forstliche Maßnahmen

Es ist oberstes Ziel der Forst- und Umweltpolitik der Bundesregierung, den Wald in seinem Bestand zu erhalten und seine vielfältigen Funktionen für die Gesellschaft sicherzustellen. Zentraler Bestandteil dieser Politik ist, daß die anhaltende Umweltbelastung auf ein für die Waldökosysteme verträgliches Maß zurückgeführt wird.

Meßergebnisse der für den Wald bedeutsamen Schadstoffe zeigen, daß diese zum Teil noch weit über den

für Waldbestände als kritisch bezeichneten Belastungswerten (Konzept der „Critical levels and critical loads“) liegen. Wälder, die durch chronische oder kurzzeitig hohe Schadstoffeinträge belastet sind, weisen eine höhere Anfälligkeit gegenüber natürlichen Streßfaktoren auf. Durch den Eintrag von Luftschadstoffen werden die „klassischen“ Probleme des Waldschutzes (Insekten, Sturm, Wild u. s. w.) erheblich verschärft.

Die Forstwirtschaft kann die Ursachen der Umweltbelastungen nicht beheben. Ihr kommt vielmehr die Aufgabe zu, flankierend zu Maßnahmen der Luftreinhaltung dazu beizutragen, die Widerstandsfähigkeit von Waldökosystemen zu verbessern und somit den Schadensverlauf zu mildern. Den Waldböden und der Bewahrung ihrer Fruchtbarkeit kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

4.21 Stabile Waldbestände durch Beachtung waldbaulicher Grundsätze

Bei der Bewirtschaftung der Wälder ist daher mehr denn je darauf zu achten, daß von forstwirtschaftlichen Maßnahmen keine zusätzlichen Belastungen für die Waldökosysteme und insbesondere für die Waldböden ausgehen. Folgende Maßnahmen haben hierbei eine besondere Bedeutung:

1. **Stabile und artenreiche Mischbestände.** Die Forstwirtschaft ist bestrebt, ökologisch stabile und ertragreiche Bestände zu erhalten bzw. wiederzubegründen. Wo es möglich und sinnvoll ist, sollte Naturverjüngung bevorzugt werden. In vielen Fällen werden dadurch Verjüngungsverfahren erforderlich, die Zeiträume von 20, 30 und mehr Jahren beanspruchen. Dazu müssen die mikroklimatischen Bedingungen und Lichtverhältnisse durch gezielte Bewirtschaftungsmaßnahmen individuell gesteuert werden. Sofern gesät oder gepflanzt wird, sind standortgerechte Baumarten und geeignete Herkünfte zu verwenden.
2. **Vermeidung großflächiger Kahlhiebs.** Großflächige Kahlhiebs sind möglichst zu vermeiden, denn sie verursachen drastische Veränderungen im Wasser-, Stoff- und Strahlungshaushalt, führen zu einer raschen Mineralisierung des Humuskörpers verbunden mit Stoffausträgen in das Grundwasser. Die dabei freigesetzten Nährstoffe können von der vorhandenen Vegetation nur zum Teil aufgenommen werden, der andere Teil wird ausgewaschen. Dieser Verlust an Nährstoffen kann mit einem erheblichen Versauerungsschub verbunden sein, der die Waldböden zusätzlich zu der durch den Eintrag von Luftschadstoffen verursachten Versauerung belastet.
3. **Intensive Bestandespflege.** Je vitaler der Einzelbaum ist, desto stabiler ist auch der Gesamtbestand bzw. seine Widerstandskraft gegen Luftverunreinigungen. Zu den forstlichen Maßnahmen gegen die Waldschäden zählt daher auch eine intensive Bestandespflege. Mit früh einsetzenden, mehrfachen Pflegeeingriffen sollen gut bekronte, stabile Bäume gefördert werden. Die Bestandespflege dient somit dem Erhalt des Waldes.

4. **Integrierter Pflanzenschutz.** Forstschutz nach den Grundsätzen des integrierten Pflanzenschutzes, wie er in den meisten Forstbetrieben praktiziert wird, heißt, die Bestände in erster Linie durch vorbeugende Maßnahmen vor Schaderregern zu schützen (Waldhygiene) und chemische Pflanzenschutzmittel nur ausnahmsweise — als letzte Möglichkeit — anzuwenden. Grundsätzlich wird vor der Einleitung jeder Gegenmaßnahme geprüft, ob der zu erwartende Nutzen den Aufwand und das Risiko rechtfertigt. Für den Schutz der Waldbestände stehen dabei biotechnische Maßnahmen im Vordergrund (z. B. Beseitigung von Borkenkäferbrutstätten).
5. **Bestandes- und bodenschonende Techniken.** Beim Einsatz ungeeigneter Maschinen, Ausrüstungen und Arbeitsverfahren kann durch Befahren die Struktur labiler Böden und damit ihre Eigenschaft als Pflanzenstandort (insbesondere durch Veränderung bzw. Zerstörung der Porenräume) nachhaltig beeinträchtigt sowie der stehende Bestand beschädigt werden. Es ist daher vor allem wichtig, Maschinen und Arbeitsverfahren den Standort- und Bestandesverhältnissen anzupassen.
6. **Ökologisch verträgliche Wilddichten.** In vielen Gebieten sind Verjüngungsmaßnahmen durch zu hohe Schalenwildbestände gefährdet und z. T. unmöglich. Der Forschungsbeirat „Waldschäden/Luftverunreinigungen“ hat sich daher bereits in seinem 2. Bericht 1986 für eine drastische Reduzierung überhöhter Schalenwildbestände durch intensive Bejagung und Beschränkung der Winterfütterung sowie für einen verstärkten Zaun- und Einzelschutz forstlicher Kulturen ausgesprochen.

4.22 Schutz der Waldböden

Die Waldböden sind ein wesentlicher Teil der Waldökosysteme und haben große Bedeutung für die Wasserversorgung. Sie sind durch den hohen Eintrag von Schadstoffen und deren Anreicherung im Boden gefährdet (vgl. Abschnitte 1.4 und 3.3). Der Forschungsbeirat „Waldschäden/Luftverunreinigungen“ äußerte bereits 1986 die Befürchtung, daß infolge des Eintrags von Luftschadstoffen eine Versauerung der Waldböden auf großer Fläche angenommen werden müsse. Die fortschreitende Versauerung ist ein Risikofaktor für heutige und künftige Waldgenerationen.

Bund und Länder haben auf diese Feststellung reagiert:

- Zur Verbesserung der Kenntnisse wurden die **Forschungsbemühungen** auf diesem Gebiet intensiviert (vgl. Abschnitt 4.3).
- Um den tatsächlichen Zustand der Waldböden unter Immissionseinflüssen zu ermitteln und die zukünftige Entwicklung beurteilen zu können, führen die Länder derzeit eine bundesweite **Bodenzustandserhebung im Wald** durch. Sie soll zuverlässige Angaben über die vom Forschungsbeirat „Waldschäden/Luftverunreinigungen“ befürchtete großflächige Versauerung der Waldbö-

den erbringen. Das bundesweite Gesamtergebnis wird gegen Ende 1995 erwartet.

- Zur Abpufferung der anhaltenden Säureeinträge werden auf großen Waldflächen **Bodenschutzkalkungen bzw. Kompensationsdüngungen** durchgeführt. Ihnen kommt bei der Stärkung der Widerstandskraft und der Stabilisierung der Waldökosysteme eine besondere Bedeutung zu.

Kalkung ist eine forstliche Maßnahme, die der Versauerung des Waldbodens entgegenwirkt. Sie wird da, wo immissionsbedingte Nährstoffmängel vorliegen, durch gezielte Nährstoffgaben ergänzt. Solche Maßnahmen sind jedoch nicht auf allen Standorten sinnvoll und sollten daher grundsätzlich nur nach gründlicher Prüfung der Voraussetzungen und eventueller Nebenwirkungen (z. B. Nitratreintrag in das Grundwasser) eingesetzt werden.

Insgesamt wurden von 1984 bis 1992 über 1,6 Mio. ha (alle Besitzarten) gekalkt bzw. gedüngt, das entspricht rund 16 % der Waldfläche Deutschlands (vgl. Übersicht 14).

Übersicht 14

Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung zur Stabilisierung von Waldökosystemen gegen atmogene Säureeinträge

	Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung [in 1000 ha]		
	im Privat- und im Kommunalwald	im Staatswald	Gesamt
1984—1990 ..	410 ^a	846 ^b	1 256
1991	70	139	209
1992	71	100	171
1984—1992 ..	551	1 085	1 636

^a) Nur Privat- und Kommunalwald der alten Länder;

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

Bund und Länder fördern im **Privat- und im Kommunalwald** seit 1984 im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ die Kalkung und die gezielte forstliche Düngung zur Stabilisierung der Waldökosysteme mit bis zu 90 % der förderungsfähigen Kosten (vgl. Abschnitt 4.23). Als Ergebnis dieser Förderung wurden von 1984 bis 1992 im Privat- und Kommunalwald insgesamt rund 551.000 ha gekalkt bzw. gedüngt (vgl. Übersicht 14):

- In den alten Ländern erhielten private und kommunale Waldbesitzer im Zeitraum von 1984 bis 1990 rund 134 Mio. DM zur Durchführung dieser Maßnahmen auf rund 410.000 ha.
- In der ehemaligen DDR wurden Privat- und Kommunalwälder nahezu ausschließlich durch die staatlichen Forstwirtschaftsbetriebe bewirtschaftet

**Die Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen aufgrund
neuartiger Waldschäden im Privat- und Kommunalwald im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe
„Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“**

Fördersumme in Mio. DM (Bund und Länder)				
Jahr	Bodenschutzkalkung und Komp.düngung	Wiederaufforstung	Vor-/Unterbau	Gesamt
1984	6,3	2,3	8,2	16,8
1985	10,5	4,1	11,0	25,6
1986	14,0	14,8	12,7	41,5
1987	17,1	18,9	17,7	53,7
1988	30,7	22,0	19,8	72,5
1989	29,2	13,5	23,8	66,5
1990	27,1	20,4	15,4	62,9
1991	19,5	50,8	11,8	82,1
1992	20,7	23,6	11,2	55,5
Summe	175,1	170,4	131,6	477,1

und wie Staatswald behandelt. Die in diesen Waldbesitzarten gekalkten bzw. gegen Immissionseinflüsse gedüngten Flächen sind daher bei den Angaben zum Staatswald der ehemaligen DDR enthalten. Seit 1991 können Privat- und Kommunalwald in den neuen Ländern ebenfalls im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe gefördert werden.

- In den Jahren 1991 und 1992 wurden diese Maßnahmen in alten und neuen Ländern auf einer Fläche von rund 141.000 ha mit insgesamt 40,2 Mio. DM gefördert.

Auch in den Staatswäldern der alten wie der neuen Länder wird die Bodenschutzkalkung bzw. Kompensationsdüngung auf großer Fläche durchgeführt.

- In den Staatswäldern des früheren Bundesgebietes sowie der ehemaligen DDR wurden von 1984 bis 1990 insgesamt rund 846.000 ha gekalkt bzw. gedüngt (vgl. Übersicht 14).:
 - In den alten Ländern wurden von 1984 bis 1990 ca. 484.000 ha Staatswald gekalkt bzw. gedüngt.
 - In der ehemaligen DDR waren es im gleichen Zeitraum ca. 362.000 ha (einschließlich Privat- und Kommunalwald).
- 1991 wurde diese Maßnahme im Staatswald der alten und neuen Länder auf ca. 139.000 ha (ca. 4 % aller Staatswaldflächen) und 1992 auf weiteren 100.000 ha (ca. 3 %) durchgeführt.

4.23 Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen

Bund und Länder fördern in betroffenen privaten und kommunalen Forstbetrieben bereits seit 1984 Maßnahmen zur Stabilisierung immissionsgefährdeter

Waldbestände v. a. im Rahmen der die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“, z. T. ergänzt durch spezielle Landesförderprogramme. Gefördert werden die Bodenschutzkalkung, der Vor- und Unterbau sowie die Wiederaufforstung geschädigter Bestände.

Die Gemeinschaftsaufgabe gilt seit 1991 auch für private und kommunale Forstbetriebe in den neuen Ländern. Bund und Länder tragen diese Förderung gemeinsam; der Bund beteiligt sich mit 60 %, die Länder mit 40 % an den förderungsfähigen Kosten.

Bund und Länder haben Maßnahmen aufgrund neuartiger Waldschäden im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe seit 1984 mit insgesamt rund 477 Mio. DM gefördert (vgl. Übersicht 15).

Darüber hinaus haben besonders betroffene Länder spezielle Förderprogramme geschaffen. Sie sollen insbesondere dort greifen, wo sich auf Teilflächen Bestände bereits aufzulösen beginnen. Die Länder haben für solche Programme zum Teil erhebliche Mittel bereitgestellt. Dies gilt z. B. für den ökologisch sehr sensiblen Alpenraum. Dort führt die Bayerische Staatsforstverwaltung ein umfangreiches Schutzwaldsanierungsprogramm durch; zur Erhaltung der Schutzfunktionen des Bergwaldes werden u. a. Naturverjüngungen und Pflanzungen sowie technische Verbauungen vorgenommen.

4.24 Steuerliche Erleichterungen

Waldbesitzer, die aufgrund neuartiger Waldschäden Zwangsnutzungen vornehmen müssen, können im Rahmen der Einkommenbesteuerung mit Entlastungen rechnen. Nach § 34 b Einkommensteuergesetz kann für Einkünfte aus Holznutzungen infolge höherer Gewalt (Kalamitätsnutzungen) ein ermäßigter Steuersatz (Tarifermäßigung) für die Bemessung der

Einkommensteuer in Anspruch genommen werden. In diese Kalamitätsnutzungen sind Zwangsnutzungen aufgrund neuartiger Waldschäden ausdrücklich einbezogen.

Die Höhe dieser steuerlichen Erleichterungen hängt unter anderem von der Größenordnung der Zwangsnutzungen ab. Fallen Kalamitätsnutzungen im Rahmen des Nutzungssatzes, d. h. des steuerlich anerkannten planmäßigen Hiebsatzes an, so sind die daraus entstehenden Einkünfte mit der Hälfte des durchschnittlichen Steuersatzes zu versteuern; gehen sie über den Nutzungssatz hinaus — bis zum Doppelten des Nutzungssatzes — so sind die daraus entstehenden Einkünfte nur mit einem Viertel des durchschnittlichen Steuersatzes zu versteuern. Übersteigen die Kalamitätsnutzungen das Doppelte des Nutzungssatzes, so verringert sich die Steuerschuld für die daraus entstehenden Einkünfte sogar auf ein Achtel des durchschnittlichen Steuersatzes. Außerdem verringert sich durch diese steuerliche Sonderbehandlung der Einkünfte aus Zwangsnutzungen auch der Steuertarif für das übrige zu versteuernde Gesamteinkommen des Betriebes.

Voraussetzung für die steuerliche Anerkennung von Kalamitätsnutzungen ist bei Betrieben mit mindestens 30 ha Größe ein amtlich anerkanntes Betriebsgutachten oder ein Betriebswerk. Die Länder bestimmen, welche Behörden oder Körperschaften des öffentlichen Rechts diese Anerkennung auszusprechen haben. Bei Betrieben mit weniger als 30 ha forstwirtschaftlich genutzter Fläche kann aus Vereinfachungsgründen ohne Gutachten ein Nutzungssatz von 4,5 Festmetern (ohne Rinde) je Hektar zugrunde gelegt werden.

Die Regelung nach § 34 b Einkommensteuergesetz kann besonders schwer betroffene Waldbesitzer erheblich entlasten. Die Höhe der erzielbaren Entlastung hängt wesentlich von der jeweiligen Einkommenssituation sowie den betrieblichen Verhältnissen ab.

4.3 Waldökosystemforschung

Im Rahmen des Aktionsprogrammes „Rettet den Wald“ haben Bund, Länder und andere Forschungsträger in der Bundesrepublik Deutschland seit 1982 über 800 Forschungsvorhaben mit insgesamt rund 365 Mio. DM gefördert. Die Bundesregierung hat davon 316 Vorhaben mit insgesamt 208 Mio. DM finanziert. Darüber hinaus waren Bundes- und Landesforschungseinrichtungen, Landesanstalten für Umweltschutz, Großforschungseinrichtungen und Hochschulen im Rahmen ihrer eigenen Haushalte im Bereich der Waldschadensforschung tätig.

Mit der Koordinierung der Waldschadensforschung befaßt sich seit 1982 die Interministerielle Arbeitsgruppe „Waldschäden/Luftverunreinigungen“ (IMA), in der die Forschungsförderer (Bundes- und Landesressorts) vertreten sind.

Anfang der 80er Jahre standen v. a. Einzelhypothesen über die Ursachen der neuartigen Waldschäden im Mittelpunkt. Es wurde jedoch sehr bald klar, daß die

als neuartig bezeichneten Waldschäden auf Ursachenkomplexe zurückgeführt werden müssen, die im Einzelfall aus zahlreichen anthropogenen und natürlichen Einflußgrößen zusammengesetzt sind und mit unterschiedlichem Gewicht die Ausprägung der Schadsymptome mitverursachen. So hat der Forschungsbeirat „Waldschäden/Luftverunreinigungen“ bereits 1989 festgestellt, daß es „angesichts der vielfältigen Zusammenhänge von Standorts-, Bestandes-, Bewirtschaftungs- und Belastungsfaktoren keine einfache, für alle Wälder gleichermaßen gültige Erklärung der Ursachen für die neuartigen Waldschäden geben kann.“

Im Verlauf von 10 Jahren Waldschadensforschung hat sich gezeigt, daß die sehr vielfältigen und komplexen Zusammenhänge der die Waldgesundheit beeinflussenden Faktoren umfassende, d. h. ökosystemare und auf Langzeitbeobachtungen ausgelegte Forschungsansätze erfordern (vgl. Abschnitt 3.0).

Ökosystemare Ansätze gewinnen daher in der Forschungsförderung sowie der institutionalisierten Forschung der Bundesregierung zunehmend an Gewicht:

- Das Bundesministerium für Forschung und Technologie hat an den Universitäten Bayreuth und Göttingen **Wald-Ökosystemforschungszentren** eingerichtet; zusätzlich fördert es bei dem Institut für Forstökologie und Walderfassung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Eberswalde und an der Universität München (Höglwald-Projekt) Verbundvorhaben der Waldökosystemforschung sowie in Tharandt (T. U. Dresden) ein Verbundvorhaben zur Untersuchung der Möglichkeiten einer kontrollierten Rückführung von Reinbeständen — insbesondere Fichten — zu naturnahen Mischbeständen. Das Bundesministerium für Forschung und Technologie fördert die Waldökosystemforschung jährlich mit rund 20 Mio. DM, davon entfallen ca. 4 Mio. DM auf Verbundvorhaben in den neuen Ländern.
- Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten stellt im Rahmen der Ressortforschung jährlich ca. 12 Mio. DM für die Forschung zu forstlichen Ökosystemen und Ressourcen bereit.
- Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit fördert u. a. das projekt- und sektorübergreifende Forschungsvorhaben „Auswertung der Waldschadensforschungsergebnisse (1982—1992) zur Aufklärung komplexer Ursache-Wirkungsbeziehungen mit Hilfe systemanalytischer Methoden“ von 1993 bis 1995 mit 3,3 Mio. DM.

Schwerpunkte der ökosystemar ausgerichteten Forschung von Bund und Ländern sind:

- Analyse der Wirkung von Luftschadstoffen auf die Blätter und Nadeln sowie auf Wurzeln und Transportsysteme im Baum in Abhängigkeit von den Bodenbedingungen,
- Untersuchungen des Stickstoff- und Kohlenstoffkreislaufs in Waldökosystemen, insbesondere der Emission von Spurengasen,

- Auswirkungen der Bodenveränderungen auf Zustand, Entwicklung und Funktionsfähigkeit der Wurzeln einschließlich der Mykorrhizen,
- Wechselwirkungen zwischen Waldökosystemen und der kombinierten Wirkung von Schadstoffbelastung, Schaderregern und anderen Stressoren (z. B. Witterungsextreme),
- Aufklärung von Schadstofftransport und Umwandlungsprozessen mit Hilfe von Modellen,
- Einfluß von Umweltveränderungen auf die genetische Vielfalt,
- Entwicklung von Konzepten zur langfristigen, umweltverträglichen Nutzung der Waldökosysteme bzw. zur langfristigen Sicherung der materiellen und immateriellen Leistung dieser Ökosysteme (Ökosystemmanagement),
- Entwicklung von Strategien für einen standortgerechten Waldumbau.

5.0 Die Klimaänderung und ihre Auswirkungen auf den Wald — Eine neue Herausforderung für die Umweltpolitik

5.1 Stand der Erkenntnisse

Menschliche Aktivitäten verursachen die Freisetzung von klimawirksamen Spurengasen in einem Umfang, der die Zusammensetzung der Erdatmosphäre verändert. Es handelt sich hierbei vor allem um die Gase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), troposphärisches Ozon bzw. seine Vorläufersubstanzen (v. a. NO_x und VOC) sowie Kohlenmonoxid (CO) und Distickstoffoxid (N_2O). Weltweit ist die ganz überwiegende Meinung der Fachleute, daß die Zunahme der Emissionen von klimawirksamen Spurengasen mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem zusätzlichen, anthropogenen Treibhauseffekt und damit global zu einer Erwärmung der Erdatmosphäre und zu Klimaänderungen führt.

In den letzten 100 Jahren wurde ein Anstieg der mittleren globalen Temperatur um $0,3\text{--}0,6\text{ }^\circ\text{C}$ festgestellt, der insbesondere auf die Zunahme von Kohlendioxid in der Erdatmosphäre (von 280 ppmv im Jahr 1800 auf 355 ppmv heute) zurückgeführt wird. Ob dies bereits eine allgemeine Klimaänderung anzeigt, ist allerdings umstritten. Ein sicherer wissenschaftlicher Nachweis ist aufgrund der Überlagerung von z. T. gegenläufigen Effekten derzeit nicht möglich. Die Hinweise auf einen stärker werdenden Treibhauseffekt nehmen jedoch zu: Anstieg des Meeresspiegels um 10–20 cm in den letzten 100 Jahren, Abnahme der Masse der alpinen Gletscher um 50 % seit 1850, Abnahme der Niederschläge in der Sahelzone.

Nach neueren Prognosen aufgrund verbesserter Klima-Simulationsmodelle stünde in den nächsten 30 bis 40 Jahren eine weltweite Erwärmung um durchschnittlich etwa $0,5\text{ }^\circ\text{C}$ bevor, wenn keine Gegenmaßnahmen zur Eindämmung des Treibhauseffektes ergriffen werden. Langfristig wird aufgrund von Modellrechnungen erwartet, daß sich die Erdatmosphäre in den nächsten 100 Jahren im Mittelwert um ca. $3\text{ }^\circ\text{C}$ (Bandbreite: $1,5\text{--}4,5\text{ }^\circ\text{C}$) erwärmt. Bei diesen Modellrechnungen wird unterstellt, daß sich der Anteil klimawirksamer Spurengase innerhalb der nächsten 50 Jahre verdoppelt und bis zum Ende des 21. Jahrhunderts vervierfacht.

Die möglichen Folgen einer Klimaänderung lassen sich regional schwer vorhersagen. Ihre Auswirkungen hängen von Art und Ausmaß der klimatischen Änderungen in einer bestimmten Region ab. Land- und forstwirtschaftliche Ressourcen sowie das Trinkwasser würden von diesen Änderungen besonders betroffen sein. Es gelang bisher noch nicht vorauszusagen, wie sich die klimatischen Bedingungen in konkreten Regionen künftig verändern. Die Kenntnis über regionale Klimaänderungen ist jedoch erforderlich, um genügend konkrete Aussagen über mögliche Folgen auf terrestrische Ökosysteme (wie v. a. in den Wäldern) machen zu können. Hinzu kommt, daß die klimatischen Faktoren in Wechselbeziehung zu anderen Faktoren (z. B. Insekten, Feuer, etc.) stehen, die den Zustand der Wälder unmittelbar beeinflussen.

Für die Waldökosysteme sind die zu erwartenden klimatischen Änderungen von großer Bedeutung, denn

- jede Baumart stellt spezifische Ansprüche an die klimatischen Bedingungen und kann sich an Änderungen nur innerhalb eines bestimmten Rahmens und über einen längeren Zeitraum anpassen,
- Bäume sind langlebige Pflanzen und deshalb aller Voraussicht nach von den zu erwartenden Veränderungen ihrer Lebensbedingungen besonders betroffen.

Veränderte Lebensbedingungen führen zu einer Verschiebung im Konkurrenzgefüge und damit zu neuen Lebensgemeinschaften von Tieren und Pflanzen. Je weiter eine solche Veränderung die betreffende Baumart von ihrem ökologischen Optimum entfernt, um so anfälliger ist sie für andere Stressfaktoren (wie Luftverunreinigungen, Witterungsextreme und biotische Schaderreger). Es ist zu erwarten, daß in Mitteleuropa die Vitalität der meisten Baumarten leidet, wenn der Temperaturanstieg mit gleichbleibenden oder gar abnehmenden Niederschlägen oder veränderten Niederschlagsverteilungen verbunden ist.

Die Auswirkungen möglicher Klimaänderungen auf das Ökosystem Wald bedürfen vertiefter Forschung.

gen, wobei die besondere Schwierigkeit darin besteht, die Einflüsse anderer wichtiger Faktoren wie Bodenzustand, Immissionssituation, Witterung abzuschätzen sowie verallgemeinerungsfähige, auf andere Waldökosysteme in der gleichen Klimazone übertragbare Ergebnisse zu erhalten. Darüber hinaus soll durch Forschungsarbeiten geklärt werden, inwieweit Schadstoffeinträge in die Waldökosysteme zu einer Freisetzung von klimawirksamen Spurengasen beitragen.

5.2 Maßnahmen der Bundesregierung zum Klimaschutz ¹⁴⁾

Die Bundesregierung nimmt die von einer Klimaänderung ausgehende Gefährdung der menschlichen Lebensräume sehr ernst. Aufgrund der globalen Ursachen und Auswirkungen sind Maßnahmen zum Klimaschutz auf nationaler und internationaler Ebene erforderlich.

5.21 Nationale Maßnahmen

Entscheidend in diesem Zusammenhang ist eine erhebliche Verringerung klimarelevanter Emissionen. Die Bundesregierung strebt daher für Deutschland an, die energiebedingten CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 — bezogen auf das Emissionsvolumen des Jahres 1987 — um 25 % bis 30 % zu verringern. Mit bisher drei Kabinettsbeschlüssen vom 13. Juni 1990, 7. November 1990 und 11. Dezember 1991 hat die Bundesregierung ein umfassendes Programm zur Minderung der CO₂-Emissionen in den verschiedensten Bereichen beschlossen, dessen Maßnahmen gegenwärtig schrittweise umgesetzt werden (vgl. auch BT-Drucksache 12/2081 vom 12. Februar 1992). Damit trägt sie dem stärksten Einzelfaktor zum anthropogenen Treibhauseffekt, den energiebedingten CO₂-Emissionen, Rechnung. Maßnahmen zur Verminderung der energiebedingten CO₂-Emissionen leisten in der Regel auch einen Beitrag zur Reduzierung weiterer Treibhausgasemissionen und zu Lösung anderer Umweltprobleme.

Des weiteren ergreift die Bundesregierung eine Vielzahl spezifischer Maßnahmen, die darüber hinaus die CH₄-, NO_x-, CO- und NMVOC ¹⁵⁾-Emissionen vermindern bzw. begrenzen.

Mit den Regelungen der am 1. August 1991 in Kraft getretenen FCKW-Halon-Verbotsverordnung (Ausstieg aus Produktion und Verwendung von FCKW und Halonen bis 1. Januar 1995) sowie der Selbstverpflichtung der FCKW-Verwender und -Hersteller vom August 1992 (vorzeitiger freiwilliger Verzicht auf

FCKW fast ausnahmslos im Laufe des Jahres 1993) und unter den Annahmen, daß

- das angestrebte CO₂-Minderungsziel von 25 bis 30 % bis zum Jahr 2005 und die damit einhergehende Verminderung weiterer energiebedingter klimarelevanter Gase erreicht wird,
- die FCKW-Halon-Verbotsverordnung (Ausstieg aus Produktion und Verwendung von FCKW und Halonen bis zum 01. Januar 1995 in Deutschland) voll wirksam wird,
- die Reduktionsverpflichtungen von NO_x und VOC aufgrund der ECE-Protokolle (vgl. Abschnitt 4.12) und der zusätzlichen Erklärung zur NO_x-Verminderung bis spätestens Ende 1999 umgesetzt sind,

würde in Deutschland eine Reduktion der CO₂-Äquivalente aller Treibhausgase in einer Größenordnung um 50 % erreicht, bezogen auf die Emissionen von 1987 (die unterschiedliche Klimawirksamkeit der verschiedenen Treibhausgase wird dabei in CO₂-Äquivalente umgerechnet).

Bei der Entwicklung und Umsetzung ihres CO₂-Minderungsprogramms wird die Bundesregierung unterstützt durch die von ihr im Juni 1990 eingesetzte „Interministerielle Arbeitsgruppe CO₂-Reduktion“ (IMA CO₂-Reduktion). Der dritte Bericht dieser Arbeitsgruppe ist für Ende 1993 vorgesehen.

In diesem Kontext tragen auch nahezu alle in Kapitel 4 (Maßnahmen gegen die neuartigen Waldschäden) genannten Maßnahmen direkt oder indirekt zum Klimaschutz bei. Maßnahmen zur Luftreinhaltung führen zu einer Entlastung der Waldökosysteme, flankierende forstliche Maßnahmen verbessern die Stabilität der Waldökosysteme. Außerdem trägt der seit Jahren in großem Umfang betriebene Umbau vormaliger Reinbestände zu naturnäheren Mischbeständen zu einer höheren Stabilität der Waldökosysteme bei, dies gilt auch gegenüber möglichen Klimaveränderungen.

Daneben ist auch die Förderung der wissenschaftlichen Untersuchung der Klimaänderung und ihrer Auswirkungen Bestandteil des CO₂-Minderungsprogramms der Bundesregierung. Hier ist z. B. der Forschungsschwerpunkt „Klimaforschung“ des Bundesministers für Forschung und Technologie zu nennen sowie der geplante zusätzliche Forschungsschwerpunkt „Auswirkungen der Klimaänderung/Klimafolgenforschung“.

Auch forstliche Maßnahmen können dazu beitragen, die Kohlenstoffbindung zu erhöhen und damit der Klimaänderung entgegenzuwirken. In diesem Zusammenhang wird unter anderem auch die Aufforstung von brachliegenden oder landwirtschaftlichen Flächen erörtert; durch die Anlage von zusätzlichen Wäldern soll die Kohlenstoffbindung erhöht werden. Gemeinsam mit den Ländern fördert der Bund die Erstaufforstung im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ bereits seit 1975 durch einen Zuschuß zu den Kosten der Erstinvestition (je nach Baumart bis zu 85 % der förderungsfähigen Kosten). Seit 1991 wurde die Förderung der Erstaufforstung wesentlich verbessert: Land- und forstwirtschaftli-

¹⁴⁾ Weitere Informationen hierzu sind im „Nationalbericht der Bundesregierung für die Bundesrepublik Deutschland im Vorgriff auf Artikel 12 des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen“ vom August 1993 enthalten. Der Bericht wurde unter dem Titel „Klimaschutz in Deutschland“ veröffentlicht und kann über das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit bezogen werden.

¹⁵⁾ flüchtige organische Verbindungen ohne Methan

chen Unternehmern bzw. Betrieben wird — zusätzlich zu der o. g. Investitionsbeihilfe — zum teilweisen Ausgleich von Einkommensverlusten aus bisheriger landwirtschaftlicher Nutzung eine jährliche Erstaufforstungsprämie gezahlt. Diese Prämie wird im Form jährlicher Zahlungen bis zu einer Dauer von 20 Jahren gewährt und kann bis zu 1 400 DM je Hektar und Jahr betragen, wobei eine Staffelung nach Baumarten und Standortgüte erfolgt. Als Ergebnis hat sich die geförderte Erstaufforstungsfläche von 1991 (2 931 ha) auf 1992 bereits verdoppelt (6.156 ha)¹⁶⁾. Es wird erwartet, daß die geförderte Erstaufforstungsfläche in den kommenden Jahren bis auf 10 000 ha/Jahr ansteigen wird. Bis zum Jahr 2005 könnten somit in der Bundesrepublik Deutschland schätzungsweise 150 000 ha Wald neu geschaffen werden. Diese Wälder dürften dann jährlich ca. 2 Mio. t CO₂ zusätzlich einbinden, was — bezogen auf die nationalen CO₂-Emissionen des Jahres 1990 in Höhe von rund 1 Mrd. t CO₂ — einem Minderungsbeitrag von 0,2 % entspricht. Die zusätzliche Kohlenstoffeinbindung ist räumlich (auf die in Deutschland für die Erstaufforstung verfügbare Fläche) und zeitlich (auf die Aufwuchsphase der neuen Waldbestände) begrenzt.

Die Bedeutung derartiger forstlicher Maßnahmen hinsichtlich ihrer kohlenstoffbindenden Wirkung tritt in der Bundesrepublik Deutschland daher ebenso wie in vielen anderen Industriestaaten hinter der notwendigen Verringerung anthropogener Emissionen (u. a. verringerter Verbrauch bzw. Substitution bei fossilen Energieträgern) deutlich zurück. Der wichtigste Beitrag der Forstwirtschaft ist der Erhalt (u. a. auch durch nachhaltige Nutzung) der bereits bestehenden Wälder. Hierzu tragen auch die bereits in Abschnitt 4.2 genannten flankierenden forstlichen Maßnahmen wesentlich bei.

5.22 Internationale Maßnahmen

Die Bundesregierung hält völkerrechtlich verbindliche Regelungen zum Schutz des Klimas und der Wälder für erforderlich. Bei der Konferenz „Umwelt und Entwicklung“ der Vereinten Nationen (UNCED, Juni 1992 in Rio de Janeiro/Brasilien) hat sie daher — zusammen mit über 150 anderen Staaten — u. a. die Klimarahmenkonvention gezeichnet. Bei den Verhandlungen zur Klimarahmenkonvention hatte sich die Bundesregierung für ergänzende Protokolle über CO₂ und die Wälder (als CO₂-Speicher und -Senken) eingesetzt. Das Ratifizierungsverfahren in Deutschland ist abgeschlossen. Das entsprechende Gesetz wird am 14. Dezember 1993 in Kraft treten. Derzeit wird die Hinterlegung der Ratifizierungsurkunde bei den Vereinten Nationen — in Abstimmung mit der EG — vorbereitet. Im übrigen wird die Bundesregierung intensiv an der Weiterentwicklung der Klimarahmenkonvention arbeiten. Dies besonders vor dem Hinter-

grund, daß Deutschland Ausrichter der ersten Vertragsstaatenkonferenz sein wird, die voraussichtlich vom 28. März bis 7. April 1995 in Berlin stattfindet. Die 48. Generalversammlung muß noch einen entsprechenden Beschluß herbeiführen.

Mit der Zeichnung der Konventionen zu Klimaschutz und Biologischer Vielfalt sowie mit der Verabschiedung der Walderklärung und der Rio-Deklaration, mit dem Aktionsprogramm „Agenda 21“ und dem Beschluß zur Einrichtung einer hochrangigen UN-Kommission für nachhaltige Entwicklung — die im Juni 1993 zu ihrer ersten substantiellen Sitzung in New York zusammentraf und dort u. a. das Arbeitsprogramm zum UNCED-follow up für die nächsten Jahre festlegte — sind bei UNCED Grundlagen für eine qualitativ neue weltweite Zusammenarbeit in der Umwelt- und Entwicklungspolitik geschaffen worden. Sie enthalten auch Vorschläge für konkrete Maßnahmen, die gegen die fortschreitende Entwaldung und Schädigung der Wälder ergriffen werden müssen (z. B. Kapitel 11 der Agenda 21).

Mit der Verabschiedung der Walderklärung von Rio wurde erstmals weltweit ein politischer Konsens zu Waldschutzfragen erreicht. Sie enthält weltweit festgelegte Grundsätze zur Bewirtschaftung, Erhaltung und nachhaltigen Entwicklung von Wäldern und ist eine tragfähige Grundlage für weitere konkrete Maßnahmen. Die Bundesregierung setzt sich nachdrücklich dafür ein, daß die gefaßten Beschlüsse weltweit zügig umgesetzt werden. Sie wird auch weiterhin zusammen mit ihren Partnern nach Möglichkeiten suchen, die uns dem Ziel einer internationalen Waldkonvention näherbringen können. Für eine solche Konvention ist auch die Unterstützung durch die Entwicklungsländer, mit denen die Bundesregierung den Dialog zu dieser Problematik sucht, notwendig.

Darüber hinaus ist die Bundesregierung aktiv eingebunden in die internationalen Maßnahmen gegen die fortschreitende Zerstörung der Tropenwälder. Deutschland ist mit rund 300 Mio. DM — dies sind ca. 15 % der insgesamt weltweit für diesen Bereich zur Verfügung gestellten Mittel — inzwischen der größte bilaterale Geber.

Auch international ist der wichtigste Beitrag der Forstwirtschaft der Erhalt (u. a. auch durch nachhaltige Nutzung) der bereits bestehenden Wälder. Dies gilt für alle Waldökosysteme der Erde. Sie stellen nach den Ozeanen den wichtigsten CO₂-Speicher dar. Nachhaltige Bewirtschaftung ist walderhaltend, umweltschonend und berücksichtigt die Interessen der örtlichen Bevölkerung.

Weltweit ist die Bedeutung der Anlage neuer Waldflächen groß, insbesondere wenn andere Aspekte (z. B. Nutz- und Schutzfunktionen für die örtliche Bevölkerung) mit einbezogen werden. Die durch Neuaufforstung erzielbare zusätzliche Kohlenstoffbindungskapazität sollte allerdings nicht überschätzt werden, zumal sie zeitlich auf die Aufwuchsphase der neuen Waldbestände begrenzt ist.

¹⁶⁾ Über die Größenordnung von nicht geförderten Erstaufforstungen liegen keine Angaben vor; es wird jedoch unterstellt, daß ihre Fläche geringer ist als die der geförderten Aufforstungen.

6.0 Waldzustand und Luftreinhaltung — ein Resümee

Die **Waldökosysteme** sind aufgrund ihrer wichtigen Funktionen (z. B. Bereitstellung von Rohstoffen, Erhaltung der Artenvielfalt, Schutz von Boden und Wasser, Kohlenstoffspeicher, Erholungsraum) **unverzichtbarer Teil der menschlichen Lebensgrundlagen**. Die Ergebnisse der Waldschadenserhebungen, der Depositionsmessungen an Waldstandorten sowie der Waldschadens- bzw. Waldökosystemforschung zeigen, daß sie **in der Bundesrepublik Deutschland auch weiterhin gefährdet** sind.

Nach den **Ergebnissen der diesjährigen Waldschadenserhebung** haben die neuartigen Waldschäden in Deutschland das **hohe Niveau** der Vorjahre **beibehalten: 1993 weist jeder vierte Baum (24 %) deutliche Schäden auf** (Schadstufen 2–4, d. h. über 25 % Nadel-/Blattverlust). Am stärksten geschädigt sind die Eichen mit 45 %, gefolgt von der Buche mit 32 %. Fichte und Kiefer liegen bei 22 bzw. 20 %.

Im Vergleich zum Vorjahr ist **auf Bundesebene eine gewisse Entspannung** festzustellen: Im Durchschnitt aller Länder und aller Baumarten ging der **Anteil deutlich geschädigter Bäume um 3 %-Punkte** auf 24 % zurück. Erholt haben sich die Fichten um 2 %-Punkte, die Kiefern um 4 %-Punkte und die Buchen um 6 %-Punkte. Bei den Eichen stieg der Anteil deutlich geschädigter Bäume — unter Mitwirkung von Insektenfraß — dagegen um 13 %-Punkte an.

Der **Rückgang** der deutlichen Schäden ist jedoch **mit Vorsicht zu interpretieren**:

— **Immer noch sind die Schadstoffeinträge in die Waldökosysteme erheblich**: Depositionsmessungen zeigen zwar in den letzten Jahren eine deutliche Abnahme der Schwefeleinträge in die Wälder, gleichzeitig aber gleichbleibende bis leicht steigende Stickstoffeinträge (vgl. Abschnitt 1.4).

Außerdem haben sich in den Waldböden die **Schadstoff- und Säureeinträge über Jahrzehnte akkumuliert** und wirken dort weiter (Versauerung von Boden und Grundwasser, vgl. Abschnitt 3.3).

— **Neben den Dauerbelastungen durch Luftschadstoffe beeinflussen auch andere**, sich u. U. kurzfristig ändernde **Faktoren den aktuellen Kronenzustand**. 1993 sind solche Faktoren **regional in verschiedenem Ausmaß** aufgetreten und haben sich **außerdem je nach Baumart sehr unterschiedlich** ausgewirkt:

○ Für das bundesweite Ergebnis der Waldschadenserhebung 1993 läßt sich **kein einheitlicher Trend der Witterungseinflüsse** auf den Kronenzustand feststellen. Die reichlichen Niederschläge des Sommers 1993 haben sich offenbar nicht generell positiv ausgewirkt.

Die in den nordwestdeutschen Ländern beobachteten Zunahmen der deutlichen Schäden bei

Fichte, Kiefer und Eiche werden mit den trockenen-warmen Sommern der Vorjahre in Verbindung gebracht.

Die in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern dagegen beobachteten Abnahmen der deutlichen Schäden bei der Kiefer hängen möglicherweise auch mit den dort aufgetretenen relativ hohen Niederschlägen vor und während der Vegetationsperiode 1993 zusammen.

Bayern führt die Abnahmen der deutlichen Schäden bei Fichte und Kiefer v. a. auf einen günstigen Witterungsverlauf sowie auch darauf zurück, daß die durch die schweren Stürme des Jahres 1990 verursachten Nadelverluste inzwischen ausgewachsen sind.

○ Das diesjährige Ausbleiben des in den Vorjahren v. a. bei der Buche wiederholt aufgetretenen Streßfaktors **Blühen und Fruchtbildung** hat zur Verminderung der deutlichen Schäden bei dieser Baumart beigetragen. Bei den übrigen Baumarten hatte dieser Faktor 1993 dagegen keinen erkennbaren Einfluß auf den Kronenzustand.

○ Fraßschäden durch **Insekten** haben den Kronenzustand **insbesondere bei der Eiche** beeinflusst. Schwammspinner, Frostspanner und Eichenwickler verursachten regional erhebliche Fraßschäden v. a. an älteren Eichen. Der aus Süddeutschland berichtete starke Befall v. a. der Fichte mit Borkenkäfern spiegelt sich dagegen im diesjährigen Ergebnis der Waldschadenserhebung insgesamt kaum wieder.

Regional sind Höhe und Entwicklung der Schäden daher sehr unterschiedlich: Am stärksten sind die deutlichen Schäden in den ostdeutschen und den süddeutschen Ländern ausgeprägt, wo sie allerdings um 5 %-Punkte auf nunmehr 29 % bzw. um 2 %-Punkte auf 25 % zurückgingen. Am geringsten sind die deutlichen Schäden trotz einer Zunahme um 2 %-Punkte in den nordwestdeutschen Ländern mit 16 %.

— Ob der Rückgang der deutlichen Kronenschäden einen längerfristigen Trend zur Abnahme der Schäden einleitet oder ein einmaliges Ereignis bleibt (z. B. infolge eines besonders günstigen Witterungsverlaufes), werden die nächsten Jahre zeigen.

Die neuartigen Waldschäden sind nicht auf das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland beschränkt. Die Waldschadenserhebungen in den anderen europäischen Staaten zeigen, daß die Symptome der neuartigen Waldschäden auch dort auftreten und in den vergangenen Jahren eher zu- als abgenommen haben (vgl. Abschnitt 2.0).

Aus Sicht der Waldschadens- bzw. Waldökosystemforschung gibt es für den Wald keine Entwarnung (vgl. Abschnitt 3.0). Sie hat gezeigt, daß die Ursachen für die neuartigen Waldschäden vielschichtig sind und auf eine Vielzahl von biotischen und abiotischen Faktoren zurückgehen, die in der Summe und — an den einzelnen Standorten — mit unterschiedlichem Gewicht zusammenwirken. Anthropogene Luftverunreinigungen (v. a. SO₂, NO_x, NH₃, VOC und O₃) aus Industrieanlagen, Kraftwerken, Verkehr, Kleinverbrauch, Haushalten und Landwirtschaft spielen eine Schlüsselrolle:

- Bäume filtern aufgrund ihrer großen Kronenoberfläche im Verhältnis zur Freilandvegetation ein Vielfaches an Luftschadstoffen aus, die dann mit den Niederschlägen abgewaschen und in die Waldböden eingetragen werden.
- Luftschadstoffe entfalten ihre Wirkungen sowohl an den oberirdischen Pflanzenteilen (z. B. Beeinträchtigung der Photosynthese) als auch über den sogen. „unterirdischen Wirkungspfad“ in den Waldböden (z. B. durch Auswaschung von Nährstoffen und Bodenversauerung).
- Dem unterirdischen Wirkungspfad kommt dabei eine besondere Bedeutung zu: Während die Wirkung von Schadgasen im allgemeinen abklingt, sobald sich deren Konzentration in der Luft verringert, halten die Wirkungen der über Jahre im Boden angesammelten Schadstoffe sowie der Bodenversauerung an, auch wenn keine Einträge mehr folgen.
- Auch die Stickstoffeinträge spielen dabei eine besondere Rolle: Ihre düngende Wirkung verschleiert Vitalitätseinbußen der Bäume, verursacht Nährstoffungleichgewichte und trägt darüber hinaus zur Bodenversauerung bei.

Fortgesetzte Schadstoffeinträge führen zu folgenden nachteiligen Auswirkungen:

- Mit Stickstoff gesättigte Waldökosysteme beginnen überschüssigen Stickstoff abzugeben, z. T. in umweltbelastender Form (z. B. als Nitrat ins Grundwasser oder in Form des Treibhausgases N₂O (Lachgas) in die Atmosphäre).
- Verlust bzw. Einschränkung der Schutzfunktionen der Wälder (z. B. Erosionsschutz, Filterwirkung des Waldes für Luft und Wasser).
- Störung im Wasserhaushalt (erhöhte Abflussspende, zum Teil geringere Wasserqualität).
- Zerstörung hochwertiger Biotope (naturnahe Waldgesellschaften und Naturschutzgebiete) und damit Beeinträchtigung der Artenvielfalt.
- Verschärfung der ökonomischen Situation der waldbesitzenden bäuerlichen Betriebe sowie der Forstbetriebe.
- Negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild und erhebliche Beeinträchtigung des Fremdenverkehrs (Erholung und Tourismus).

Zur Bekämpfung der neuartigen Waldschäden hat die Bundesregierung bereits 1983 das **Aktionsprogramm „Rettet den Wald“** beschlossen, das inzwischen in

seiner dritten Fortschreibung (1989) vorliegt. Die von der Bundesregierung eingeleiteten Maßnahmen zeigen inzwischen deutliche Erfolge:

— Im Bereich der **Luftreinhaltung** sind die Maßnahmen zur **Verringerung der SO₂-Emissionen** besonders erfolgreich:

- In den alten Ländern gelang es, die SO₂-Emissionen insbesondere durch die Rauchgasentschwefelung der Kraftwerke (Großfeuerungsanlagen-Verordnung, 1983) von 2,9 Mio. t (1982) um ca. 68 % auf 0,94 Mio. t (1990) zu verringern.
- In der ehemaligen DDR waren die SO₂-Emissionen seit 1987 (5,6 Mio. t) rückläufig. Sie lagen 1990 bei 4,75 Mio. t und werden sich aufgrund des übergeleiteten rechtlichen Rahmens zur Luftreinhaltung sowie auch durch Betriebsstillegungen bis 1996 weiter deutlich verringern.
- Im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention hat insbesondere das Helsinki-Protokoll (1984) zur Verringerung der SO₂-Emissionen auch in anderen europäischen Staaten und damit der grenzüberschreitenden SO₂-Ströme beigetragen: Im Vergleich zum Bezugsjahr 1980 (ca. 51,6 Mio. t) gingen die SO₂-Emissionen in Europa bis 1990 um 30 % auf ca. 36,1 Mio. t zurück.
- Entsprechend verringert haben sich auch in Deutschland die durchschnittlichen Luftkonzentrationen von SO₂; an der früheren Ostgrenze der Bundesrepublik gingen sie beginnend mit dem Jahr 1988 um 30—45 %, in den westlich davon gelegenen Landesteilen um bis zu 70 % zurück.
- Depositionsmessungen an zahlreichen Untersuchungsstandorten im Wald während der letzten zehn Jahre zeigen ebenfalls erhebliche Rückgänge der jährlichen Schwefeleintragsraten und der damit verbundenen Säureeinträge.

Trotz dieser Erfolge sind — im Hinblick auf die Erhaltung der Waldökosysteme — die von der Bundesregierung zur weiteren Verringerung der nationalen und insbesondere auch internationalen SO₂-Emissionen eingeleiteten bzw. geplanten Maßnahmen wichtig: Selbst verringerte Schwefeleintragsraten mit jährlich bis zu 60 kg/ha unter Fichtenbeständen übersteigen die Critical Loads für Waldökosysteme noch beträchtlich (vgl. Abschnitt 1.4). Darüber hinaus kann SO₂ auch bei relativ geringen Konzentrationen Wirkungen an Bäumen hervorrufen (vgl. Abschnitt 3.1).

Auch bei der **Verringerung der NO_x-Emissionen** sind Erfolge erkennbar:

- In den alten Ländern sind sie insgesamt seit 1986 (3,0 Mio. t) rückläufig; 1990 betrugen sie 2,6 Mio. t. In der ehemaligen DDR lagen sie unter 0,3 Mio. t (1989). In den alten Ländern hat sich auch beim NO_x die Großfeuerungsanlagen-Verordnung als besonders wirksames Instrument erwiesen: Durch die Entstickung der Großfeuerungsanlagen werden sich die NO_x-

Emissionen aus diesem Sektor von 0,96 Mio. t (1983) um voraussichtlich 74 % auf ca. 0,25 Mio. t (1993) verringern.

- Die Einführung des schadstoffarmen Autos hat eine dem angestiegenen Verkehrsaufkommen entsprechende Zunahme der NO_x-Emissionen verhindert. Im Ergebnis ist seit 1991 auch im Verkehrsbereich eine Trendwende der NO_x-Emissionen zu erkennen
- Die NO_x-Emissionen der Europäischen Staaten blieben von 1987, dem Bezugsjahr des Sofia-Protokolls (1988), bis 1990 insgesamt unverändert bei ca. 20,2 Mio. t. Ihren Ausstoß wesentlich reduziert haben die Bundesrepublik Deutschland, Polen, Spanien sowie Ungarn. Gleichzeitig stiegen die NO_x-Emissionen in anderen Staaten deutlich an.
- Entsprechend haben sich in Deutschland die durchschnittlichen Luftkonzentrationen bei den NO_x von 1988 bis 1990 kaum verändert.
- Die Einträge von Gesamtstickstoff (aus Nitrat und Ammonium) zeigen auf vielen Untersuchungsstandorten im Wald eine gleichbleibende bis leicht steigende Tendenz. Dies gilt auch für die damit verbundenen Säureeinträge (vgl. Abschnitt 1.4).

Bei den NO_x-Emissionen sind daher — auch angesichts der auf vielen Waldstandorten bereits festgestellten Stickstoffsättigung (Abschnitt 3.3) — national und international weitere Anstrengungen zur Verminderung der NO_x-Emissionen bzw. der Stickstoffeinträge in die Ökosysteme erforderlich. Dies gilt insbesondere für den Verkehrsbereich, dessen NO_x- und VOC-Emissionen u. a. maßgeblich zur Ozonbelastung ballungsraumferner Wald-ökosysteme beitragen.

Ebenso zeichnen sich **bei den landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen Erfolge** ab: Sie gingen von 1985 (0,7 — 0,9 Mio. t) bis 1991 um ca. 23 % zurück. Die mit Blick auf eine umweltverträgliche landwirtschaftliche Produktion verfolgte Agrarpolitik wird zu einer weiteren Verringerung der Ammoniakemissionen führen.

- Die im Rahmen des Aktionsprogrammes vorgesehenen **forstwirtschaftlichen Maßnahmen** haben die Aufgabe, flankierend zur Luftreinhaltung dazu beizutragen, die Widerstandsfähigkeit von Wald-ökosystemen zu verbessern und somit den Schadensverlauf zu mildern (vgl. Abschnitt 4.2). Sie können die Ursachen der Umweltbelastungen nicht beheben.

Den Waldböden und der Bewahrung ihrer Fruchtbarkeit kommen dabei eine besondere Bedeutung zu. Deshalb wurde im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ der Förderhöchstsatz für die Bodenschutzkalkung bzw. Kompensationsdüngung ab 1993 von 80 auf 90 % angehoben. Insgesamt wurden seit 1984 (alle Waldbesitzarten) auf rund 1,6 Mio. ha bzw. 16 % der gesamten Waldfläche Maßnahmen zum Schutz der Waldböden (Bodenschutzkalkung bzw. Kompensationsdüngung) durchgeführt.

- Durch die **Förderung der Waldschadens- und Waldökosystemforschung** konnten in über 800 Vorhaben wesentliche Fragen und Zusammenhänge geklärt werden (vgl. Abschnitt 3.0). Allein für die Waldökosystemforschungszentren stellt die Bundesregierung jährlich ca. 20 Mio. DM zur Verfügung, davon ca. 4 Mio. DM für die Verbundprojekte in den neuen Ländern (vgl. Abschnitt 4.3).

Die Bundesregierung wird ihre Bemühungen zur Verringerung der neuartigen Waldschäden bzw. zur Erhaltung der Wälder fortsetzen

1. **Maßnahmen zur Luftreinhaltung haben für die Verringerung der neuartigen Waldschäden auch weiterhin Vorrang.** Sie werden im nationalen und im internationalen Rahmen konsequent fortgesetzt:

- a) Die **Schwerpunkte** für künftige Maßnahmen zur Luftreinhaltung auf **nationaler Ebene** sind die weitere Verringerung

- der Schadstoffemissionen aus Energieerzeugungs- und Industrieanlagen in den neuen Ländern,
- der Stickstoffoxid- und anderer Emissionen beim Straßenverkehr sowie
- der Stickstoffemissionen aus landwirtschaftlichen Quellen.

- b) Auf **internationaler Ebene** wird die Bundesrepublik Deutschland ihre bisherige Rolle als treibende Kraft und Vorreiter beim internationalen Umweltschutz weiterhin beibehalten. Dazu gehören u. a.:

- Die Umsetzung der bei der Konferenz „Umwelt und Entwicklung“ der Vereinten Nationen (UNCED 1992) gefaßten Beschlüsse. Die Bundesregierung strebt den Abschluß einer globalen Waldkonvention an und trägt als weltweit größter Mittelgeber bei bilateralen Maßnahmen wesentlich zum Schutz des Tropenwaldes bei.
- Bilaterale Umweltabkommen v. a. mit osteuropäischen Staaten, die insbesondere auf eine Verringerung der grenzüberschreitenden Schadstoffemissionen zielen.

In diesem Zusammenhang steht auch das beispielhafte nationale Wirken der Bundesregierung beim Schutz der natürlichen Umwelt.

Darüber hinaus tragen die im Rahmen der Klimaschutzpolitik der Bundesregierung ergriffenen Maßnahmen zur Verminderung der energiebedingten CO₂-Emissionen auch zur Reduzierung der die Wälder belastenden Luftschadstoffe bei.

2. Die **Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen** zur Stabilisierung der Waldökosysteme gegen die neuartigen Waldschäden wird fortgesetzt.
3. Die **Waldökosystemforschung** wird weiterhin gefördert.

7.0 Anhang

Verzeichnis der im Anhang enthaltenen Dokumente

7.1 Terrestrische Waldschadenserhebung — Aufgaben, Methoden und Stellenwert

7.2 Tabellen

- 1: Waldschäden nach Ländern 1984 bis 1993
 - a) Anteil der Bäume ohne Schadmerkmale
 - b) Anteil der Bäume mit schwachen Schäden
 - c) Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden
- 2: Entwicklung der Waldschäden 1993 im Vergleich zum Vorjahr
 - a) bei den Nadelbäumen
 - b) bei den Laubbäumen
- 3: Entwicklung der deutlichen Schäden nach Baumarten und Ländergruppen in den Jahren von 1984 bis 1993
- 4: Veränderung der Waldschäden nach Bundesländern 1993
 - a) bei den Nadelbäumen
 - b) bei den Laubbäumen
- 5: Waldschäden nach Baumarten, Altersgruppen und Schadstufen 1993
- 6: Entwicklung der Waldschäden nach Baumarten und Altersgruppen in den Jahren von 1984 bis 1993
 - a) Fichte
 - b) Kiefer
 - c) Buche
 - d) Eiche
- 7: Entwicklung der Vergilbungen nach Baumarten in den Jahren von 1986 bis 1993
- 8: Entwicklung der Waldschäden bei Tanne in den Jahren von 1984 bis 1993
- 9: Insekten und Pilzbefall 1993
- 10: Waldschäden in Europa — Ergebnisse der Waldschadenserhebung der UN/ECE 1992
 - a) für Nadelbäume
 - b) für Laubbäume

Terrestrische Waldschadenserhebung — Aufgaben, Methoden und Stellenwert

(Bund-Länder-Arbeitsgruppe der Inventurleiter der Waldschadenserhebung)

1. Welche Aufgaben hat die Waldschadenserhebung und welche Zielsetzungen werden damit verfolgt ?

Der aktuelle Waldzustand wird in Deutschland seit 1984 jährlich nach einem zwischen Bund und Ländern abgestimmten, statistisch repräsentativen Stichprobenverfahren (Waldschadenserhebung — WSE —) von speziell geschultem Fachpersonal der Länder erhoben. Inzwischen wird eine WSE nach gleicher Methodik europaweit durchgeführt, deren Ergebnisse jährlich in einem gemeinsamen Bericht zusammengefaßt werden.

Die WSE hat zum **Ziel**, mit vertretbarem Aufwand kurzfristig verfügbare Aussagen über den Waldzustand bereitzustellen. Dabei sollen neben der aktuellen Zustandsbeschreibung auch Schadensschwerpunkte lokalisiert und Entwicklungstendenzen des Waldzustandes aufgezeigt werden. Ihre **Aufgabe** ist es, den äußerlich sichtbaren, aktuellen Kronenzustand, als Spiegelbild der Gesundheit, an systematisch bestimmten Stichprobenbäumen in Waldbeständen periodisch zu erheben. Daraus sollen dann über längere Zeiträume sichtbar werdende Veränderungen des Kronenzustandes abgeleitet und schließlich repräsentative Informationen für größere Waldregionen vermittelt werden.

Zur Klärung der Ursachen neuartiger Waldschäden ist die WSE nicht geeignet; dies ist vielmehr Aufgabe der intensiven Waldschadensforschung, deren Aufbau als Forschungskomplex ohne die Ergebnisse der jährlichen Erhebung der Waldschäden nicht vorgenommen worden wäre. Ebensowenig ist die WSE daraufhin angelegt, konkrete Vorschläge für forstliche Maßnahmen in einzelnen Waldbeständen zu begründen.

Unter den Umweltüberwachungsverfahren mittels biologischer Kriterien ist die WSE ein unkompliziertes Inventurverfahren. Sie nutzt dazu den als Ergebnis vielfältiger Streßfaktoren entstandenen Kronenzustand und umfaßt mithin nicht nur Immissionsschäden. Sie liefert Hinweise auf Waldgefährdungen (Destabilisierung) und ermöglicht es, der interessierten Öffentlichkeit und den politischen Entscheidungsträgern aktuelle Sachstandsberichte über die Waldschadenssituation zur Verfügung zu stellen.

2. Welche Hauptkriterien werden bei der Waldschadenserhebung erfaßt?

Vielfältige Veränderungen im Kronenzustand von Waldbäumen sind ein deutlicher Ausdruck für die auf ein Waldökosystem einwirkenden Beeinträchtigungen. Gleichzeitig ist der Kronenzustand der Probebäume der einzige Merkmalskomplex, der sich bei einer in kurzer Zeit durchzuführenden Stichprobenerhebung erfassen läßt.

Hauptkriterium zur Beurteilung des Kronenzustandes sind **Kronenverlichtungen**, ausgedrückt in **Nadel- bzw. Blattverlust** der Bäume, und der Grad der **Vergilbung** der noch vorhandenen Nadeln und Blätter. Beide Merkmale werden im Gelände in 5-%-Klassen eingeschätzt.

Bei der Einschätzung des relativen Nadel-/Blattverlustes werden je nach Baumart berücksichtigt: Durchsichtigkeit der Baumkrone (Transparenz), fehlende Nadeljahrgänge, Fenstereffekt, Verkürzung der Nadeln, Verkleinerung und Fehlen der Blätter, mangelnde Verzweigung, verstärktes Auftreten von Trockenreisern bis hin zum Absterben ganzer Kronenteile oder des gesamten Baumes.

Bereits im Hochsommer auftretende Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind ein deutliches Zeichen für Streß. Nur grüne Nadeln und Blätter können den Bäumen die benötigte Energie und Aufbaustoffe (Assimilate) liefern. Vergilbungen werden als Hauptkriterium mit erhoben, weil sie ein äußeres Anzeichen von Ernährungsstörungen sind, u. a. ausgelöst durch Schadstoffeinfluß auf Nadeln, Blätter und Boden. Als Ergebnis z. B. von Kalkungs-/Düngungseffekten können Vergilbungen auch wieder abklingen.

3. Welche zusätzlichen Kronenzustandsmerkmale und Einflußfaktoren werden bei der Waldschadenserhebung aufgenommen?

Da der Grund für auftretende Nadel- bzw. Blattverluste bei der WSE nur selten festzustellen ist, erfolgt deren Einschätzung unabhängig von möglichen Ursachen.

Um abschätzen zu können, inwieweit Schäden durch Insekten oder Pilzbefall sowie Einflüsse von Fruktifikation oder Blüte (z. B. bei Kiefer) am Ausmaß der Waldschäden im Erhebungsjahr beteiligt sind, werden diese eindeutig zuzuordnenden natürlichen Faktoren bei der WSE zusätzlich am Einzelbaum registriert. Durch Wind, Schnee- oder Eisbruch verursachte Verluste von Kronenteilen werden aufgenommen, aber nicht als Nadel-/Blattverlust bewertet.

Einen besonderen Einfluß auf den Kronenzustand hat auch der Witterungsverlauf. So können sehr trockene Sommer auf flachgründigen Standorten einen vorzeitigen Blatt- oder Nadelabfall verursachen; strenge Winter hemmen oftmals die Entwicklung von Schadorganismen, Spätfröste können junge Triebe schädigen. Für die Interpretation der Ergebnisse der Waldschadenserhebung werden daher alle verfügbaren Angaben zum Witterungsverlauf berücksichtigt.

Physiologisch bedeutsame Streßmerkmale, die nur mittels chemischer Analysen feststellbar sind, wie z. B. Schadstoffbelastung oder Nährstoffmangel in Nadeln, Blättern und Böden, können im Zuge einer

kurzfristig durchzuführenden Waldzustandserhebung nicht erfaßt werden. Gleiches gilt für Wurzelschäden sowie für Veränderungen des Zuwachses, der Humusform und Bodenflora. Solche Merkmale zu erfassen und zu bewerten ist sehr aufwendig. Dies ist daher nur im Rahmen spezieller wissenschaftlicher Untersuchungsprogramme möglich. Derzeit geschieht das z. B. im Rahmen der periodischen Erhebung in Dauerbeobachtungsflächen der Länder und auch mit der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE).

4. Welches Inventurverfahren wird bei der Waldschadenserhebung angewandt?

Die WSE ist eine terrestrische Inventur. Die Datenerhebung (Einschätzung des Kronenzustandes) erfolgt vom Boden aus (generell mit Fernglas).

Die WSE wird als eine systematisch angelegte repräsentative Stichprobenerhebung durchgeführt. Dazu wurde ein bundesweites Netz von 4×4 km (Grundnetz) eingerichtet. Überall dort, wo die Schnittpunkte des Netzes im Wald liegen sind nach einheitlichem System Aufnahmepunkte angelegt worden. Diese Stichprobendichte ermöglicht es, die Schadstufenanteile nach Ländern und Wuchsgebieten und z. T. noch nach Hauptbaumarten und zwei Altersgruppen auszuwerten. In einigen Ländern oder für kleinflächigere Auswertungen wird dazu das Grundnetz auch verdichtet (z. B. 2×2 km oder 1×1 km).

An jedem Stichprobenpunkt sind, nach einem festgelegten Verfahren und unabhängig von Baumart oder Baumalter, Probestämme der herrschenden Baumschicht systematisch ausgewählt und dauerhaft markiert worden (permanente Baumstichprobe als zentrale Aufnahmeeinheit). Dadurch kann bei jeder Folgerhebung der Kronenzustand derselben Bäume wieder eingeschätzt werden.

Um möglichst aussagefähige Zeitreihen über langfristige Waldzustandsveränderungen zu erhalten, wird die WSE jeweils auf dem Höhepunkt der Vegetationsentwicklung und vor dem Einsetzen der natürlichen Herbstverfärbung, also während der Sommermonate Juli und August, durchgeführt.

Bei geringem Schadensfortschritt oder in Sondersituationen — wie etwa nach den Orkanen im Jahr 1990 — kann die Netzdichte systematisch verringert und eine landesspezifische Teilstichprobe (**Unterstichprobe**, z. B. 8×8 km oder 4×12 km) aufgenommen werden. Diese umfaßt etwa ein Zehntel bis ein Drittel der Punkte des 4×4 km Grundnetzes (**Vollstichprobe**). Das Stichprobenraster für die europäische WSE (EG und UN-ECE) weist als am wenigsten aufwendige Unterstichprobe eine Mindestnetzdichte von 16×16 km auf.

Die Netzdichte des jeweiligen Aufnahmejahres bestimmt die Auswertungs- und Darstellungsebenen, für die Waldzustandsdaten berechnet werden können. Eine Aufnahme der 4×4 km-Vollstichprobe ermöglicht repräsentative Aussagen auf der Ebene der Länder und forstlichen Wuchsgebiete, eventuell getrennt nach Baumarten- und Altersgruppen. Eine

kleinräumigere Datenauflösung ist mit der gegebenen Grundnetzdichte der WSE nicht erzielbar. Die Unterstichprobe ermöglicht noch Auswertungen auf Länderebene für die Hauptbaumarten. Wird nur im EG-ECE-Mindestnetz aufgenommen, müssen sich die Auswertungen auf bundes- und landesweite Trendaussagen ohne weitere Regionalisierung mit Spezifizierung nach Baumarten beschränken.

Bundesweite Vollstichproben der WSE sind bisher 1984–1986 sowie 1991 durchgeführt worden. 1991 wurden auf 7 794 Stichprobenpunkten 200 000 Einzelbäume aufgenommen. Vollstichproben werden bundesweit künftig im dreijährigen Turnus durchgeführt. Dazwischen finden jährlich Unterstichproben statt.

5. Wie wird der Kronenzustand erhoben und die Qualität der Ergebnisse gesichert?

Zuverlässigkeit, Vertrauenswürdigkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse hängen bei einem Schätzverfahren wie der WSE entscheidend von der Anwendung einheitlicher und gleichbleibender Bewertungsmaßstäbe ab. Bundesweite, internationale und zeitliche Vergleichbarkeit wird durch jährliche Abstimmung („Eichung“) zwischen den Landesinventurleitern im Vorfeld der WSE gewährleistet. Die bei diesem Erfahrungsaustausch gefestigten Bewertungsmaßstäbe werden in den Ländern durch intensive Schulungen an die Aufnahmeteamer weitergegeben. Dabei vorgenommene Qualifikationstests zeigten, daß der zu tolerierende Schätzfehler von $\pm 5\%$ am Einzelbaum i. d. R. nicht überschritten wird.

Der Einsatz von Zwei-Mann-Teams fördert die Objektivität und eine während des gesamten Aufnahmezeitraumes gleichbleibende Schätzqualität. Eine unabhängige Zweitaufnahme an einem Teil der Punkte durch besonders erfahrene Kontrolleure sichert die Aufnahmeergebnisse schließlich ab.

Als Hilfsmittel zur Einschätzung der Kronenverlichtung in 5-%-Klassen dienen aus wissenschaftlichen Untersuchungen und praktischen Erfahrungen hergeleitete Kriterienkataloge, baumartenspezifische Merkblätter und Farbbildhefte mit typischen Beispielen unterschiedlicher Kronenverlichtungsgrade. Dort sind Muster für den jeweiligen Nadel-/Blattverlust angegeben. Zwischen den Eckwerten dieser Bewertungsrahmen können die Verlichtungsgrade der aufzunehmenden Probestämme zuverlässig eingeschätzt werden.

Solche Hilfsmittel sind jedoch nur für entsprechend vorgebildete Fachleute geeignet, die in der Lage sind, unter Berücksichtigung der individuellen Standraumverhältnisse jedes Baumes dessen aktuellen Kronenzustand zu bewerten. Die Referenzbilder der Farbbildhefte zeigen die Kronen von in vollem Lichtgenuß aufgewachsenen einzelstehenden Bäumen. In der Inventurpraxis müssen aber vor allem im Bestandesgefüge herangewachsene Bäume bewertet werden, die u. U. kurze oder eingeklemmte Kronen aufweisen. Als Maßstab für „keinen Nadel-/Blattverlust (0%)“ werden daher auch keine optimal entwickelten Einzelbäume (Solitäre), sondern dem Bestandesgefüge

entsprechende „Normalbäume“ herangezogen, deren unbedrängte Lichtkronen noch optimal verzweigt und benadelt oder belaubt sind.

Die Schätzung der Kronenverlichtung anhand der Durchsichtigkeit der gesamten Krone kann jedoch nicht bei allen Baumarten gleich aussagekräftig sein. So sind beispielsweise die auch bei voller Benadelung sehr durchscheinend wirkenden Kiefern nur unter Berücksichtigung von Anzahl und Vollständigkeit ihrer Nadeljahrgänge treffsicher zu bewerten. An Fichten oder Tannen hat sich die Zählung der Nadeljahrgänge dagegen als wenig hilfreich erwiesen.

Große Sorgfalt bei der Schulung, der Aufnahme und Kontrolle ist entscheidend für die Aussagefähigkeit der vorgelegten Ergebnisse der WSE und grenzt den Fehlerrahmen ein.

6. Beschönigt die forstliche Bewirtschaftung der Probebestände die Ergebnisse der Waldschadenserhebung?

Die Waldbestände mit Stichprobenpunkten der WSE unterliegen keinen Einschränkungen in der regulären forstlichen Bewirtschaftung.

- Wo einzelne Probepflanzen aufgrund planmäßiger Nutzung, nach Windwurf, Schneebruch oder aus anderen Gründen ausscheiden, werden sie durch die jeweils nächststehenden Bäume ersetzt. Abgestorbene Bäume bleiben, solange ihre Krone feinreißig aufweist, in der Stichprobe erfaßt. Damit ist eine aktuelle Zustandserfassung des zum Aufnahmestichtag vorhandenen Waldes gewährleistet.
- Scheidet ein ganzer Aufnahmepunkt infolge Nutzung der Bäume oder flächiger Windwürfe aus der Beobachtung aus, so „ruht“ dieser Stichprobenpunkt einige Jahre als im Wald vorhandene „Blöße“. Sobald die nachfolgende Waldgeneration heranwächst, wird der Aufnahmepunkt bei der WSE wieder erfaßt.

Insgesamt ist der Anteil der jährlich aus der Stichprobe ausscheidenden Bäume gering, er liegt im Bundesdurchschnitt bei ca. 2%. Nach allen bisher vorliegenden Untersuchungen wurden die Gesamtergebnisse der WSE auf Länder- oder Bundesebene durch diese Vorgehensweise nicht beeinflusst.

Ausgefallene Probepflanzen werden jährlich nach der Ursache ihres Ausscheidens dokumentiert. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, daß die überwiegende Mehrzahl der jährlich zu ersetzenden Probepflanzen wegen planmäßiger waldbaulicher Maßnahmen oder aufgrund von Windwürfen ausscheiden.

Die Gegenüberstellung der Schadstufenverteilung der Ersatzbäume mit derjenigen ihrer Vorgänger zeigt, daß ihre Schadstufenverteilung sich kaum von der ihrer zufällig bestimmten Ersatzbäume oder der Schadstufenverteilung im Gesamtwald des betreffenden Landes unterscheidet.

In den aus der WSE bekannten Hauptschadensgebieten, insbesondere in den Hochlagen der Mittelgebirge, wo viele Bäume schadensbedingt entnommen werden müssen, verlichten einzelne Bestände zuneh-

mend. Hier könnte der Ersatz ausgeschiedener Probepflanzen zu einer Beschönigung der Ergebnisse führen, wenn für diese kleinräumig begrenzten Gebiete eigene Bewertungen aus den Daten der WSE vorgenommen würden. Für derartige Flächen kann und soll die terrestrische WSE aufgrund ihres relativ groben Rasters aber keine Aussagen leisten. Zur Erfassung solcher Bestandesverlichtungen sind vielmehr flächenbezogene Kartierungen erforderlich, um das Ausmaß an Beständen mit Verlichtungserscheinungen unterschiedlichen Grades sowie flächenhaft abgestorbene Waldbestände gebietsweise zu ermitteln. In den bekannten Problemgebieten werden daher intensive Luftbild-Waldschadenserhebungen und die mittelfristige Forstplanung mit herangezogen. So eine Luftbild-Waldschadenserhebung kann auch auf Wuchsgebietsebene genutzt werden, wie z. B. im westlichen Hunsrück, im Harz und im Fichtelgebirge bereits erfolgt. Sie können jedoch kein Ersatz für die landesweite terrestrische WSE sein, sondern diese vielmehr regional ergänzen.

Wenn in einem Hauptschadensgebiet ältere Waldbestände großflächig abgestorben sind, führt dies zwangsläufig zu einer Verschiebung der Waldstruktur hin zu jüngeren Beständen mit erfahrungsgemäß geringerem Schädigungsgrad. Für eine Bewertung des Waldzustandes in solchen Gebieten sind zusätzliche Erhebungen und Auswertungen notwendig.

7. Wie werden die Ergebnisse dargestellt und bewertet?

Die Kronenverlichtung und die Nadel-/Blattvergilbung werden im Wald in 5 %-Klassen aufgenommen. Zur weiteren Einschränkung des Schätzfehlers und zur Vereinfachung der Ergebnisdarstellung bei der Berichterstattung werden die 21 möglichen 5 %-Klassen zu fünf unterschiedlich großen Gruppen zusammengefaßt (**Schadstufen**). Diese sind seit Einführung der Methodik der Waldschadenserhebung einheitlich für alle Baumarten definiert (Tabelle 1).

Die ungleichmäßige Abgrenzung der Schadstufen erfolgte unter Berücksichtigung der natürlichen Schwankungsbreite in der biologischen Entwicklung der Bäume und aus der Erfahrung heraus, daß geringe und hohe Nadel-/Blattverluste relativ leicht, mittlere jedoch schwieriger einzuschätzen sind.

Für den Anteil der vergilbten (chlorotischen) Nadel- oder Blattmasse werden in gleicher Weise Vergilbungsstufen gebildet. Abschließend werden die Ergebnisse in Kronenzustandsstufen (**kombinierte Schadstufen**) zusammengefaßt. Die Zuordnung der Probepflanzen zu den kombinierten Schadstufen ergibt sich dabei aus der Zusammenführung der Nadel-/Blattverluststufen und der Vergilbungsstufen entsprechend Tabelle 2.

Die Nadel-/Blattverluststufen und Kronenverlichtungsstufen sind wie die kombinierten Schadstufen Vereinbarungen zur übersichtlichen Ergebnisdarstellung.

Für jede Auswertungseinheit (Land und Wuchsgebiet, sowie z. T. noch nach Hauptbaumarten und zwei

Schadstufen des relativen Nadel-/Blattverlusts

Stufe	Nadel-/Blattverlust	Bezeichnung
0	0—10 %	ohne Schadensmerkmale
1	11—25 %	schwach geschädigt (Warnstufe)
2	26—60 %	mittelstark geschädigt
3	61—99 %	stark geschädigt
4	100 %	abgestorben

Tabelle 2

Matrix zur kombinierten Kronenzustandseinstufung aus Kronenverlichtung (Verluststufe) und Vergilbung/Chlorose (Vergilbungsstufe)

Kombinierte Schadstufe aufgrund von Verlust und Vergilbung der Nadeln/Blätter			
Nadel-/Blattverluste	Vergilbungsstufe (Anteil der vergilbten Nadel-/Blattmasse)		
	1 (11—25 %)	2 (26—60 %)	3 (61—100 %)
0	0	1	2
1	1	2	2
2	2	3	3
3	3	3	3

Altersgruppen) wird der prozentuale Anteil der Bäume in den fünf Schadstufen berechnet. Um die Schadstufenanteile für eine Auswertungseinheit mit einer Fehlerquote von weniger als fünf Prozent richtig schätzen zu können, sind mindestens 300 Probestämme je Baumart und Auswertungseinheit nötig.

Schließlich wird die mittlere Schadstufenverteilung der jeweiligen Auswertungseinheit berechnet und dargestellt. Aus diesem Vorgehen ergibt sich eine gewisse Nivellierung der Schadenssituation für das entsprechende Gebiet. Dieser Mittelwert wird sowohl vom Anteil und der Schadstufenverteilung der — meist stärker geschädigten — über 60jährigen Bäume als auch vom Anteil der am stärksten geschädigten Baumart beeinflusst.

Da es sich bei der WSE um ein Schätzverfahren handelt, bei dem es vor allem um die Darstellung von Größenordnungen bei den Waldschäden geht, wird seit einiger Zeit auf die Angabe von Dezimalen bei den Schadstufenanteilen verzichtet.

Die Bundesländer veröffentlichen die Ergebnisse der WSE auf der Grundlage der von ihnen durchgeführten Erhebung. Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten faßt die Daten der Länder zusammen und wertet sie im Waldzustandsbericht der Bundesregierung gemeinsam aus. Zur Charakterisierung der Schadenssituation in einer Auswertungseinheit hat sich der Anteil deutlich geschädigter Bäume

(Summe der Schadstufen 2, 3 und 4) als besonders geeignete Kenngröße erwiesen. In den Waldzustandsberichten von Bund und Ländern werden daher neuerdings das Ausmaß dieser deutlichen Schäden und deren Veränderungen neben den Anteilen der Stufen 0 (ohne Schadensmerkmale) und 1 (schwach geschädigt — Warnstufe) besonders dargestellt.

Aus den bisherigen Erhebungen ist zu erkennen, daß ältere Bäume wesentlich mehr Nadel-/Blattverluste aufweisen als jüngere. Deshalb werden die Ergebnisse der WSE nach zwei Altersgruppen ausgewiesen. Um eine annähernde Halbierung in je eine Gruppe ältere und jüngere Bäume zu erreichen, wurde das Stichprobenkollektiv einheitlich für alle Baumarten in über und unter 60 Jahre alte Bäume geteilt. Die Entwicklung in der Gruppe der älteren Bäume ist insbesondere unter dem Aspekt des frühzeitigen Erkennens eines starken Schadfortschrittes zu betrachten. Veränderungen der Schadenssituation in der Gruppe der jüngeren Bäume sind insbesondere hinsichtlich der für die künftige Bestandessicherung notwendigen waldbaulichen Konsequenzen von größerer Bedeutung.

Abschließend ist anzumerken, daß aufgrund der naturgegebenen jährlichen und regionalen Schwankungen im Kronenzustand für die Bewertung der Schadensentwicklung die vergleichbaren langfristigen Zeitreihen von hohem Wert sind. Kurzfristige jährliche Veränderungen dürfen deshalb nur sehr zurückhaltend und nur im Zusammenhang mit der gesamten Zeitreihe interpretiert werden.

8. Gibt es Verfahrensalternativen zur terrestrischen Waldschadenserhebung?

Mit der WSE ist es gelungen, seit 1984 länder- und bundesweit eine jährliche Inventur im gleichen Zeitraum nach weitgehend einheitlicher Methode durchzuführen. Damit liegen vielseitig auswertbare Zeitreihen zur Entwicklung des Kronenzustandes in den Wäldern Deutschlands vor.

Es gibt prinzipiell zwei Techniken, um Waldschäden zu erheben:

- vom Boden aus (terrestrisches Verfahren) oder
- aus der Luft (Fernerkundungsverfahren), und zwar
 - vom Flugzeug aus z. B. mit Color-Infrarot(CIR)-Luftbildern oder

- von Satelliten aus z. B. mit Landsat-thematic-mapper-Daten.

Bezogen auf die aufzunehmenden Objekte gibt es ebenfalls zwei Alternativen:

- die Einzelbaumannsprache repräsentativer Stichprobenbäume, die bei Großrauminventuren wie der terrestrischen WSE oder der Auswertung großmaßstäbiger CIR-Luftbilder aus Zeit- und Kostengründen angewendet wird, oder
- die Bestandesansprache aller Waldbestände eines Untersuchungsgebietes, die
 - aus mittelmaßstäbigen CIR-Luftbildern eine vollflächige Kartierung starker Waldschäden und allmählicher Bestandesverlichtungen ermöglicht oder
 - mittels Satellitendaten — Auflösung 30×30 m — eine Abgrenzung größerer Schadzonen gestattet.

Da in unseren Wäldern immer Bäume verschiedener Schadstufen unmittelbar nebeneinander stehen und dabei die Stufen relativ geringer Schädigung i. d. R. überwiegen, ist für die terrestrische WSE ein Stichprobenverfahren mit Einzelbaumannsprache gewählt worden.

Detailinformationen für Auswertungsebenen unterhalb der Wuchsgebiete, für die das Raster der terrestrischen WSE zu grob ist, werden heute vielfach mit Hilfe wesentlich dichter Stichprobenraster aus CIR-Luftbildern gewonnen. Aus großmaßstäbigen Luftbildern (ca. 1 : 5 000) sind heute dank moderner Interpretationsschlüssel annähernd dieselben Schadensmerkmale (Kronenverlichtung, Vergilbung etc.) wie bei der terrestrischen Erhebung feststellbar. In ihrer Genauigkeit sind beide nahezu gleichwertig. Dennoch kann die Verwendung von CIR-Luftbildern terrestrische Erhebungen auf Landes- bzw. Bundesebene nicht ersetzen. Sie erfordern noch einen erheblichen Interpretations- und Kostenaufwand; auch ist die erforderliche Aktualität (Zeitnähe) nicht immer gegeben.

Die Bestandesansprache gewinnt insbesondere für Waldgebiete mit hohem Anteil erheblich geschädigter Bestände (Hauptschadensgebiete) zunehmende Bedeutung. Hierbei ist der Einsatz von CIR-Luftbildern üblich. Die Verwendung von Satellitendaten für Inventurarbeiten in Wäldern wird intensiv wissenschaftlich bearbeitet. In „fernerkundungsgerechten Waldgebieten“ (z. B. zahlreiche gleichaltrige Fichtenreinbestände) ist eine Schadenserhebung durch Aus-

wertung von Satellitendaten bereits möglich. Mit einer Reihe von Zusatzinformationen gekoppelt (Baumarten, Bestandesalter, Ertragsklassen, Relief und Bodenform) können sie künftig insbesondere bei der Bestandesansprache eine größere Rolle spielen. Sie stellen eine gute Dokumentationsreihe dar, sind derzeit aber noch in ihrer Aktualität begrenzt, da Überflughrhythmus und witterungsabhängige Aufnahmebedingungen die Nutzbarkeit beschränken.

Es stellt sich somit nicht die Frage nach alternativen Verfahren zur terrestrischen WSE, die sich in der bisherigen Praxis zweifellos bewährt hat, sondern die Frage nach

- der richtigen Wahl des für die jeweilige Problemstellung günstigsten Verfahrens sowie
- der methodischen Weiterentwicklung der Erhebungsverfahren.

Ausgehend von den bisherigen Erfahrungen mit der WSE und ersten Ergebnissen der bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald sowie angesichts des nach wie vor auf die Waldökosysteme einwirkenden Komplexes von Schadfaktoren ergibt sich die Notwendigkeit, bei der Beurteilung der Ergebnisse von Waldschadenserhebungen künftig noch engere Beziehungen zu Bodenzustand, Schadstoffeintrag, Ernährungsstörungen und zu Witterungsabläufen herzustellen.

9. Welche Bedeutung kommt der Waldschadenserhebung im Rahmen einer komplexen Umweltüberwachung zu?

Mit Hilfe der WSE konnte flächendeckend die kritische Situation in den Wäldern erkannt und dargestellt werden. Sie ist quasi der Finger am Puls des „Patienten Wald“ und daher auch künftig unverzichtbarer Teil einer komplexen Umweltüberwachung. Von der WSE sind entscheidende Impulse für den schrittweisen Aufbau einer intensiven Waldschadensforschung ausgegangen. Die Ursachen der Waldschäden kann und soll sie jedoch nicht aufdecken.

Die qualifizierte Nutzung der verfügbaren Inventurtechnik und Erhebungskriterien der WSE wird es ermöglichen, diese Erhebung in Zukunft noch wirksamer in ein System zur komplexen Überwachung der natürlichen Umwelt der Menschen einzubinden. Die Einbeziehung biologischer Kriterien in die kontinuierliche Beobachtung unserer Umwelt hat sich bewährt und muß fortgeführt werden.

Tabelle 1a

**Waldschäden nach Ländern von 1984 bis 1993:
Anteil der Bäume ohne Schadmerkmale**

Land	Anteil der Bäume ohne sichtbare Schadmerkmale (Schadstufe 0) (in %)									
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Bremen	.	48	16	20	40	43	58	48	59	59
Hamburg	44	23	20	34	48	49	48	46	48	55
Niedersachsen	64	64	63	67	58	57	46	56	48	49
Nordrhein-Westfalen	58	63	59	55	61	61	58	58	50	50
Schleswig-Holstein	73	66	61	50	52	52	54	53	60	57
Nordwestdeutsche Länder	62	64	61	60	51	58	52	57	50	50
Berlin	48	24	21	28	29	34	47*	23*	35	31
Brandenburg	.	.	.	.	.	.	41 ¹⁾	29	30	44
Mecklenburg-Vorpommern	.	.	.	.	.	.	42 ¹⁾	19	11	13
Sachsen	.	.	.	.	.	.	51 ¹⁾	37	39	41
Sachsen-Anhalt	.	.	.	.	.	.	24 ¹⁾	28	31	29
Thüringen	.	.	.	.	.	.	34 ¹⁾	19	16	17
Ostdeutsche Länder	.	.	.	.	.	.	34¹⁾	27	25	31
Baden-Württemberg	34	34	35	40	41	40	37 ¹⁾	39	26 ¹⁾	23¹⁾
Bayern	42	39	36	38	43	41	.	27	23	36
Hessen	58	54	52	52	45	46	40 ¹⁾	29	31	29
Rheinland-Pfalz	58	53	54	54	50	50	50 ¹⁾	47	46	46
Saarland	69	62	58	46	48	56	.	56	55	51
Süddeutsche Länder	45	43	41	43	44	43	.	34	29	33

. = Keine Ergebnisse verfügbar

* = Ende der Zeitreihe in (West-)Berlin, Beginn einer neuen Zeitreihe (Gesamt-)Berlin

¹⁾ Ergebnisse aufgrund einer Erhebung im 16×16 km-Raster

Tabelle 1b

**Waldschäden nach Ländern von 1984 bis 1993:
Anteil der Bäume mit schwachen Schäden**

Land	Anteil der Bäume mit schwachen Schäden (Schadstufe 1) (in %)									
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Bremen	.	31	42	55	47	37	37	39	31	28
Hamburg	45	51	50	42	37	37	36	37	35	31
Niedersachsen	27	26	26	25	32	30	37	34	39	35
Nordrhein-Westfalen	31	27	30	29	29	29	29	31	34	34
Schleswig-Holstein	15	24	26	27	30	30	31	32	27	27
Nordwestdeutsche Länder	28	26	28	27	38	30	33	32	36	34
Berlin	44	6	52	50	46	43	40*	48*	51	44
Brandenburg	.	.	.	.	.	.	35 ¹⁾	38	45	39
Mecklenburg-Vorpommern	.	.	.	.	.	.	18 ¹⁾	32	46	57
Sachsen	.	.	.	.	.	.	24 ¹⁾	36	40	35
Sachsen-Anhalt	.	.	.	.	.	.	24 ¹⁾	38	37	38
Thüringen	.	.	.	.	.	.	32 ¹⁾	31	30	33
Ostdeutsche Länder	.	.	.	.	.	.	30¹⁾	35	41	40
Baden-Württemberg	42	39	42	39	42	40	44 ¹⁾	44	50 ¹⁾	46¹⁾
Bayern	32	33	38	41	39	41	.	43	45	42
Hessen	33	34	29	29	38	37	41 ¹⁾	42	36	36
Rheinland-Pfalz	34	38	38	37	40	40	40 ¹⁾	41	41	40
Saarland	24	28	31	37	33	29	.	27	27	28
Süddeutsche Länder	35	35	37	38	39	40	.	42	44	42

. = Keine Ergebnisse verfügbar

* = Ende der Zeitreihe in (West-)Berlin, Beginn einer neuen Zeitreihe (Gesamt-)Berlin

¹⁾ Ergebnisse aufgrund einer Erhebung im 16×16 km-Raster

**Waldschäden nach Ländern von 1984 bis 1993:
Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden**

Land	Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden (Schadstufen 2-4) (in %)									
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Bremen	.	21	42	25	13	20	5	13	10	13
Hamburg	11	26	30	24	15	14	16	17	17	14
Niedersachsen	9	10	11	8	10	13	17	10	13	16
Nordrhein-Westfalen	11	10	11	16	10	10	13	11	16	16
Schleswig-Holstein	12	10	13	23	18	18	15	15	13	16
Nordwestdeutsche Länder	10	10	11	13	11	12	15	11	14	16
Berlin	8	14	28	22	25	23	13*	29*	14	25
Brandenburg	.	.	.	.	.	.	24 ¹⁾	33	25	17
Mecklenburg-Vorpommern	.	.	.	.	.	.	40 ¹⁾	49	43	30
Sachsen	.	.	.	.	.	.	25 ¹⁾	27	21	24
Sachsen-Anhalt	.	.	.	.	.	.	52 ¹⁾	34	32	33
Thüringen	.	.	.	.	.	.	34 ¹⁾	50	54	50
Ostdeutsche Länder	.	.	.	.	.	.	36¹⁾	38	34	29
Baden-Württemberg	24	27	23	21	17	20	19 ¹⁾	17	24 ¹⁾	31 ¹⁾
Bayern	26	28	26	21	18	18	.	30	32	22
Hessen	9	12	19	19	17	17	19 ¹⁾	29	33	35
Rheinland-Pfalz	8	9	8	9	10	10	10 ¹⁾	12	13	14
Saarland	7	10	11	17	19	15	.	17	18	21
Süddeutsche Länder	20	22	22	19	17	17	.	24	27	25

. = Keine Ergebnisse verfügbar

* = Ende der Zeitreihe in (West-)Berlin, Beginn einer neuen Zeitreihe (Gesamt-)Berlin

¹⁾ Ergebnisse aufgrund einer Erhebung im 16x16 km-Raster

Tabelle 2a

Entwicklung der Waldschäden 1993 bei den Nadelbäumen im Vergleich zum Vorjahr

Baumart	Länder- gruppe	Anteil der Schadstufen [in %]								
		0			1			2—4		
		ohne Schädmerkmale			schwache Schäden			deutliche Schäden		
		1992	1993	Verän- derung	1992	1993	Verän- derung	1992	1993	Verän- derung
Fichte	Nordwestdt.	61	59	-2	27	25	-2	12	16	+ 4
	Ostdt.	32	32	±0	31	33	+2	37	35	- 2
	Süddt.	34	39	+5	42	40	-2	24	21	- 3
	Gesamt D	38	42	+4	38	36	-2	24	22	- 2
Kiefer	Nordwestdt.	58	51	-7	38	40	+2	4	9	+ 5
	Ostdt.	24	33	+9	46	44	-2	30	23	- 7
	Süddt.	23	31	+8	54	47	-7	23	22	- 1
	Gesamt D	29	36	+7	47	44	-3	24	20	- 4
sonstige Nadelbäume*) ...	Nordwestdt.	74	76	+2	20	17	-3	6	7	+ 1
	Ostdt.	41	47	+6	32	37	+5	27	16	-11
	Süddt.	33	33	±0	36	37	+1	31	30	- 1
	Gesamt D	43	45	+2	32	32	±0	25	23	- 2
Nadelbäume	Nordwestdt.	62	59	-3	30	29	-1	8	12	+ 4
	Ostdt.	27	33	+6	41	41	±0	32	26	- 6
	Süddt.	32	37	+5	44	41	-3	24	22	- 2
gesamt	Gesamt D	35	40	+5	41	39	-2	24	21	- 3

*) z. B. Lärche, Douglasie, Tanne

Tabelle 2b

Entwicklung der Waldschäden 1993 bei den Laubbäumen im Vergleich zum Vorjahr

Baumart	Länder- gruppe	Anteil der Schadstufen [in %]								
		0			1			2—4		
		ohne Schädmerkmale			schwache Schäden			deutliche Schäden		
		1992	1993	Verän- derung	1992	1993	Verän- derung	1992	1993	Verän- derung
Buche	Nordwestdt.	25	31	+ 6	46	43	- 3	29	26	- 3
	Ostdt.	15	18	+ 3	38	39	+ 1	47	43	- 4
	Süddt.	18	20	+ 2	43	49	+ 6	39	31	- 8
	Gesamt D	19	22	+ 3	43	46	+ 3	38	32	- 6
Eiche	Nordwestdt.	34	31	- 3	42	38	- 4	24	31	+ 7
	Ostdt.	19	12	- 7	37	33	- 4	44	55	+11
	Süddt.	19	14	- 5	50	37	-13	31	49	+18
	Gesamt D	23	19	- 4	45	36	- 9	32	45	+13
sonstige Laubbäume*) ...	Nordwestdt.	45	56	+11	40	35	- 5	15	9	- 6
	Ostdt.	25	27	+ 2	39	44	+ 5	36	29	- 7
	Süddt.	41	57	+16	39	32	- 7	20	11	- 9
	Gesamt D	36	47	+11	39	37	- 2	25	16	- 9
Laubbäume	Nordwestdt.	33	38	+ 5	43	40	- 3	24	22	- 2
	Ostdt.	21	22	+ 1	38	40	+ 2	41	38	- 3
	Süddt.	24	27	+ 3	43	42	- 1	33	31	- 2
gesamt	Gesamt D	25	29	+ 4	43	41	- 2	32	30	- 2

*) z. B. Ahorn, Linde, Roteiche, Pappel

Tabelle 3

**Entwicklung der deutlichen Schäden nach Baumarten und Ländergruppen
in den Jahren von 1984 bis 1993**

(N = nordwestdeutsche, O = ostdeutsche, S = süddeutsche Länder, D = Bundesrepublik Deutschland)

Jahr	Anteil der Schadstufen 2—4 [in %]															
	Fichte				Kiefer				Buche				Eiche			
	N	O	S	D	N	O	S	D	N	O	S	D	N	O	S	D
1984	14	.	22	21	13	.	25	21	6	.	14	11	8	.	10	9
1985	13	.	27	24	11	.	20	17	7	.	17	15	9	.	20	16
1986	14	.	24	22	8	.	18	15	13	.	21	19	11	.	24	20
1987	13	.	18	17	3	.	16	12	25	.	20	22	18	.	24	22
1988	13	.	15	15	6	.	15	12	14	.	18	17	18	.	25	24
1989	11	.	14	14	4	.	14	11	21	.	22	22	22	.	27	26
1990	14	31	.	.	5	30	.	.	34	54	.	.	19	69	.	.
1991	13	38	22	23*)	4	39	25	29*)	20	41	28	28*)	16	50	32	31*)
1992	12	37	24	24	4	30	23	24	29	47	39	38	24	44	31	32
1993	16	35	21	22	9	23	22	20	26	43	31	32	31	55	49	45

*) = Beginn einer neuen Zeitreihe für das seit dem 3. 10. 1990 erweiterte Bundesgebiet

= keine Angaben verfügbar

Tabelle 4a

Veränderung der Waldschäden bei den Nadelbäumen nach Bundesländern 1993

Land	Anteil der Schadstufen 2—4 und ihre Veränderung zum Vorjahr (in %)				
	Fichte	Kiefer	sonstige*) Nadelbäume	Nadelbäume gesamt	alle Baumarten
Bremen	35 (+14)	12 (+ 3)	.	15 (+ 6)	13 (+ 3)
Hamburg	23 (+ 5)	17 (+ 5)	2 (– 2)	15 (– 3)	14 (– 3)
Niedersachsen	19 (+ 5)	9 (+ 8)	7 (+ 1)	15 (+ 9)	16 (+ 3)
Nordrhein-Westfalen	12 (+ 2)	8 (– 5)	10 (+ 1)	11 (± 0)	16 (± 0)
Schleswig-Holstein	34 (+14)	1 (± 0)	5 (+ 3)	18 (+ 7)	16 (+ 3)
Nordwestdeutsche Länder	16 (+ 4)	9 (+ 5)	7 (+ 1)	12 (+ 4)	16 (+ 2)
Berlin	.	20 (+ 8)	7 (+ 3)	20 (+ 9)	25 (+11)
Brandenburg	.	17 (–11)	6 (+ 1)	17 (– 9)	17 (– 8)
Mecklenburg-Vorpommern	46 (– 4)	26 (–13)	21 (–18)	27 (–12)	30 (–13)
Sachsen	30 (+ 4)	20 (+ 4)	.	24 (+ 3)	24 (+ 3)
Sachsen-Anhalt	17 (– 3)	30 (+ 1)	.	28 (± 0)	33 (+ 1)
Thüringen	44 (– 6)	49 (– 6)	41 (–31)	45 (– 7)	50 (– 4)
Ostdeutsche Länder	35 (– 2)	23 (– 7)	16 (–11)	26 (– 6)	29 (– 5)
Baden-Württemberg	.	.	.	30 (+ 7)	31 (+ 7)
Bayern	22 (– 9)	12 (– 7)	.	20 (– 8)	22 (–10)
Hessen	22 (+ 1)	45 (+ 5)	18 (– 5)	29 (+ 1)	35 (+ 2)
Rheinland-Pfalz	8 (– 2)	7 (+ 2)	5 (± 0)	7 (± 0)	14 (+ 1)
Saarland	13 (± 0)	21 (+ 5)	14 (± 0)	14 (+ 1)	21 (+ 3)
Süddeutsche Länder	21 (– 3)	22 (– 1)	30 (– 1)	22 (– 2)	25 (– 2)
Bundesrepublik Deutschland	22 (– 2)	20 (– 4)	23 (– 2)	21 (– 3)	24 (– 3)

() = Veränderungen im Vergleich zu 1992

. = keine abgesicherten Angaben verfügbar, da Stichprobenumfang zu gering

*) = z. B. Lärche, Douglasie, Tanne

Tabelle 4b

Veränderung der Waldschäden bei den Laubbäumen nach Bundesländern 1993

Land	Anteil der Schadstufen 2—4 und ihre Veränderung zum Vorjahr (in %)				
	Buche	Eiche	sonstige* Laubbäume	Laubbäume gesamt	alle Baumarten
Bremen	. (.)	8 (+ 4)	12 (– 1)	10 (± 0)	13 (+ 3)
Hamburg	11 (± 0)	8 (– 1)	15 (– 5)	13 (– 2)	14 (– 3)
Niedersachsen	28 (– 1)	35 (+ 8)	11 (–11)	24 (– 3)	16 (+ 3)
Nordrhein-Westfalen	25 (– 4)	31 (+ 4)	9 (– 3)	23 (– 1)	16 (± 0)
Schleswig-Holstein	19 (– 4)	14 (+ 8)	7 (± 0)	14 (± 0)	16 (+ 3)
Nordwestdeutsche Länder	26 (– 3)	31 (+ 7)	9 (– 6)	22 (– 2)	16 (+ 2)
Berlin	5 (–17)	51 (+30)	21 (+ 6)	34 (+15)	25 (+11)
Brandenburg	18 (– 2)	23 (+ 3)	18 (± 0)	19 (± 0)	17 (– 8)
Mecklenburg-Vorpommern	34 (–10)	47 (–15)	30 (–16)	34 (–14)	30 (–13)
Sachsen	. (.)	. (.)	. (.)	26 (+ 5)	24 (+ 3)
Sachsen-Anhalt	40 (+ 1)	68 (+22)	30 (–11)	44 (+ 2)	33 (+ 1)
Thüringen	62 (– 1)	76 (+19)	51 (+ 4)	61 (+ 3)	50 (– 4)
Ostdeutsche Länder	43 (– 4)	55 (+11)	29 (– 7)	38 (– 3)	29 (– 5)
Baden-Württemberg	. (.)	. (.)	. (.)	32 (+ 8)	31 (+ 7)
Bayern	28 (–26)	59 (+ 1)	. (.)	29 (–16)	22 (–10)
Hessen	41 (– 3)	53 (+25)	26 (+ 5)	43 (+ 5)	35 (+ 2)
Rheinland-Pfalz	24 (– 4)	26 (+ 8)	6 (– 1)	21 (+ 1)	14 (+ 1)
Saarland	36 (+ 2)	24 (+ 8)	8 (+ 3)	25 (+ 5)	21 (+ 3)
Süddeutsche Länder	31 (– 8)	49 (+18)	11 (– 9)	31 (– 2)	25 (– 2)
Bundesrepublik Deutschland	32 (– 6)	45 (+13)	16 (– 9)	30 (– 2)	24 (– 3)

(.) = Veränderungen im Vergleich zu 1992

. = keine abgesicherten Angaben verfügbar, da Stichprobenumfang zu gering

* = z.B. Ahorn, Linde, Roteiche, Pappel

Tabelle 5

Waldschäden nach Baumarten, Altersgruppen und Schadstufen 1993

Baumart	Anteil der Schadstufe [in %]								
	unter 60jährig			über 60jährig			Gesamt		
	0	1	2—4	0	1	2—4	0	1	2—4
Fichte	64	28	8	13	47	40	42	36	22
Kiefer	45	39	16	24	50	26	36	44	20
sonstige Nadelbäume ¹⁾	60	32	8	12	32	56	45	32	23
Nadelbäume gesamt	57	32	11	18	47	35	40	39	21
Buche	45	41	14	12	49	39	22	46	32
Eiche	40	36	24	9	37	54	19	36	45
sonstige Laubbäume ²⁾	53	34	13	32	44	24	47	37	16
Laubbäume gesamt	48	36	16	14	44	42	29	41	30
alle Baumarten	54	34	12	17	46	37	36	40	24

¹⁾ z. B. Lärche, Douglasie, Tanne

²⁾ z. B. Ahorn, Linde, Roteiche, Pappel

Tabelle 6a

**Fichte — Entwicklung der Waldschäden
von 1984 bis 1993 nach Altersgruppen**

Jahr	Anteil der Fichten in Schadstufe 2—4 in %		
	bis 60jährig	über 60jährig	Gesamt
1984	9	39	21
1985	11	45	24
1986	10	41	22
1987	7	34	17
1988	5	29	15
1989	4	29	14
1990	.	.	.
1991	10	42	23
1992	11	44	24
1993	8	40	22

= keine Angaben verfügbar; ab 1990 Beginn einer neuen
Zeitreihe: Einbezug der neuen Länder

Tabelle 6c

**Buche — Entwicklung der Waldschäden
von 1984 bis 1993 nach Altersgruppen**

Jahr	Anteil der Buchen in Schadstufe 2—4 in %		
	bis 60jährig	über 60jährig	Gesamt
1984	6	14	12
1985	7	18	14
1986	9	24	19
1987	9	28	22
1988	8	22	17
1989	5	30	22
1990	.	.	.
1991	12	35	28
1992	20	47	38
1993	14	39	32

= keine Angaben verfügbar; ab 1990 Beginn einer neuen
Zeitreihe: Einbezug der neuen Länder

Tabelle 6b

**Kiefer — Entwicklung der Waldschäden
von 1984 bis 1993 nach Altersgruppen**

Jahr	Anteil der Kiefern in Schadstufe 2—4 in %		
	bis 60jährig	über 60jährig	Gesamt
1984	14	30	21
1985	11	24	17
1986	9	21	15
1987	7	19	12
1988	9	16	12
1989	6	17	11
1990	.	.	.
1991	23	36	29
1992	19	29	24
1993	16	26	20

= keine Angaben verfügbar; ab 1990 Beginn einer neuen
Zeitreihe: Einbezug der neuen Länder

Tabelle 6d

**Eiche — Entwicklung der Waldschäden
von 1984 bis 1993 nach Altersgruppen**

Jahr	Anteil der Eichen in Schadstufe 2—4 in %		
	bis 60jährig	über 60jährig	Gesamt
1984	4	11	9
1985	8	20	16
1986	8	25	20
1987	11	26	22
1988	11	30	24
1989	10	32	26
1990	.	.	.
1991	19	37	31
1992	22	37	32
1993	24	54	45

= keine Angaben verfügbar; ab 1990 Beginn einer neuen
Zeitreihe: Einbezug der neuen Länder

Tabelle 7

Entwicklung der Vergilbungen nach Baumarten in den Jahren von 1986 bis 1993¹⁾

Anteil der Bäume ²⁾ mit Vergilbungen/Verfärbungen [in %]						
	Fichte	Kiefer	Tanne	Buche	Eiche	alle Baumarten
bis 60jährig						
1986	6	2	8	7	3	5
1987	4	2	5	5	5	4
1988	3	4	9	9	3	4
1989	5	2	15	6	2	4
1990	*	*	*	*	*	*
1991	6	6	13	4	3	5
1992	6	8	1	4	4	7
1993	7	2	14	9	7	5
über 60jährig						
1986	9	2	16	10	2	7
1987	8	2	10	6	1	5
1988	7	3	14	9	3	6
1989	9	2	17	8	3	6
1990	*	*	*	*	*	*
1991	9	6	14	6	4	7
1992	7	8	21	12	5	9
1993	7	2	33	14	6	8
Gesamt						
1986	7	2	13	9	2	6
1987	5	2	8	5	2	4
1988	5	3	12	9	3	5
1989	7	2	17	7	2	5
1990	*	*	*	*	*	*
1991	7	6	13	6	4	6
1992	6	8	14	9	5	8
1993	7	2	26	12	6	6

* Beginn einer neuen Zeitreihe für das seit dem 3. Oktober 1990 erweiterte Bundesgebiet

¹⁾ Angaben für 1993 ohne Bremen und Hamburg²⁾ In dieser Tabelle sind die Bäume erfaßt, bei denen mehr als 10 % der Nadel-/Blattmasse Verfärbungs- bzw. Vergilbungserscheinungen aufweisen.

Tabelle 8

**Entwicklung der Waldschäden bei Tanne
in den Jahren von 1984 bis 1993**

Jahr	Anteil der Schadstufen [in %]		
	0	1	2—4
1984	13	29	58
1985	13	21	67
1986	17	22	61
1987	21	27	52
1988	27	28	47
1989	27	29	44
1990	.	.	.
1991	24	35	41
1992	23	35	42
1993	15	34	51

= keine Angaben verfügbar

Tabelle 9

Insekten- und Pilzbefall 1993

Befall in Schadstufe	Anteil der Bäume [in %] mit mittlerem und starkem Schädlingsbefall *)				
	Fichte	Kiefer	Buche	Eiche	Gesamt
0 (ohne Schadmerkmale)	0,4	0,5	2,0	1,6	0,8
1 (schwach geschädigt)	1,2	0,5	5,0	7,5	2,4
2 (mittelstark geschädigt)	3,0	1,9	10,7	29,0	7,6
3 (stark geschädigt)	4,7	57,2	6,7	45,2	15,6
Alle Schadstufen	1,7	1,3	5,9	16,3	3,3

*) d. h.: über 25 % der Nadel-/Blattmasse sind erkennbar von Schädlingen befallen, Angaben ohne Hessen

Tabelle 10a

Waldschäden in Europa
Ergebnisse der Waldschadenserhebung der UN/ECE 1992 für Nadelbäume

Region	Land	Anteil der Nadelbäume mit Nadelverlusten über 25 % (Schadstufen 2—4) [in %]							
		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1991/92
Nordeuropa . . .	Estland	.	.	9,0	28,5	20,0	28,0	29,5	+ 1,5
	Finnland	.	13,5	17,0	18,7	18,0	17,2	15,2	- 2,0
	Lettland	.	.	.	.	43,0	.	45,0	.
	Litauen	.	14,8 *)	3,0	24,0	22,9	27,8	17,5	-10,3
	Norwegen	.	.	20,8	14,8	17,1	19,0	23,4	+ 4,4
	Schweden	11,1 *)	5,6	12,3	12,9	16,1	12,3	16,9	+ 4,6
Zentraleuropa .	Deutschland ¹⁾	19,5	15,9	14,0	13,2	15,0	24,8	23,8	- 1,0
	Kroatien	.	.	.	.	.	.	26,3	.
	Liechtenstein	22,0	27,0	23,0	12,4	.	21,0 *)	18,0	.
	Österreich	.	.	12,0	10,1	8,3	7,0	6,6	- 0,4
	Schweiz	16,0	14,0	15,0	14,0	19,0	21,0	17,0	- 4,0
	Slowenien	.	.	.	.	34,6	31,3	.	.
	Slowakei ²⁾	(16,4)	(15,6)	(27,0)	(32,0)	(50,3)	(46,0)	44,0	.
	Tschechien ²⁾	(16,4)	(15,6)	(27,0)	(32,0)	(50,3)	(46,0)	58,4	.
Südeuropa	Griechenland	.	.	7,7	6,7	10,0	7,2	12,3	+ 5,1
	Italien	.	.	.	.	.	13,8	17,2	+ 3,4
	Portugal	.	.	1,7	9,8	25,7	19,8	11,3	- 8,5
	Spanien	18,2 *)	10,7 *)	7,3	3,5	3,1	7,3	13,5	+ 6,2
	Türkei	.	.	.	.	.	.	.	.
Westeuropa . . .	Belgien	.	4,7 *)	10,8 *)	20,4	23,6	23,4	23,0	- 0,4
	Dänemark	.	24,0	21,0	24,0	18,8	31,4	26,8	- 2,8
	Frankreich	12,5	12,0	9,1	7,2	6,6	6,7	7,1	+ 0,4
	Großbritannien	.	23,0	27,0	34,0	45,0	51,5	52,7	+ 1,2
	Irland	.	.	4,8	13,2	5,4	15,0	15,7	+ 0,7
	Luxemburg	4,2	3,8	11,1	9,5	.	.	6,3	.
	Niederlande	28,9	18,7	14,5	17,7	21,4	21,4	34,7	+13,3
Osteuropa	Bulgarien	4,7	3,8	7,6	32,9	37,4	26,5	25,5	- 1,0
	Jugoslawien ³⁾	23,0	16,1	17,5	39,1	34,6	15,9	.	.
	Polen	.	.	24,2	34,5	40,7	46,9	50,3	+ 3,4
	Rumänien	.	.	.	.	.	6,9	10,9	+ 4,0
	Rußland	.	.	.	.	.	4,2 *)	5,2 *)	+ 1,0
	Ukraine	.	.	.	1,4	3,0	6,4	13,8	+ 7,4
	Ungarn	.	.	9,4	13,3	23,3	17,8	20,1	+ 2,3
	Weißrußland	.	.	.	76,0	57,0	.	33,7	.

¹⁾ Bis 1989 früheres Bundesgebiet, ab 1990 einschließlich neue Länder

²⁾ bis 1991 frühere CSFR, ab 1992 Trennung in Slowakische und Tschechische Republik

³⁾ seit 1992 Restjugoslawien ohne Kroatien

*) Erhebung nur in Teilregionen

. keine Angaben verfügbar.

Waldschäden in Europa
Ergebnisse der Waldschadenserhebung der UN/ECE 1992 für Laubbäume

Region	Land	Anteil der Laubbäume mit Blattverlusten über 25 % (Schadstoffen 2—4) [in %]							
		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1991/92
Nordeuropa	Estland	nur Nadelbäume erhoben							
	Finnland	.	4,7	7,9	12,6	11,6	7,7	10,1	+ 2,4
	Lettland	.	.	.	.	27,0	.	19,0	.
	Litauen	.	.	1,0	16,0	15,8	14,9	17,6	+ 2,7
	Norwegen	.	.	.	.	18,2	25,1	38,9	+13,8
	Schweden	.	.	5,2	.	22,1	9,1	13,5	+ 4,4
Zentraleuropa .	Deutschland ¹⁾	16,8	19,2	16,5	20,4	23,8	26,5	32,0	+ 5,5
	Kroatien	.	.	.	.	.	.	13,6	.
	Liechtenstein	10,0	7,0	5,0	9,0	.	13,0 *)	8,0	.
	Österreich	.	.	16,6	15,7	14,9	11,1	9,3	- 1,8
	Schweiz	8,0	15,0	7,0	6,0	12,0	13,0	12,0	- 1,0
	Slowenien	.	.	.	.	4,4	5,8	.	.
	Slowakei ²⁾	.	.	(29,1)	(37,0)	(33,9)	(23,7)	30,0	.
	Tschechien ²⁾	.	.	(29,1)	(37,0)	(33,9)	(23,7)	31,9	.
Südeuropa	Griechenland	.	.	28,5	18,4	26,5	28,5	25,0	- 3,5
	Italien	.	3,6 *)	2,9 *)	9,5 *)	16,7 *)	17,1	18,5	+ 1,4
	Portugal	.	.	0,8	8,6	34,1	36,6	29,1	- 7,5
	Spanien	13,7 *)	13,7	6,8	3,2	4,4	7,4	11,2	+ 3,8
	Türkei	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Westeuropa . . .	Belgien	.	16,0 *)	10,0 *)	8,7	10,0	13,5	11,8	- 1,7
	Dänemark	.	20,0	14,0	30,0	25,4	27,3	21,2	- 6,1
	Frankreich	4,8	6,5	5,3	4,8	7,7	7,4	8,5	+ 1,1
	Großbritannien	.	20,0	20,0	21,0	28,8	65,6	67,8	+ 2,2
	Irland	.	.	.	.	.	.	.	.
	Luxemburg	5,6	10,1	12,3	13,9	.	33,9	30,5	- 3,4
	Niederlande	13,2	26,5	25,4	13,1	11,5	9,4	31,1	+21,7
	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Osteuropa	Bulgarien	4,0	3,1	8,8	16,2	17,3	15,3	18,0	+ 2,7
	Jugoslawien ³⁾	.	7,3	9,0	8,2	4,4	8,2	.	.
	Polen	.	.	7,1	17,7	25,6	34,8	40,4	+ 5,6
	Rumänien	.	.	.	.	.	10,4	18,4	+ 8,0
	Rußland	.	.	.	.	.	.	.	.
	Ukraine	.	.	.	1,4	2,7	6,5	20,2	+13,7
	Ungarn	.	.	7,0	12,5	21,5	19,9	21,8	+ 1,9
	Weißrußland	.	.	.	33,4	45,0	.	14,8	.

¹⁾ Bis 1989 früheres Bundesgebiet, ab 1990 einschließlich neue Länder

²⁾ bis 1991 frühere CSFR, ab 1992 Trennung in Slowakische und Tschechische Republik

³⁾ seit 1992 Restjugoslawien ohne Kroatien

*) Erhebung nur in Teilregionen

. keine Angaben verfügbar.