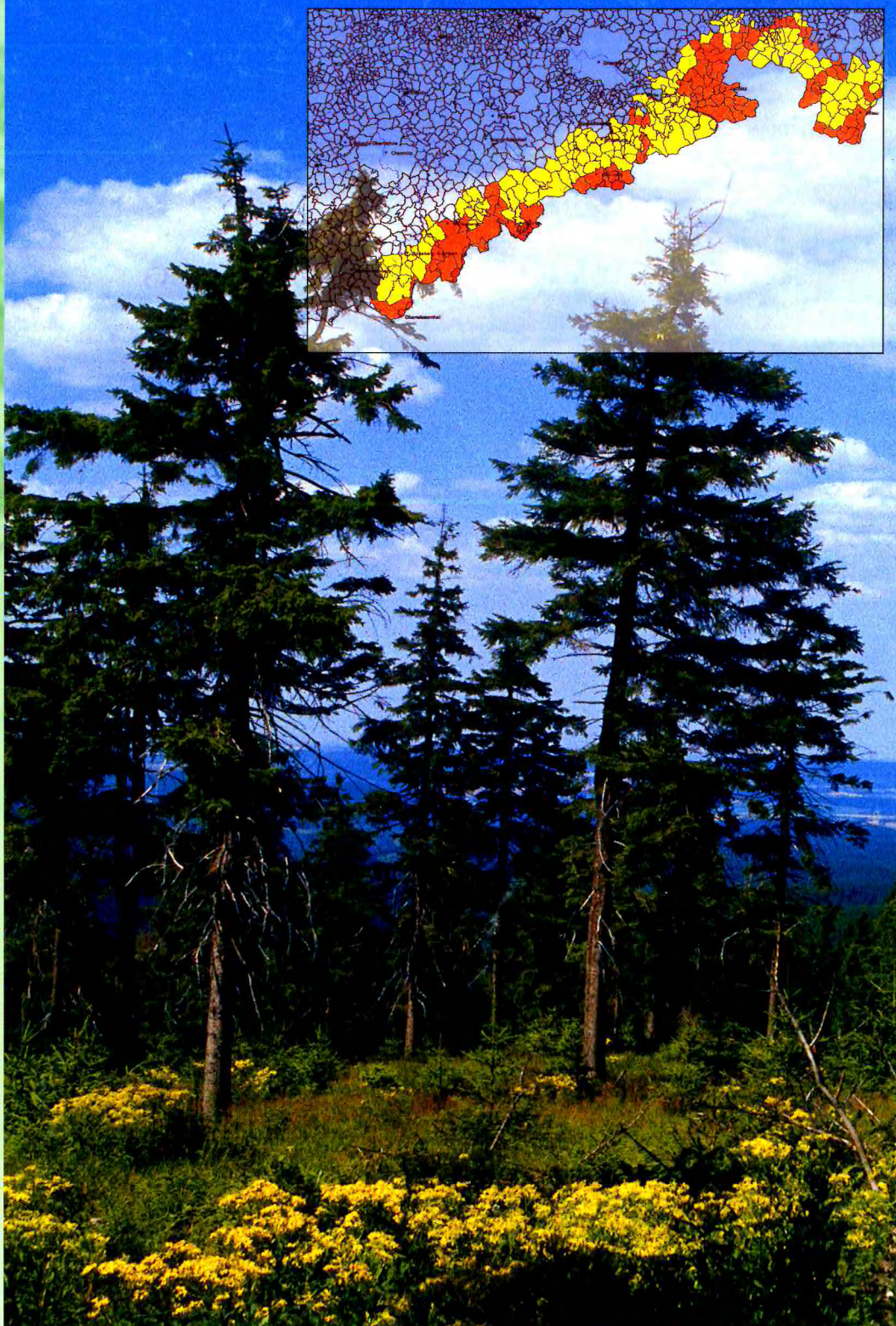


Waldschadensbericht 1998



Freistaat  Sachsen

Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

Der Waldzustand 1998 im Überblick

Die Waldschadenserhebung 1998 weist in Sachsen **19 %** der Bäume als **deutlich**, **37 %** als **leicht geschädigt** und **44 %** als gesund aus. Damit ergibt sich im Gesamtergebnis die gleiche Schadstufenverteilung wie im Vorjahr.

Für die Hauptbaumarten, Wuchsgebiete und regionalen Schwerpunkte gilt:

- Der Anteil deutlich geschädigter **Fichten** ist nahezu gleich bleibend hoch bei **24 %**. Der Anteil leicht geschädigter Fichten hat sich erneut erhöht (um 6 Prozentpunkte), der Anteil gesunder Fichten dementsprechend verringert. Der Befall durch Borkenkäfer, speziell den Buchdrucker, nahm in einigen Regionen deutlich zu.
- Die deutlichen Schäden in der **Kiefer** sind mit **9 %** ähnlich niedrig wie im Vorjahr. Damit hielt der Verbesserungstrend in der Kiefer an. In Kiefernbeständen kam es wiederum zu lokal eng begrenzten Schäden durch nadelfressende Insekten.
- Das Schadniveau der **Eiche** ist mit **54 %** deutlichen und **33 %** leichten Schäden weiterhin extrem hoch. Nur jede 8. Eiche ist noch gesund. Trotz geringerer Fraßschäden durch Schmetterlingsraupen hat die Anzahl deutlich geschädigter Eichen gegenüber 1997 zugenommen.
- Der Anteil deutlicher Schäden in der **Buche** ist wieder angestiegen. Dabei wird das Erscheinungsbild der älteren Buchen zusätzlich vom Fruchtanhang geprägt.
- Verschiedene **Laubbaumarten** (z. B. Birke) weisen gebietsweise Absterbeerscheinungen in den Kronen auf.
- Zwischen den **Wuchsgebieten** treten erhebliche Unterschiede im Schadausmaß auf:

Im **Erzgebirge** sind die Waldschäden 1998 wieder am stärksten ausgeprägt. Mit **28 %** deutlich geschädigten Bäumen liegen die Schäden hier um 9 Prozentpunkte höher als im Landesdurchschnitt. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich eine leichte Verbesserung eingestellt.

In den Wuchsgebieten **Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland** stellt sich die Situation wesentlich günstiger dar. Der Anteil deutlich geschädigter Bäume beträgt dort **10 %**.

In den Wuchsgebieten **Vogtland** sowie **Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge** hat sich der Kronenzustand gegenüber 1997 etwas verschlechtert.

- Das **Schadgebiet des Winters 1995/96** ist durch ein extrem hohes Schadniveau gekennzeichnet. Der Anteil stark geschädigter und abgestorbener Bäume war bereits vor dem Winter 1995/96 mit **7 %** wesentlich höher als im Landesdurchschnitt und stieg danach nochmals auf das Dreifache an. Seit 1997 zeichnet sich eine leichte Entspannung der Situation ab. Das Gebiet ist jedoch auch weiterhin durch eine erhöhte Disposition gegenüber Borkenkäferbefall gekennzeichnet.

Im Rahmen einer Aktualisierung der „Klassischen Immissionsschadzonen“ wurden gemarkungsgetreu **3 Schadzonen** ausgewiesen: Schadzone 1 (starke Schäden) mit **1 360 ha**, Schadzone 2 (mittlere Schäden) mit **50 920 ha** und Schadzone 3 (geringe Schäden) mit **56 160 ha**.

Die durch den Ferntransport bedingten **Schwefeleinträge** in die sächsischen Waldökosysteme haben erheblich abgenommen, liegen aber weiterhin auf einem hohem Niveau. Gleich bleibend hoch sind die **Stickstoffeinträge** – insbesondere auch von Ammonium. Die **Säureeinträge** sind besonders im Erzgebirge gegenüber 1996 wieder zurückgegangen.

Waldschadensbericht 1998

Inhalt

Vorbemerkungen	3
<hr/>	
Waldzustand 1998	4
Methodik der Waldschadenserhebung (WSE)	4
Analyse des Datenmaterials	5
Ergebnisse	7
Allgemeine Schadsituation	7
Schäden an den Hauptbaumarten	8
Regionale Ausprägung der Schäden	17
Zusammenfassung	26
<hr/>	
Rahmenbedingungen für den Waldzustand 1998	27
Witterung	27
Immissionen	31
Stoffeinträge	33
pH-Werte	35
Elementeinträge	36
Waldböden und Waldernährung	40
pH-Werte des Bodens	40
Basensättigung und Nährstoffvorräte	40
Chemische Parameter in Bodenlösung, Niederschlag und Quellwasser	43
Zusammenfassung	48
<hr/>	
Schadzonierung	49
Grundlagen	49
Ergebnisse	50
Zusammenfassung	53
<hr/>	
Maßnahmen gegen Waldschäden	54

Vorbemerkungen

In unserem dicht besiedelten Sachsen muss der Wald seit Jahrhunderten einer Vielzahl von Ansprüchen gerecht werden. War bis vor kurzem das Holz die wichtigste Nutzfunktion, so zeigen Umfragen, dass heute für die Mehrzahl der Menschen die Hauptfunktionen des Waldes der Boden-, Wasser- und Klimaschutz sind. Der Meinungswandel wird bestärkt durch die noch immer bedeutenden Waldschäden, die mit den Schadereignissen des Winters 1995/96 besonders sichtbar wurden.

Die diesjährigen Erhebungen haben für das Schadgebiet im Erzgebirge eine Verbesserung des Zustandes des Waldes ergeben. In den übrigen sächsischen Wäldern ist der Gesundheitszustand zum Vorjahr im Wesentlichen unverändert geblieben. Zur Verbesserung der Situation im Erzgebirge hat neben den forstlichen Maßnahmen, wie der Kompensationskalkung der Waldbestände, die fortgeschrittene Umrüstung der sächsischen und böhmischen Kraftwerke mit modernen Entschwefelungsanlagen beigetragen. Für eine Entspannung der Situation in allen sächsischen Wäldern müssen aber auch die Belastungen verringert werden, die durch Autoabgase, Stickstoffeinträge und eine Vielzahl von Stoffen aus der Industrie entstehen.

Um den Wald gezielt zu schützen, werden genaue Daten über die Auswirkungen aller Einflüsse auf den Wald, über die Entwicklung des Waldzustandes und den mit diesem eng verbundenen Bodenzustand benötigt. Der Freistaat Sachsen betreibt zu diesem Zweck ein umfangreiches Beobachtungssystem. Zu diesem System gehören die jährliche Beobachtung des Kronenzustandes der Waldbäume und die Analyse aller wichtigen Parameter des Bodenzustandes in einem über dem gesamten sächsischen Wald liegenden 4 x 4-km-Raster. Weiterhin wird auf sieben Dauerbeobachtungsflächen der gesamte Stoffkreislauf in Waldbeständen untersucht.

Die wichtigsten der in unserem Waldmonitoringsystem erfassten Daten, verbunden mit einer Zustandsanalyse, liegen Ihnen nun mit dem 8. Waldschadensbericht vor.



Dr. Rolf Jähnichen
Staatsminister für Umwelt und Landwirtschaft

Methodik der Waldschadenserhebung (WSE)

Die Waldschadenserhebung ist ein terrestrisches Stichprobenverfahren, bei dem der Kronenzustand als äußerlich sichtbares Merkmal für den aktuellen Gesundheitszustand der Waldbäume begutachtet wird. Die Methodik der Waldschadenserhebung ist bundesweit einheitlich und sichert damit die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den Bundesländern. Durch Kontinuität in der Aufnahme und den dadurch möglichen Zeitreihenvergleich gewinnt die Waldschadenserhebung wesentlich an Aussagekraft.

Die systematisch verteilten Stichprobenpunkte orientieren sich an den Gauß-Krüger-Koordinaten. Ein flächendeckendes Netz im Abstand von 4 x 4 km bildet die Grundlage für eine Vollstichprobe. Diese wird mindestens alle drei Jahre erhoben. In den dazwischenliegenden Jahren sind Unterstichproben möglich. Von einer Vollstichprobe werden gesicherte Aussagen über den Gesundheitszustand des Gesamtwaldes, der Hauptbaumarten Fichte und Kiefer, einzelner Altersbereiche sowie zu größeren Wuchsgebieten erwartet. In Sachsen wurde 1991 erstmalig der Waldzustand nach WSE-Methodik erhoben. Die Dichte des Stichprobenrasters betrug in den einzelnen Jahren:

- 1991 – 4 x 4 km
- 1992 – 4 x 2 km (Vollstichprobe mit Netzverdichtung)
- 1993 – 4 x 8 km (Unterstichprobe)
- 1994 – 4 x 4 km
- 1995 – 4 x 8 km
- 1996 – 4 x 8 km (Unterstichprobe mit regionaler Verdichtung)

1997 – 4 x 4 km
1998 wurde erneut eine Vollstichprobe (4 x 4 km) aufgenommen.

Die jeweils integrierten Aufnahmen im 16 x 16-km-Raster bilden die Grundlage für die Auswertung auf Bundes- und EU-Ebene. An den Stichprobenpunkten des 4 x 4-km-Rasters wird zusätzlich die Bodenzustandserhebung (BZE) durchgeführt.

An jedem Rasterpunkt der WSE, der auf eine Holzbodenfläche mit einer Bestockung von mindestens 60 cm Höhe fällt, werden 24 systematisch aus der herrschenden Bestandesschicht ausgewählte Bäume begutachtet. Jeder Stichprobenbaum wird eingeschätzt nach:

- seinem Nadel-/Blattverlust (in 5-%-Stufen) und
- seinem Anteil vergilbter Nadeln bzw. Blätter (in 4 Stufen).

Aus beiden Schadsymptomen wird entsprechend *Tab. 1* eine kombinierte

Schadstufe ermittelt. Die Vergilbung nimmt ab einem Anteil von 26 % der vorhandenen Nadel-/Blattmasse Einfluss auf die kombinierte Schadstufe. Bei einem Nadel-/Blattverlust von mehr als 25 % (ohne Vergilbung) bzw. darunter mit entsprechendem Vergilbungsanteil wird von „deutlicher Schädigung“ (Schadstufen 2–4) gesprochen. Die kombinierte Schadstufe findet vorrangig zur Darstellung der aktuellen Schadenssituation Verwendung, für Untersuchungen zum Schadensverlauf wird sie durch den mittleren Nadel-/Blattverlust ergänzt.

Das Erscheinungsbild eines Einzelbaumes ist stets von einer Vielzahl von Einflussfaktoren geprägt, deren Wirkung oft nur mit Hilfe aufwendiger Ursachenforschung festgestellt werden kann. Einige dieser Faktoren werden bei der WSE erfasst, bleiben aber bei der Bildung der kombinierten Schadstufe unberücksichtigt.

Tab. 1: Herleitung der kombinierten Schadstufe aus Nadel-/Blattverlust und Vergilbung

Nadel-/Blattverlust [%]	Anteil vergilbter Nadeln/Blätter [%]			
	0–10	11–25	26–60	61–100
0–10	0	0	1	2
11–25	1	1	2	2
26–60	2	2	3	3
61–99	3	3	3	3
100	4	–	–	–

0 = ohne Schadmerkmale
1 = schwach geschädigt

2 = mittelstark geschädigt
3 = stark geschädigt
4 = abgestorben

} deutlich geschädigt

Es werden von jedem Baum zusätzlich registriert:

- Blüte/Fruktifikation
- biotische Schäden durch Wild, Insekten und Pilze
- abiotische Schäden durch Wind, Schnee, Eis und – soweit eindeutig zuzuordnen – Immissionen.

Da die Bestände, in denen sich die Stichprobenpunkte befinden, sowohl einer forstlichen Bewirtschaftung als auch anderen Einflüssen unterliegen, ist es möglich, dass von einer Aufnahme zur folgenden Stichprobenbäume aus dem Kollektiv ausscheiden. Streng systematisch wird dann der ausgefallene Baum durch einen neuen ersetzt.

Gebietsweise kann das Auftreten biotischer und abiotischer Schadeinflüsse den Waldzustand maßgeblich bestimm-

men. Die durch sie verursachten Veränderungen sind zum Teil drastischer und damit deutlicher erkennbar als der langfristige und allmähliche Vitalitätsverlust der Bäume durch Schadstoffimmissionen.

Obwohl derartige spezielle Schädigungen im Rahmen der WSE an den Probestämmen registriert werden, können diese Angaben nur bedingt zur Interpretation des jeweils aktuellen Schadensgeschehens genutzt werden. Dafür gibt es mehrere Gründe. In den Monaten Juli und August, in denen die Erhebung stattfindet, sind nur einige Schäden eindeutig erkennbar, wie z. B. der gerade abgeschlossene Fraß von Larven der Fichten-Gespinstblattwespe oder von Raupen der Nonne und des Kiefernspinners. Andere Schäden, beispielsweise fraßbedingte Blattverluste

vom Frühjahr, wurden bis dahin durch die Bäume teilweise wieder regeneriert. Eine dritte Gruppe von Schädigungen wird erst in den Wochen nach den WSE-Aufnahmen sichtbar (z. B. Buchdrucker- und Prachtkäferbefall bzw. Fraß durch Raupen des Kiefernspanners). Hinzu kommt, dass viele biotische Schäden nicht gleichmäßig im Wald verteilt auftreten, sondern konzentriert in bestimmten Bereichen. Diesen Besonderheiten im Befallsgeschehen wird die WSE mit der Erfassung an systematisch verteilten Rasterpunkten nicht gerecht. Um mit dem vorliegenden Bericht auch zu diesen Schäden weitergehende Aussagen treffen zu können, gingen in die Auswertung zusätzlich Daten anderer Erhebungen ein. Diese sind unter dem Begriff „Forstschutzmeldewesen“ zusammengefasst.

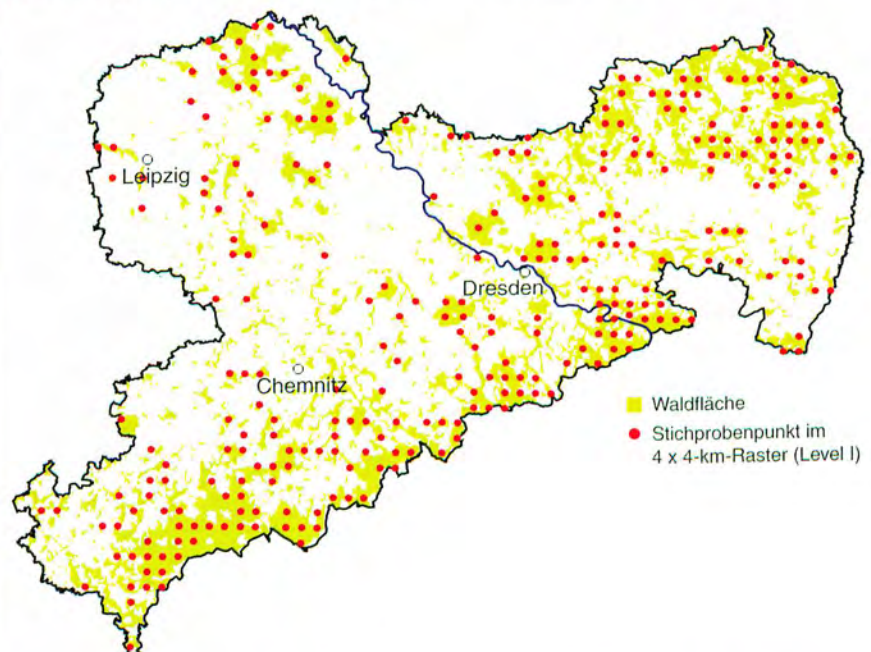
Analyse des Datenmaterials

Das 4 x 4-km-Raster, welches die Grundlage für die Gesamtauswertung 1998 bildet, umfasst in Sachsen 285 Stichprobenpunkte (vgl. Abb. 1). An 282 Punkten wurden in diesem Jahr 6 768 Bäume nach den vorgenannten Kriterien begutachtet; davon waren 3 072 Bäume älter als 60 Jahre. Drei Stichprobenpunkte lagen auf Blößen bzw. in Kulturen unter 60 cm Höhe. 1998 mussten vom Kollektiv der über 60-jährigen Stichprobenbäume 54 Bäume (= 1,8 %) ersetzt werden;

- 27 Bäume wurden bei forstlichen Eingriffen entnommen
- 4 waren geworfen bzw. angeschoben
- 1 hatte einen Kronenbruch (über 50 % der Krone)
- 22 gehörten nicht mehr zur herrschenden Bestandesschicht.

Der Ersatz von Stichprobenbäumen hat nachgewiesener Maßen kaum Einfluss auf das Ergebnis der Waldschadenserhebung für größere Auswerteeinheiten

Abb. 1: Lage der WSE-Stichprobenpunkte im 4 x 4-km-Raster



(Baumart, Wuchsgebiet). Bei der Bewertung von engen Straten (z. B. Fichte im Schadgebiet des Winters 1995/96), in denen sich forstliche Maßnahmen

konzentrieren, ist eine Beeinflussung nicht völlig auszuschließen. Allerdings werden diese Daten nicht für länderübergreifende Vergleiche herangezogen.

Bäume (Schadstufen 3 und 4), der sich von 1995 zu 1996 verdoppelte.

Das Schadniveau der Jahre 1997 und 1998 ist vergleichbar. Eine geringe Abnahme der deutlichen Schäden bei

den jüngeren Bäumen wird durch eine leichte Zunahme bei den älteren, über 60-jährigen Bäumen kompensiert, so dass 1998 die Schadstufenverteilung analog zu 1997 ausfällt.

Schäden an den Hauptbaumarten

Fichte und Kiefer sind die dominierenden Baumarten in den sächsischen Wäldern. Sie prägen somit auch das Gesamtergebnis der Waldschadenserhebung entscheidend. Andererseits finden sich bereits wesentliche Trends, die für diese Baumarten im Einzelnen gelten, im Gesamtergebnis wieder. Im Gegensatz zur Fichte und Kiefer sind Buche und Eiche selten, so dass das Stichprobenverfahren zu diesen Baumarten keine gesicherten Aussagen zulässt.

Die Bewertung der einzelnen Baumarten zeigt die Komplexität des Wirkungsgefüges verschiedener Einflussfaktoren auf den Kronenzustand. Die Wirkung von Luftschadstoffen auf die Kronenverlichtung wird stets durch Witterung, Fruktifikation, Insektenfraß, Baumalter u. a. modifiziert.

Die Kronenverlichtung erhöht sich i. d. R. auch mit zunehmendem Alter. In den Altersklassen beträgt 1998 der Anteil deutlich geschädigter Bäume:

- 1 % bis 20-jährige Bäume
- 6 % 21 bis 40-jährige Bäume
- 20 % 41 bis 60-jährige Bäume
- 17 % 51 bis 80-jährige Bäume
- 57 % über 80-jährige Bäume.

Dabei ist die Schadzunahme bei der Fichte stärker an das Alter gekoppelt als bei der Kiefer bzw. den Laubbaumarten.

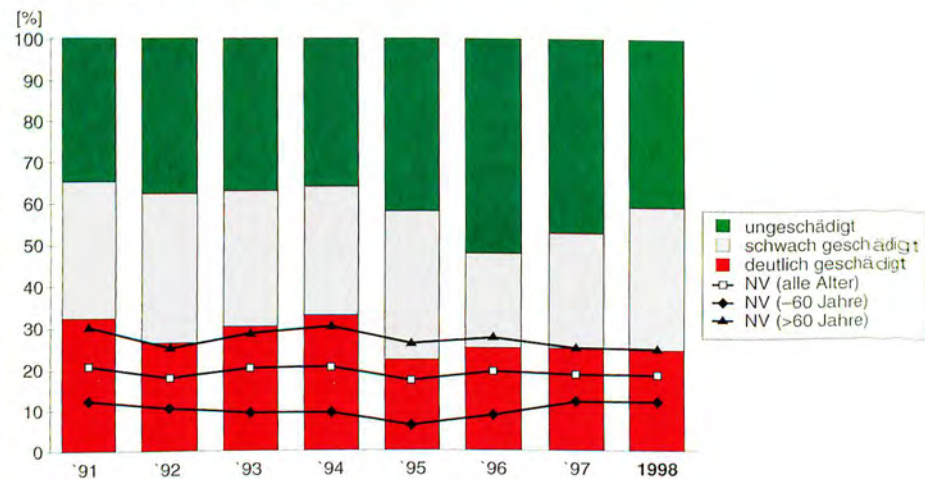
Die Tab. 7 enthält die zusammengefassten Ergebnisse für die Baumarten.

Fichte

Kronenzustand

Die Fichte ist 1998 wiederum die am stärksten geschädigte Nadelbaumart in Sachsen. Mit 24 % deutlichen Schäden liegt sie um 5 Prozentpunkte über dem Befund für alle Baumarten. 36 % aller Fichten zählen als schwach geschädigt, 40 % als gesund.

Abb. 4: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Nadel-Verlustprozentes (NV) der Fichte von 1991 bis 1998



Die Fichte bestimmt die Tendenzen des Gesamtergebnisses maßgeblich: ein hohes Ausgangsniveau der Schäden 1991, Rückgang 1992 und erneute Zunahme bis 1994, Stabilisierung 1995, leichte Zunahme 1996. Seit 1996 ist der Anteil deutlich geschädigter Fichten nahezu gleich hoch. In diesem Zeitraum hat sich jedoch eine kontinuierliche Abnahme der gesunden Fichten zugunsten der schwach geschädigten vollzogen. Der Verlauf des mittleren Nadelverlustprozents verdeutlicht ab

1997 zusätzlich eine Annäherung der Schäden in den beiden Altersbereichen (vgl. Abb. 4).

Einen Eindruck der räumlichen Verteilung der Schäden vermittelt die Punktdarstellung des mittleren Nadelverlustes der Fichte (vgl. Abb. 5). In Südwest-Sachsen dominieren Bestände ohne bzw. mit geringer Schädigung (mittlerer Nadelverlust 0–10 % bzw. 11–25 %). Bestände, in denen die

Fichten einen mittleren Nadelverlust von über 25 % aufweisen, konzentrieren sich vor allem im Gebiet zwischen Fichtelberg und Kahleberg. Während sich in den vergangenen Jahren im grenznahen Bereich des Erzgebirges zusätzlich Bestände mit starker Schädigung (Nadelverlust > 60 %) häuften, liegen die Schäden 1998 dort überwiegend im Bereich mittelstarker Schädigung (26–60 %).

Abb. 5: Durchschnittlicher Nadelverlust der Fichte an den Stichprobenpunkten des 4 x 4-km-Rasters (mehr als 5 Fichten/Punkt)

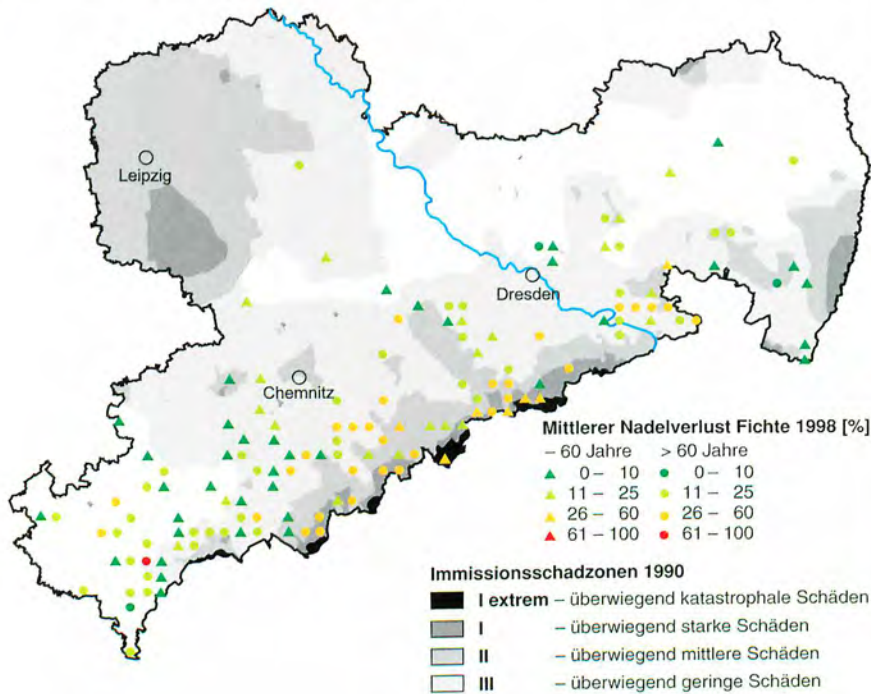
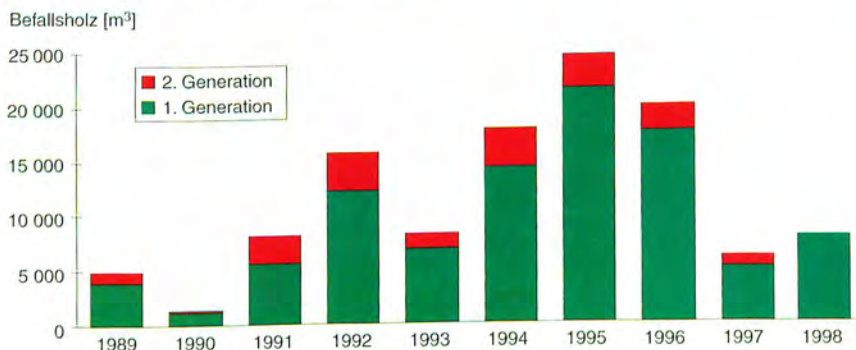


Abb. 6: Stark geschädigter, sich regenerierender Fichtenaltbestand



Abb. 7: Stehendbefall durch Buchdrucker von 1989 bis 1998 (Angabe für 1998 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter 1998/99 sichtbar)



Nadelvergilbungen – als weiteres Schadsymptom neben dem Nadelverlust – hatten 1998 bei der Fichte nur geringe Bedeutung (vgl. Tab. 8). An 5 % aller Fichten wurden Vergilbungen festgestellt. Bei 1 % der Fichten, bei denen Nadelvergilbungen in mittlerer Ausprägung registriert wurden, führten diese zur Eingruppierung in eine höhere Schadstufe. Dagegen spielte 1998 die Fruktifikation eine größere Rolle als im Vorjahr. 33 % der älteren, über 60-jährigen Fichten hatten einen meist geringen Zapfenbehang (vgl. Tab. 10).

Biotische Schäden

Der wesentlichste biotische Schadfaktor war in diesem Jahr der Buchdrucker (*Ips typographus* L.) Nachdem in den letzten beiden Jahren der registrierte Stehendbefall kontinuierlich zurückging, stieg der Befall 1998 wieder an (vgl. Abb. 7). Per 31.08.98 beläuft sich die erfasste Befallsholzmenge auf mehr als das Doppelte des vergleichbaren Vorjahreswertes und übersteigt damit bereits die Gesamtmenge von 1997. Diese Entwicklung vollzieht sich jedoch regional differenziert. Im Bereich der FD Bautzen erhöhte sich der Stehendbefall um das 2,5fache und liegt damit auf dem Niveau von 1995, des Jahres mit dem Befallsmaximum der letzten 10 Jahre. Der Anstieg im westlichen Landesteil (FD Chemnitz) fiel mit einer Verdoppelung etwas geringer aus. Deutlich weniger Schäden treten dabei im Westerzgebirge auf, einem der Befallsschwerpunkte von 1995.

Die Hauptursache für diese Entwicklung ist in den Witterungsbedingungen von Mitte Mai bis Mitte Juni zu sehen. In Verbindung mit der vorangegangenen Trockenperiode im April/Mai (vgl. S. 27 ff.) und einer gebietsweise starken Blüte der Fichte, die zu einer Schwächung der Bestände führte,

Abb. 8: Frische Einbohrlöcher und Brutbild des Buchdruckers



herrschen in dieser Zeit optimale Bedingungen für den Schwarmflug der Käfer und die erfolgreiche Besiedelung von Fichten.

Durch die konsequente Anwendung der integrierten Bekämpfungsstrategie, besonders die rechtzeitige Sanierung des Stehendbefalls in den Wäldern aller Eigentumsarten, kann die weitere Ausweitung des Befalls gehemmt werden.

1997 traten in mittelalten und alten Fichtenbeständen im Vogtland und Westerkgebirge Fraßschäden durch

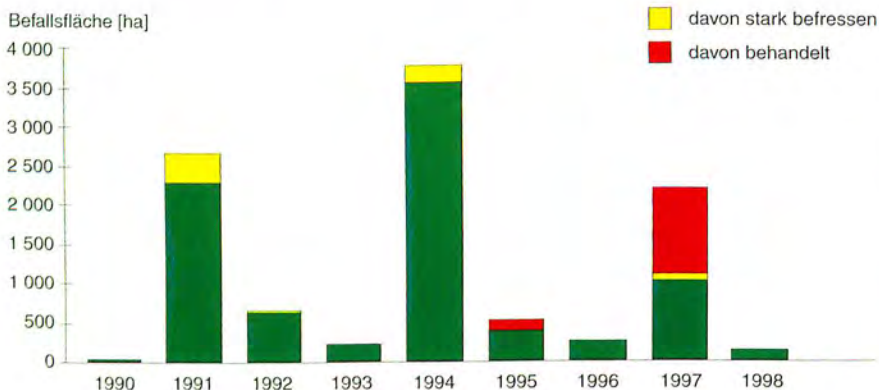
Larven der Fichten-Gespinstblattwespe (*Cephalcia abietis* L.) auf.

Gebietsweise waren zur Vermeidung bestandesbedrohender Fraßschäden Gegenmaßnahmen erforderlich.

Bedingt durch den natürlichen Entwicklungszyklus (vgl. Abb. 9) dieser Art schlüpfen im Frühjahr 1998 nur wenige Wespen, so dass auch kaum Fraßschäden registriert wurden.

Zukünftig ist aber wieder mit zunehmenden Schäden zu rechnen.

Abb. 9: Befallsflächen [ha] durch die Fichten-Gespinstblattwespe 1990 bis 1998



Kiefer

Kronenzustand

Die Kiefer, die im Vergleich zur Fichte ein wesentlich niedrigeres Schadenniveau aufweist, besitzt 1998 einen Anteil deutlicher Schäden von 9 % und liegt somit im Schwankungsbereich der letzten zwei Jahre. Als leicht geschädigt gelten 39 % aller Kiefern und 52 % als gesund (vgl. Abb. 10).

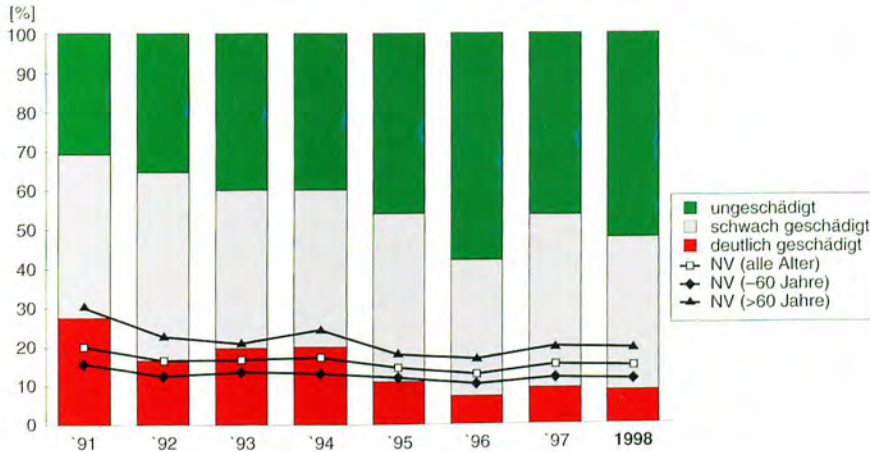
Seit 1991 ist eine kontinuierliche Verbesserung bei der Kiefer zu beobachten. Der Rückgang der deutlichen Schäden von 27 % 1991 auf 9 % 1998 steht in erster Linie in Verbindung mit einer Zunahme ungeschädigter Kiefern. 1998 hat sich zudem der Anteil schwach geschädigter Kiefern verringert, so dass sich der Anteil gesunder Kiefern auf 52 % erhöhen konnte.

Die Kiefer, eine Baumart, für die offensichtlich auf vielen Standorten Wasser der begrenzende Wachstumsfaktor ist, konnte insbesondere 1996 und 1997 vom reichlichen Wasserangebot zu Beginn der Vegetationsperiode profitieren. Reaktionen der Kiefer infolge der 1998 ab Mai landesweit einsetzenden Trockenheit konnten zum Zeitpunkt der Waldschadenserhebung noch nicht festgestellt werden.

Nadelvergilbung spielt bei der Kiefer zumeist eine untergeordnete Rolle und steht oft in Zusammenhang mit ausgesprochenen Trockenperioden. 1998 wies 1 % der Kiefern diese Erscheinung in geringer Intensität auf (vgl. Tab. 8).

Mit 87 % wurde an nahezu allen älteren Kiefern Zapfenbehang registriert – an 60 % geringer, an 23 % mittlerer und an 4 % starker.

Abb. 10: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Nadel-Verlustprozentes (NV) der Kiefer von 1991 bis 1998



Biotische Schäden

Seit 1994 kommt es in nordsächsischen Kiefernbeständen zu lokal begrenzten Massenvermehrungen des **Kiefernspinners** (*Dendrolimus pini* L.). Die lange Dauer dieser Gradation, die jetzt bereits 5 Jahre anhält, ist typisch für diese Art. Nach einer Fraßperiode im Herbst setzen die überwinterten Raupen den Fraß bereits im zeitigen Frühjahr fort. Bei Nahrungsmangel befressen sie auch die neuen Knospen. Dieses artspezifische Fraßverhalten kann zu letalen Schäden führen. Aus diesem Grunde mussten besonders gefährdete Bestände mit Pflanzenschutzmitteln behandelt werden. In der Tab. 6 sind die in den letzten Jahren befallenen und die behandelten Flächen zusammengestellt.

Der deutliche Rückgang der Befallsfläche 1998 zeigt, dass sich die Populationsentwicklung dieser Schmetterlingsart in der Retrogradation befindet.

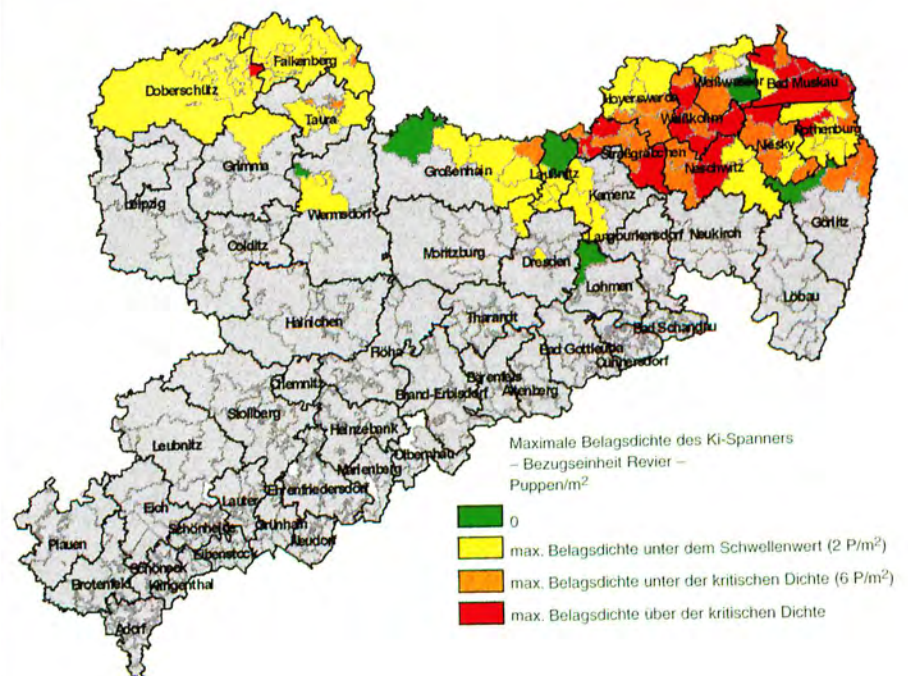
Wie bereits 1997 wiesen routinemäßige Überwachungsmaßnahmen auf erhöhte Dichten des Überwinterungsstadiums der ebenfalls an Kiefernadeln fressenden Schmetterlingsart, des **Kiefernspanners** (*Bupalus piniarius* L.), hin. Die dadurch gefährdete Fläche betrug etwa 4 500 ha (vgl. Abb. 11). Durch

merklichen bis starken Schwarmflug der Falter auf etwa 3 300 ha zeichnete sich bereits im Frühsommer eine Abnahme der Gefährdung ab. Wie entsprechende Besatzkontrollen zeigten, setzte sich dieser positive Trend in der Folgezeit fort. Damit werden im Herbst keine stärkeren Fraßschäden erwartet.

Tab. 6: Befallsfläche des Kiefernspinners und davon behandelte Fläche

Fläche [ha]	1994	1995	1996	1997	1998
befallen	750	1 550	350	550	106
davon behandelt	700	1 400	62	506	80

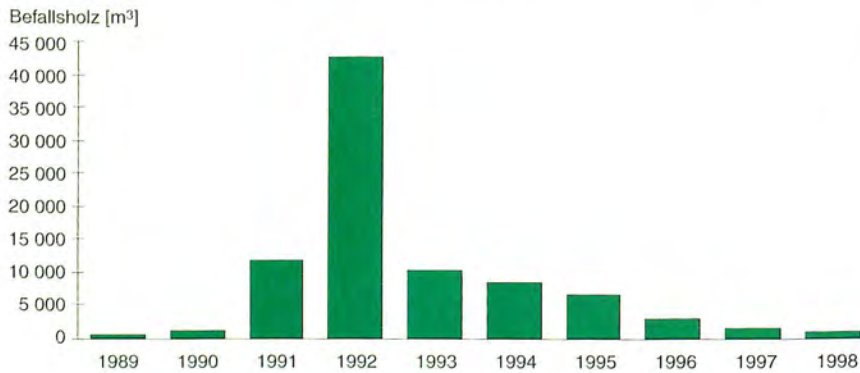
Abb. 11: Belagsdichte von Puppen des Kiefernspanners im Winter 1997/98



Ursachen für diese Entwicklung sind neben dem Einfluss von natürlichen Regulationsmechanismen innerhalb der Schädlingspopulationen (z. B. Auftreten von Parasiten) auch die Witterungsbedingungen im Juli/August. Da die Fraßschäden dieser Art, im Gegensatz zu denen des Kiefernspinners, erst am Ende der Vegetationsperiode, nach Ausbildung der neuen Knospen eintreten, kann außerdem ein relativ hoher fraßbedingter Nadelverlust toleriert werden.

Die BefallsHolzmenge infolge der Besiedelung durch Larven des Blauen **Kiefernprachtkäfers** (*Phaenops cyanea* L.) nahm in den letzten Jahren kontinuierlich ab (vgl. Abb. 12). Diese Entwicklung steht im engen Zusammenhang mit der Verbesserung des Kronenzustandes der Kiefern. Die günstigen Witterungsbedingungen in den letzten Jahren, vor allem wahrscheinlich das ausreichende Wasserangebot jeweils zu Beginn der Vegetations-

Abb. 12: Stehendbefall durch Kiefernprachtkäfer von 1989 bis 1998 (Angabe für 1998 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter 1998/99 sichtbar)



perioden 1996 und 1997, führten zu einer Vitalitätserhöhung. Auswirkungen der diesjährigen Frühjahrstrockenheit könnten, bedingt durch die 2-jährige Entwicklungsdauer, erst in der Folgezeit auftreten.

Sonstige Nadelbäume

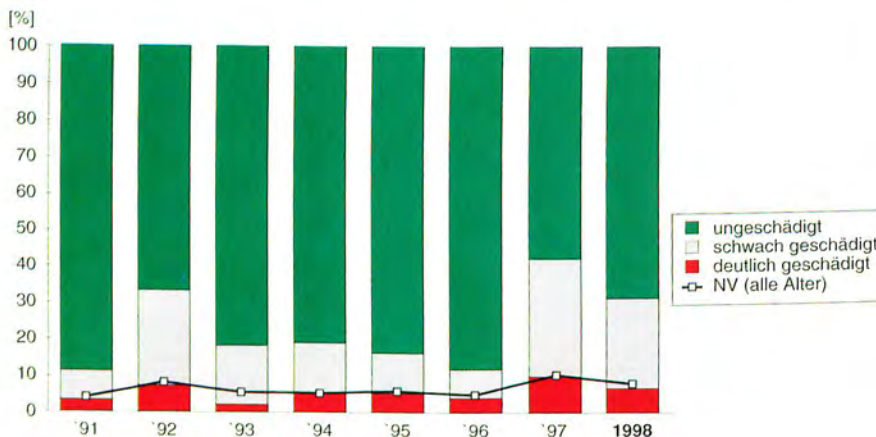
Kronenzustand

Zur Baumartengruppe der sonstigen Nadelbäume zählen z. B. die Lärchenarten. Diese Baumarten sind in Sachsen zumeist nicht autochthon und oft erst im Zuge spezieller waldbaulicher Konzeptionen, wie z. B. der Aufforstung des Erzgebirgskammes mit sogenannten Ersatzbaumarten, in größerem

Umfang in die sächsischen Wälder gekommen. Über die Hälfte (62 %) der begutachteten sonstigen Nadelbäume war demzufolge jünger als 20 Jahre, was neben vermuteter „Rauchhärte“ der ausschlaggebende Grund für das niedrige Schadniveau dieser Baumartengruppe ist.

1997 hatte sich erstmals sowohl der Anteil deutlicher als auch der Anteil schwacher Schäden erhöht (vgl. Abb. 13). In beiden Schadkategorien sind 1998 anteilig weniger Bäume vertreten als im Vorjahr. Der mittlere Nadelverlust ist jedoch nur geringfügig abgesunken und liegt noch über den Durchschnittswerten der Jahre 1991 bis 1996.

Abb. 13: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Nadel-Verlustprozentes (NV) der sonstigen Nadelbäume von 1991 bis 1998



Biotische Schäden

Während des diesjährigen Austriebs der Lärchen wurden gebietsweise Triebsschäden an einzelnen Zweigen festgestellt. Die Symptome äußerten sich in einem Ausbleiben bzw. raschen Absterben der Kurztriebknospen. Offensichtlich handelt es sich dabei um eine biologische Ursache (Pilz und/oder Insekt). Wie bereits im Vorjahr verursachte auch 1998 die **Lärchenminiermotte** (*Coleophora laricella* Hb.) wieder die typischen Schäden in Lärchenbeständen im gesamten Freistaat. Kurz nach dem Austrieb der Lärchen höhlen die Raupen die Nadeln besonders von Randbäumen aus. Die so geschädigten Bäume „verloren“ dadurch ihre grüne Farbe. Im Laufe der Sommermonate regenerierten die Lärchen diesen Nadelverlust wieder.

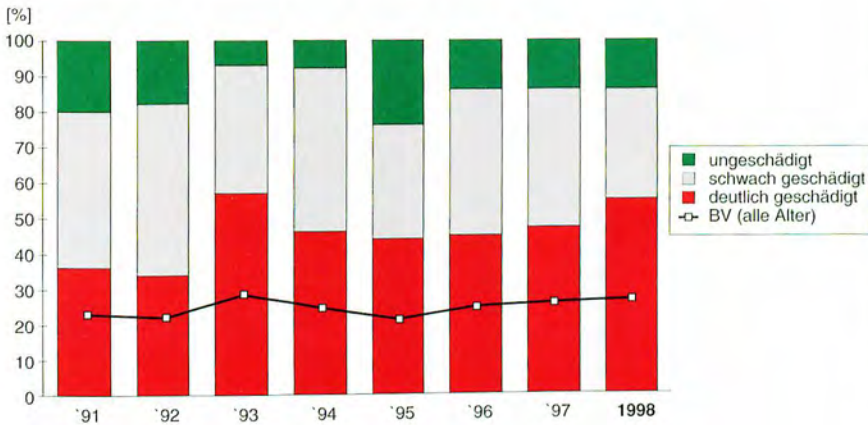
In Murray-Kiefernbeständen, die in den Extremschadgebieten des Erzgebirges für die dort abgestorbenen Fichten angebaut wurden, kam es auch 1998 gebietsweise wieder zu einem starken Befall durch die **Rotgelbe Kiefern-Buschhornblattwespe** (*Neodiprion sertifer* Geoff.) und damit zu fraßbedingten Nadelverlusten.

Eiche

Kronenzustand

Der Gesundheitszustand der Eichen ist weiterhin äußerst kritisch zu bewerten. Mehr als die Hälfte der Eichen weist eine deutliche Kronenverlichtung auf, nur jede 8. ist gesund (vgl. Abb. 14). Gegenüber dem bereits extrem hohen Schadniveau der Vorjahre ist nochmals eine leichte Verschlechterung eingetreten. Damit stellte sich 1998 der Kronenzustand der Eichen ähnlich schlecht dar wie 1993.

Abb. 14: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Blatt-Verlustprozentes (BV) der Eiche von 1991 bis 1998



Nach Jahren sehr spärlicher Fruktifikation trugen 1998 die Eichen erstmals wieder mehr Früchte. Fast die Hälfte der älteren Bäume fruktifizierte: 4 % stark, 8 % mittel und 33 % gering (vgl. Tab. 10 und Abb. 15). Ein Zusammenhang zum aktuellen Belaubungszustand ließ sich nicht nachweisen.

Biotische Schäden

Der bereits 1997 zu beobachtende Rückgang der Fraßschäden durch **Eichenwickler** (*Tortrix viridana* L.)

Abb. 15: Eichenzweig mit starkem Fruchtbehang

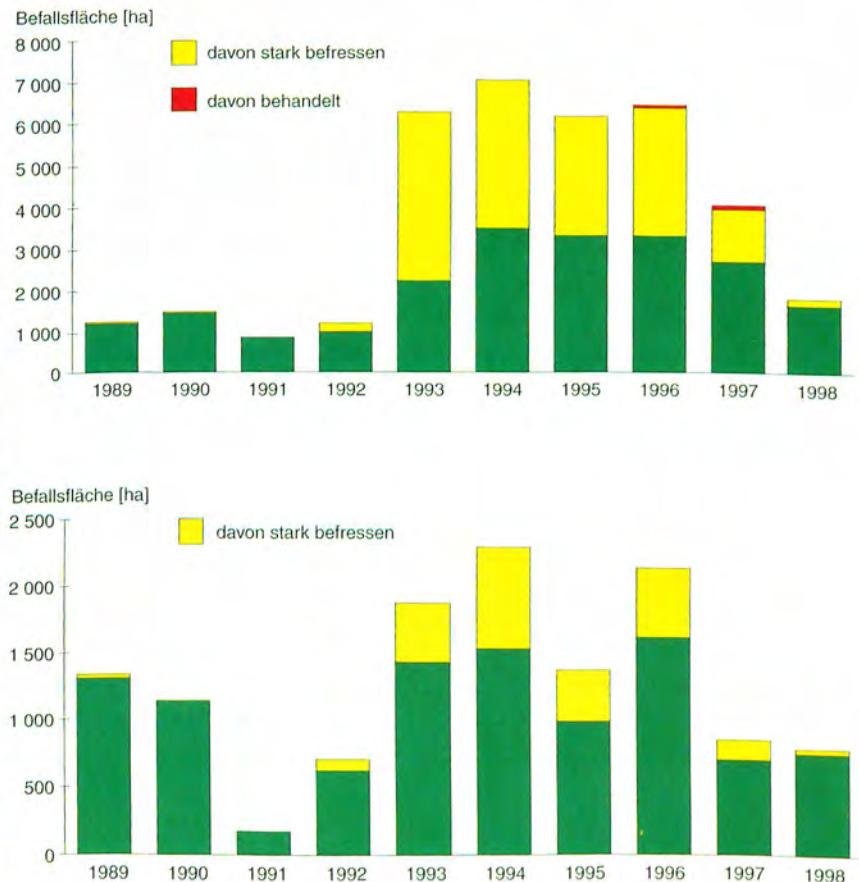


und **Frostspanner** (*Operophtera spec.*) setzte sich in diesem Jahr fort (vgl. Abb. 16). Mit einer Reduktion auf 10 % bzw. 20 % nahmen insbesondere die starken Schäden (mehr als 50 % Blattverlust) ab. Die durch Eichenwickler, als der dominierenden Phytophagenart, verursachten merklichen Fraßschäden (30–50 % Blattverlust)

gingen etwa auf die Hälfte des Vorjahreswertes zurück. Im Gegensatz dazu stagnierten die vergleichbaren Schäden durch Frostspannerarten auf dem Niveau von 1997. Eine differenzierte Analyse der Ursachen dieses Rückganges liegt nicht vor. Neben einer ungenügenden Koinzidenz zwischen Blattaustrieb und Larvalentwicklung infolge der Frühjahrswitterung spielen auch andere populationsreduzierende Faktoren wie z. B. Parasiten und Krankheiten eine Rolle. Regional trat dieser landesweite Trend in unterschiedlicher Intensität auf.

Die geringen fraßbedingten Blattverluste in diesem Jahr, wurden im Frühjahr auch an den Eichen der WSE-Probestpunkte registriert (vgl. Abb. 17). Die Probestämme wiesen im Juni den niedrigsten Blattverlust seit Beginn der Zusatzerhebung im Jahr 1993 auf. Da es in der Folgezeit offensichtlich nur zu einer sehr geringen Johannistrieb-

Abb. 16: Befallsflächen durch Eichenwickler (oben) und Frostspanner (unten)



bildung kam, nahm der Laubverlust in der Folgezeit zu. Zum Zeitpunkt der landesweiten WSE im Juli/August hatte der durchschnittliche Blattverlust das Niveau der Vorjahre erreicht. Aufgrund dieser Entwicklung ist zu vermuten, dass für 1998 erstmalig ein Ergebnis für den Kronenzustand der Eichen vorliegt, welches nicht durch Phytophagenfraß und anschließende Regeneration durch den Johannistrieb überprägt wurde.

Unabhängig von diesen Prozessen nimmt die Vitalität einzelner, stark geschädigter Bäume kontinuierlich ab und infolgedessen erhöht sich die Anfälligkeit für einen Befall durch andere Schadfaktoren wie z. B. Prachtkäfer (*Agrilus spec.*) und Pilze.

Buche

Kronenzustand

Die Zeitreihe für die Buche zeigt von 1991 bis 1995 tendenziell eine Schadzunahme. In diesem Zeitraum erhöhte sich der Anteil deutlich geschädigter Buchen von 4 % auf 33 %. Aufgrund der günstigen Wasserhaushaltssituation zu Beginn der Vegetationsperiode 1996 und 1997 ist eine leichte Stabilisierung eingetreten. 1998 haben die deutlichen Schäden in der Buche wieder um 3 Prozentpunkte zugenommen und betragen jetzt 15 %. Der Anteil schwach geschädigter Buchen liegt bei 49 % und der Anteil gesunder bei 36 % (vgl. Abb. 18).

Aufgrund des geringen Stichprobenumfanges sind die Ergebnisse der Zustandsbewertung der Buche jedoch nicht abgesichert.

1998 fruktifizierte fast jede zweite ältere Buche. Ein deutlicher Zusammenhang lässt sich zwischen der Fru-

Abb. 17: Vergleich der durchschnittlichen Belaubung der Eichen an den WSE-Probeplätzen im Juni (nach Fraß) und im August (nach Johannistriebbildung) in den Jahren 1993 bis 1998

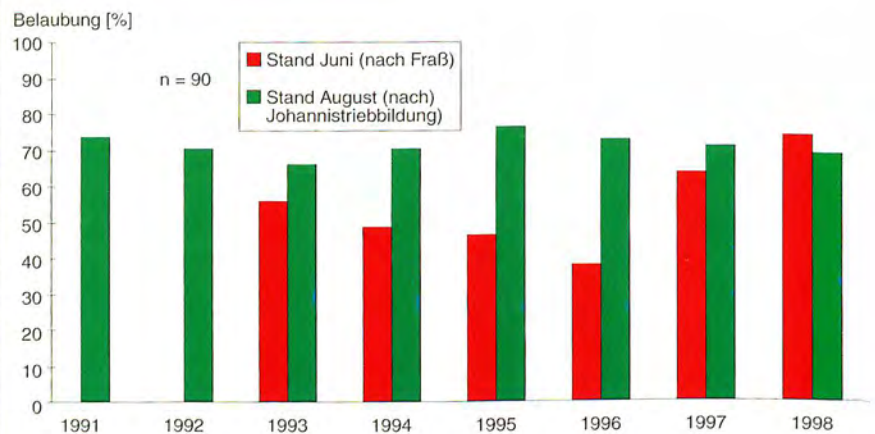
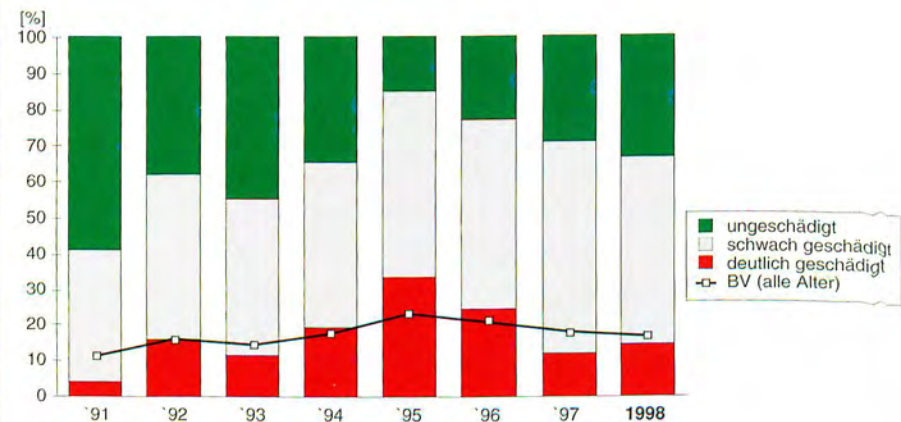


Abb. 18: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Blatt-Verlustprozentes (BV) der Buche von 1991 bis 1998



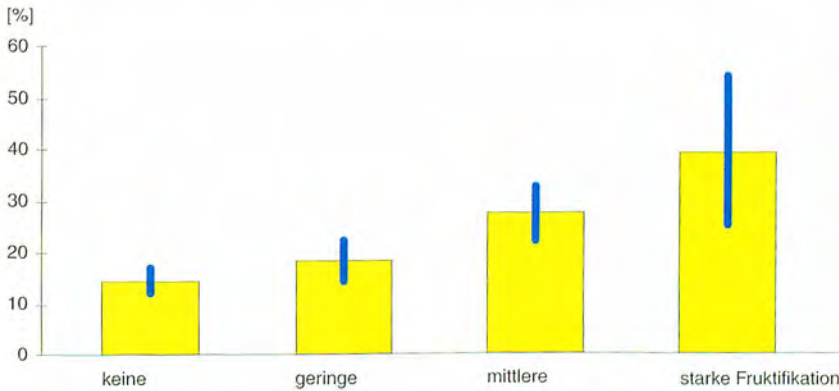
tifikationsintensität und dem Belaubungszustand herstellen. Betrachtet man alle Buchen mit einem Alter über 60 Jahre, so zeigt sich eine Zunahme des mittleren Laubverlustprozentes mit steigender Fruktifikationsintensität. Inwieweit durch die Fruktifikation nachhaltig der Zustand der Buche beeinträchtigt wird, kann erst im Zuge späterer Aufnahmen geklärt werden und hängt in starkem Maße von der Wirkung anderer belastender Faktoren ab.

5 % der untersuchten Buchen waren von Insekten bzw. Pilzen befallen (vgl. Tab. 9).

Abb. 19: Stark fruktifizierende Buche



Abb. 20: Einfluss der Fruktifikation auf den Kronenzustand der über 60-jährigen Buchen 1998 (mittleres Blattverlustprozent, 95 % Konfidenzintervall)



Sonstige Laubbäume

Kronenzustand

Bei den sonstigen Laubbäumen (Ahorn, Esche, Birke, ...) gibt es nur geringe Schwankungen in den Ergebnissen der einzelnen Jahre. Dennoch wurde 1998 ein leichter Schadanstieg ermittelt. Mit 21 % liegt der Anteil deutlicher Schäden um 5 Prozentpunkte über dem Vorjahreswert (vgl. Abb. 21). Gleichzeitig haben die schwach geschädigten und gesunden Bäume abgenommen. Ausschlaggebend für diese Verschiebungen dürfte hier u. a. die starke Fruktifikation einzelner Baumarten, wie z. B. der Birke sein.

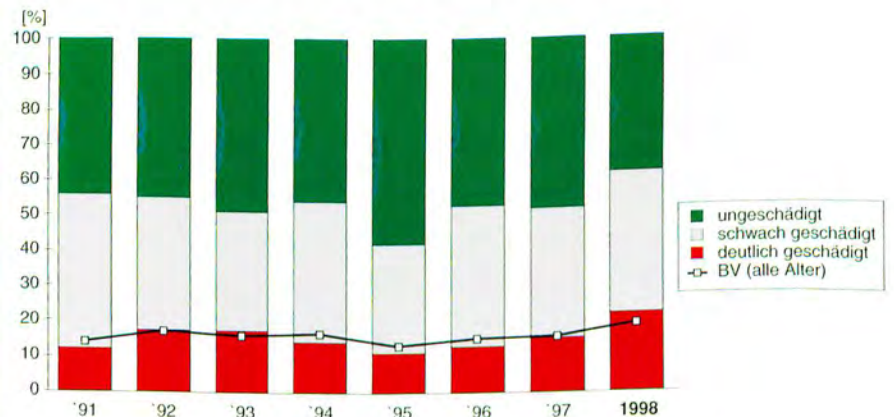
Biotische Schäden

Wie schon 1997 wiesen auch in diesem Jahr wieder verschiedene Laubbaumarten, so z. B. Birken, Pappeln, Ahorn, Erlen u. a. Schäden am Kronenzustand auf. Diese zeigten sich durch ausbleibenden Blattaustrieb bzw. das Absterben einzelner Äste, Kronenteile oder der gesamten Krone (vgl. Abb. 22). Die Ursachen für diese z. T. sehr unspezifischen Symptome sind noch nicht vollständig geklärt. Neben abiotischen Einflüssen (Frost, Trockenheit, Ozon) und biotischen Faktoren

Abb. 22: Stark geschädigte Birke im Osterzgebirge



Abb. 21: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Blatt-Verlustprozentes (BV) der sonstigen Laubbäume von 1991 bis 1998



(Pilze, Insekten) spielt dabei auch deren kombinierte Wirkung eine Rolle. Es ist von einem regional- und baumartenspezifischen Ursachenkomplex auszugehen.

Bei einer im Sommer 1998 von den Forstämtern durchgeführten Erhebung wurden entsprechende Schäden unterschiedlicher Intensität auf insgesamt 480 ha (reduzierte Fläche) registriert. Dabei entfallen auf die Baumarten folgende Anteile:

Birke	42 %
Pappel	14 %
Ahorn	6 %
Erle	5 %
Übrige	33 %

Die Schäden an **Birke** konzentrieren sich auf die Hochlagen im Erzgebirge und dort insbesondere auf das Gebiet der Immissionschadzonen I extrem und I. In den Forstämtern Altenberg, Bärenfels, Olbernhau und Marienberg wurden auf insgesamt ca. 325 ha Schäden beobachtet. Da die Birke häufig in Mischung mit anderen Baumarten auftritt, beträgt die reduzierte Schadfläche nur etwa 90 ha. Die Schadintensität in Form der Symptome Blattverfärbung/-welke und Zweigdürre differiert in den einzelnen Beständen zwischen 10 % und 100 % der Bäume. Zu einem

bestandesweisen Absterben kommt es nur auf wenigen kleinen Flächen. Aufgrund der unterschiedlich starken Ausprägung der Schäden an Einzelbäumen sind Aussagen zum Schadfortschritt zur Zeit nicht möglich.

Landesweit sind vorwiegend jüngere Birkenbestände (5 bis 20 Jahre) betroffen. Hinsichtlich der Dauer der Schädigung gilt für diese Baumart, dass ca. 60 % der Schäden 1998 erstmals auftraten und 28 % der Flächen bereits seit 3 und mehr Jahren Schadenssymptome zeigen. Die landesweit relativ gleichmäßig auftretenden Schäden an **Pappel** betreffen fast ausschließlich Bestände im Alter von 20 bis 50 Jahren. Die Schäden führten häufig zum Absterben der Bäume.

Die Schäden an **Ahorn** (Bergahorn) konzentrieren sich ebenfalls im Erzgebirge, wobei jüngere und mittelalte Bestände (bis 70 Jahre) im gleichen Maße betroffen sind. Für die meisten der ge-

schädigten Bergahornflächen kann jedoch trotz ausgeprägter Schadenssymptome der Fortbestand als gesichert angesehen werden.

Die Schäden an **Erle** sind im mittleren Erzgebirge räumlich eng begrenzt auf 5- bis 15-jährige Bestände. Für viele Flächen ist zur Zeit noch unklar, ob eine bestandesbildende Bestockung erhalten bleibt.

In Laubholzverjüngungen, vorwiegend auf vergrasteten Standorten, kam es infolge einer Massenvermehrung von Mäusen (besonders Erd- und Feldmaus [*Microtus agrestis* L. u. *M. arvalis* Pal.] sowie Schermaus [*Arvicola terrestris* L.]) zu starken Schäden an den Pflanzen (vgl. Abb. 23). Landesweit wurden derartige Schäden auf etwa 566 ha registriert. Das entspricht einem Anstieg um das 2,7fache im Vergleich zum Vorjahr. Teilweise ist mit dem Absterben der befallenen Pflanzen zu rechnen.

Abb. 23: Durch Mäusefraß geschädigte (geringelte) Buchenpflanze



Tabellarische Übersichten

Tab. 7: Schadstufenverteilung nach Baumarten/Baumartengruppen (Angaben in %).

Baumart/ Baumartengruppe	Fläche in ha	Schadstufe				
		0 ohne Schad- merkmale	1 schwach geschädigt	2 mittelstark geschädigt	3 und 4 stark geschädigt/ abgestorben	2-4 deutlich geschädigt
Fichte	208 541	40	36	22	2	24
bis 60 Jahre	96 319	65	25	9	1	10
über 60 Jahre	112 222	18	46	33	3	36
Kiefer	149 028	52	39	8	1	9
bis 60 Jahre	88 750	65	30	5	0	5
über 60 Jahre	60 278	31	54	14	1	15
sonstige Nadelbäume	21 667	69	23	7	1	8
Nadelbäume	379 236	46	37	16	1	17
Buche* ¹	11 667	36	49	15	0	15
Eiche* ¹	20 625	13	33	49	5	54
sonstige Laubbäume	58 472	38	41	19	2	21
Laubbäume	90 764	32	41	25	2	27
alle Baumarten	470 000* ²	44	37	18	1	19
bis 60 Jahre	256 667	62	29	8	1	9
über 60 Jahre	213 333	22	47	29	2	31

*¹ keine gesicherte Aussage, *² Fläche ohne Nichtholzboden

In den Tab. 8 bis 10 ist zusammengefasst, mit welchen Anteilen die Merkmale Vergilbung, Insekten-/Pilzbefall und Blüte/Fruktifikation bei den jeweiligen Baumarten vertreten sind.

Tab. 8: Häufigkeit (%) und Intensität des Auftretens von Nadel-/Blattvergilbungen

	Vergilbung		
	11–25 %	26–60 %	> 60 %
Fichte	4	1	0
Kiefer	1	0	0
sonstige Nadelbäume	2	2	1
Buche	2	0	0
Eiche	5	1	0
sonstige Laubbäume	2	0	0
alle Baumarten	3	0	0

Tab. 9: Häufigkeit (%) und Intensität des Auftretens von Insekten- und Pilzbefall

	Insekten- und Pilzbefall		
	gering	mittel	stark
Fichte	2	0	0
Kiefer	0	0	0
sonstige Nadelbäume	4	0	1
Buche	5	0	0
Eiche	30	3	1
sonstige Laubbäume	9	4	0
alle Baumarten	3	1	0

Tab. 10: Häufigkeit (%) und Intensität von Blüte/Fruktifikation

	Blüte/Fruktifikation alle Alter/über 60 Jahre		
	gering	mittel	stark
Fichte	18/25	5/7	1/1
Kiefer	47/60	12/23	2/4
sonstige Nadelbäume	9/38	2/3	0/0
Buche	29/27	10/10	7/8
Eiche	25/33	6/8	3/4
sonstige Laubbäume	15/17	12/18	7/10
alle Baumarten	27/35	8/13	2/3

Regionale Ausprägung der Schäden

Wuchsgebiete

In Jahren, in denen eine Vollstichprobe erhoben wurde (1991, 1992, 1994, 1997 und 1998), besteht die Möglichkeit, zusätzlich Aussagen zum Schadausmaß in größeren Wuchsgebieten Sachsens zu treffen. Bei Wuchsgebieten, die über das Territorium Sachsens hinausgehen, beziehen sich die Anga-

ben ausschließlich auf den sächsischen Teil. Um auch kleine Wuchsgebiete bzw. Wuchsgebiete mit geringem Waldanteil in die Auswertung einbeziehen zu können, wurden sie – soweit es sinnvoll war – für die Auswertung zusammengefasst. Für die Wuchsgebiete Sachsen-Anhaltinische Löss-Ebenen, Leipziger Sandlöss-Ebene und Erzgebirgsvorland reichte der Stichprobenumfang für eine Auswertung allein mit den sächsischen Daten nicht aus. Die Ergebnisse der Wuchsgebietsauswertung 1998 sind in Abb. 24 sowie Tab. 11 veranschaulicht. Die

Abb. 25 a–g zeigen die Entwicklungstrends der Schäden in den Wuchsgebieten, gestützt auf die Ergebnisse der Vollinventuren, wobei die Abb. 25 a als Vergleich zum gesamt-sächsischen Ergebnis herangezogen werden kann. Zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse für die Wuchsgebiete von der jeweils dort vorherrschenden Baumarten- und Altersklassenverteilung bestimmt werden (vgl. Tab. 3).

Die Auswertung der Waldschäden in den Wuchsgebieten lässt erhebliche lokale Unterschiede erkennen.

Der Anteil deutlicher Schäden variiert zwischen 10 % in den Wuchsgebieten Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland und 28 % im Wuchsgebiet Erzgebirge.

Im **Erzgebirge** (WG 45), wo sich ca. 1/3 der sächsischen Waldfläche konzentriert, sind die Schäden auch 1998 am stärksten ausgeprägt. Der Anteil deutlich geschädigter Bäume schwankt im Erzgebirge seit 1991 um die 30 %, der mittlere Nadel-/Blattverlust zwischen 19,2 % und 23,5 %. Mit 28 % deutlich geschädigten Bäumen liegen die Schäden hier 9 Prozentpunkte höher als im Landesdurchschnitt. Dennoch hat sich im Vergleich zum Vorjahr eine leichte Verbesserung eingestellt (um 2 Prozentpunkte).

Das Schadniveau im Erzgebirge wird durch die dort vorherrschende Fichte wesentlich bestimmt. Die Entwicklung der Schäden an Fichte im Wuchsgebiet Erzgebirge (Kollektiv von 1702 Fichten) innerhalb der Immissionschadzonen verdeutlicht *Abb. 26*. Die 1990 ausgewiesenen Immissionschadzonen grenzen Gebiete mit „Klassischen Rauchschäden“ unterschiedlicher Intensität ab. Die aktuellen Schäden im Erzgebirge korrelieren nach wie vor mit diesen Immissionschadzonen.

1991 deutete sich zunächst eine Nivelierung der Schäden zwischen den Immissionschadzonen an. Das Schadereignis im Winter 1995/96 hat jedoch erneut zu einer drastischen Polarisierung geführt: Dort, wo bereits eine hohe Vorschädigung der Bestände vorlag, war 1996 erneut eine drastische Verschlechterung des Zustandes der Bestände eingetreten. Der mittlere Nadelverlust erhöhte sich bei den Fichten in der Immissionschadzone I extrem (= überwiegend katastrophale Schäden) um das 4fache des 1994er Wertes und lag damit erheblich höher als zu Beginn der Erhebung 1991.

Abb. 24: Anteil deutlicher Schäden 1998 in den Wuchsgebieten

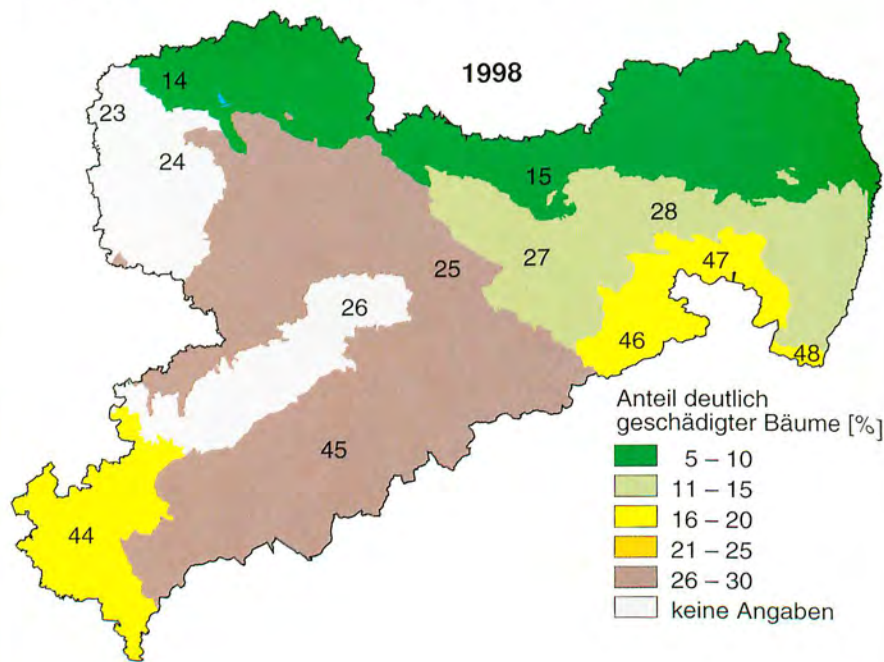
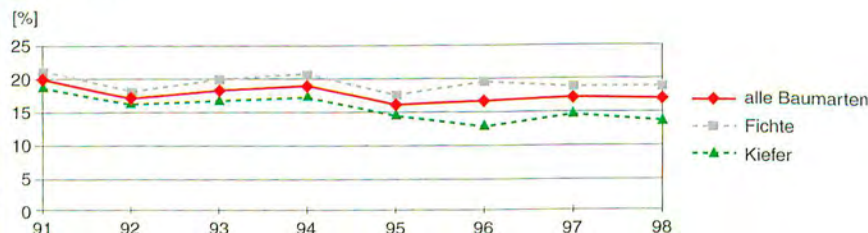


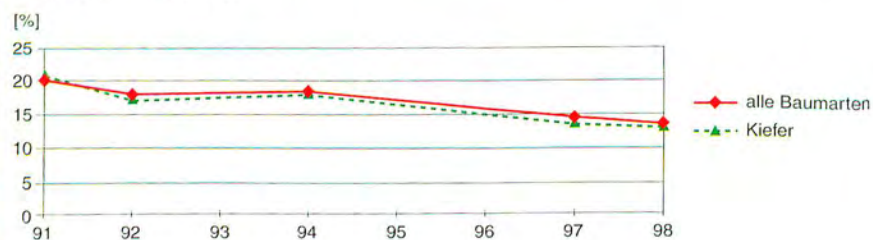
Abb. 25 a–g:

Veränderung des mittleren Nadel-/Blattverlustes in Sachsen sowie in den Wuchsgebieten (WG)

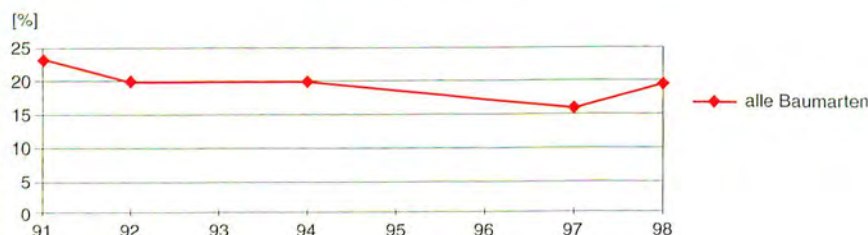
a: Sachsen



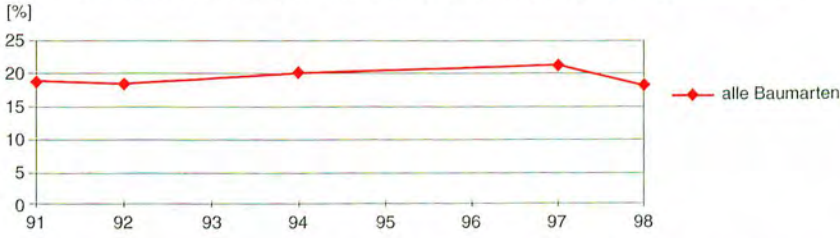
b: Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland (14)/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland (15)



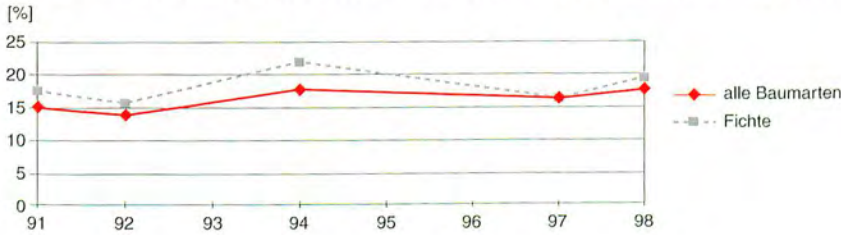
c: Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland (25)



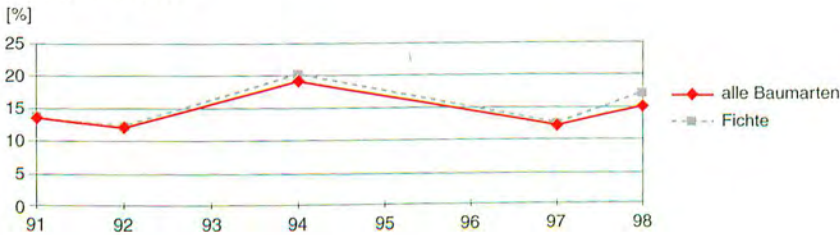
d: Westlausitzer Platte und Elbtalzone (27)/Lausitzer Löss-Hügelland (28)



e: Elbsandsteingebirge (46)/Oberlausitzer Bergland (47)/Zittauer Gebirge (48)



f: Vogtland (44)



g: Erzgebirge (45)

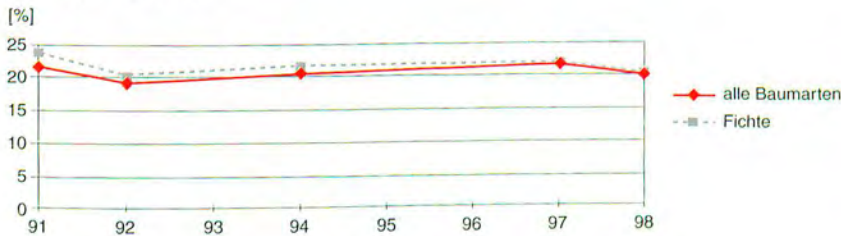
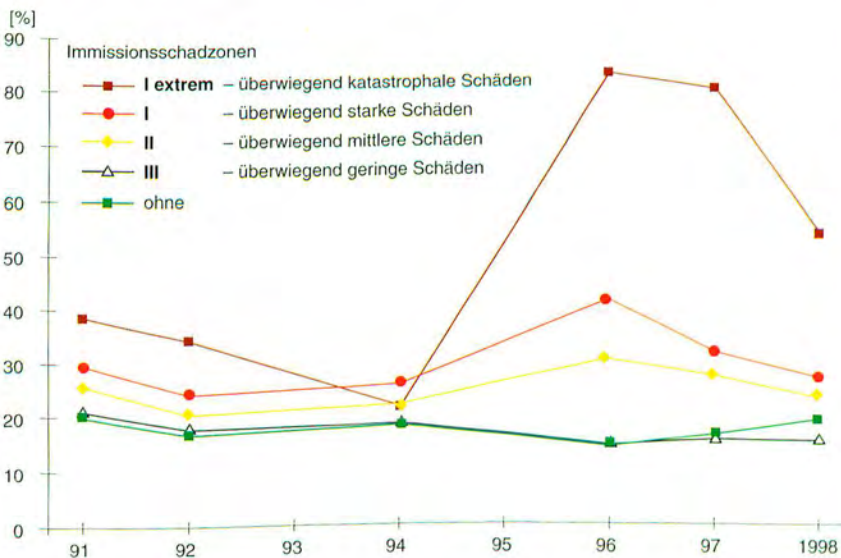


Abb. 26: Veränderung des durchschnittlichen Nadelverlustes von 1991 bis 1998 in den Immissionschadzonen (Stand: 1990); (identisches Stichprobenkollektiv von 1702 Fichten)



Vor allem in Regionen, die zu den Immissionschadzonen I und II gehören, deutete sich bereits 1997 eine leichte Entspannung an. 1998 setzt sich der Trend in diesen Gebieten fort. Sogar in der Immissionschadzone I extrem regenerierten sich die Fichten etwas. Deren gegenwärtiges Schadniveau bleibt allerdings mit einem durchschnittlichen Benadlungsgrad von weniger als 50 % extrem hoch. Damit besteht auch die hohe Anfälligkeit der Fichten gegenüber weiteren biotischen oder abiotischen Schadeinflüssen fort. Fichten, die in keiner oder der Immissionschadzone III (überwiegend geringe Schäden) stocken, zeigen eine leicht gegenläufige Tendenz. Möglicherweise deutet diese Zunahme von Schäden außerhalb der „Klassischen Rauchschadgebiete“ auf eine Veränderung des Ursachenkomplexes hin.

Im Wuchsgebiet **Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland** (WG 25), das ebenfalls durch ein hohes Schadniveau gekennzeichnet ist, setzte sich der leichte Schadrückgang, der sich im Zeitraum 1991 bis 1997 abzeichnete, nicht fort. Der Anteil deutlich geschädigter Bäume stieg gegenüber 1997 um 8 Prozentpunkte an und beträgt jetzt 27 %.

Ebenfalls zugenommen haben die Schäden im **Vogtland** (WG 44). Allerdings ist hier das Ausgangsschadniveau wesentlich niedriger. Die Schadzunahme betrifft besonders die Fichte (vgl. Abb. 25 f). Der Anstieg der deutlichen Schäden von knapp unter 10 % (1997) auf 16 % (1998) dürfte im Zusammenhang mit den dort im Herbst/Winter 1997 an Fichte verstärkt aufgetretenen Nadelnekrosen und anschließendem Nadelverlust stehen. Es wird vermutet, dass die lang anhaltende Trockenheit im Sommer 1997 und eventuell erhöhte Ozonbelastungen diese Schäden verursacht haben.

Abb. 27: Nadelnekrosen an Fichte



Die Wuchsgebiete **Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge** (WG 46, 47, 48) liegen – ähnlich wie das Vogtland – im mittleren Schadbereich. 20 % der Bäume zeigen dort eine deutliche Kronenverlichtung. Im Zeitraum von 1991 bis 1998 stieg der durchschnittliche Nadel-/Blattverlust von 14,9 % auf 17,2 % an. In diesen Wuchsgebieten wurden Ende 1997 die gleichen Symptome an Fichte beobachtet wie im Vogtland. Der mittlere Nadelverlust der Fichte stieg daher auch hier steiler an als im Durchschnitt aller Bäume.

In den Wuchsgebieten **Westlausitzer Platte und Elbtalzone/Lausitzer Löss-Hügelland** (WG 27, 28) sind die deutlichen Schäden nach geringfügig-

gem Anstieg bis 1997 wieder auf das Ausgangsniveau von 1991 von 11 % zurückgegangen.

Kontinuierlich verbessert hat sich der Zustand des Waldes in den Wuchsgebieten **Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland** (WG 14, 15). Vor allem das Erscheinungsbild der dort mit 82 % vorherrschenden Kiefer war wesentlich günstiger als 1991 bzw. 1994 und damit ähnlich gut wie im Vorjahr. Der Anteil deutlicher Schäden für alle Baumarten verharrte dort bei 10 %.

Tab. 11: Schadstufenverteilung in den Wuchsgebieten (Angaben in %)

Wuchsgebiet	Baumart/Alter	Schadstufen		
		0	1	2-4
14* Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland				
15* Düben-Niederlausitzer Altmoränenland	alle	52	38	10
23* Sachsen-Anhaltinische Löss-Ebenen		keine Aussage möglich		
24* Leipziger Sandlöss-Ebene		keine Aussage möglich		
25* Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland	alle	31	42	27
26* Erzgebirgsvorland		keine Aussage möglich		
27 Westlausitzer Platte und Elbtalzone				
28 Lausitzer Löss-Hügelland	alle	56	33	11
46 Elbsandsteingebirge				
47 Oberlausitzer Bergland	alle	41	39	20
48 Zittauer Gebirge				
44* Vogtland	alle	50	34	16
45 Erzgebirge	Fichten	35	37	28
	bis 60 Jahre	59	27	14
	über 60 Jahre	14	45	41
	alle	35	37	28
	bis 60 Jahre	55	30	15
	über 60 Jahre	14	45	41
Sachsen		44	37	19

* Wuchsgebiet erstreckt sich über mehrere Bundesländer; hier sächsischer Teil

Schadgebiet 1995/96

Kronenzustand

Im Winter 1995/96 kam es infolge überdurchschnittlich hoher Schadstoffkonzentrationen zu akuten Schädigungen vorrangig in Fichtenbeständen. Ab März 1996 zeigten sich die ersten Schadsymptome zunächst in Form rotgefärbter, nekrotischer Nadeln, die im Lauf der Vegetationsperiode abgeworfen wurden. Diese Symptome wurden auf 50 000 ha in den Mittelgebirgslagen zwischen Fichtelberg und Zittauer Gebirge beobachtet. 10 000 ha Fichtenbestände wurden dabei stark geschädigt, 3 000 ha sind nahezu abgestorben.

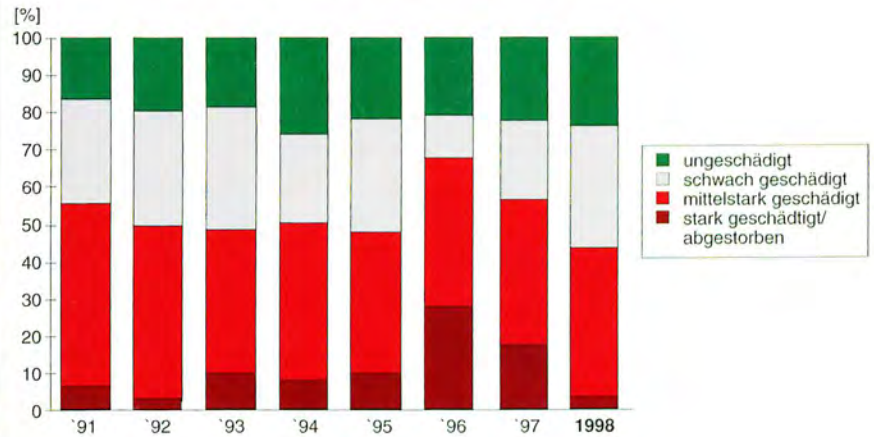
Für das in der Karte (vgl. Abb. 33) dargestellte Schwerpunktgebiet der Schäden wird nachfolgend eine Sonderauswertung der Waldschadensdaten durchgeführt. Das Schadgebiet gehört größtenteils zum „Klassischen Rauchschadgebiet“ des Erzgebirges und war somit schon durch eine hohe Vorschä-

Abb. 28 a, b, c:

Schadsymptome an Fichten im Schadgebiet des Winters 1995/96 sowie Beginn einer Regeneration



Abb. 29: Veränderung der Schadstufenverteilung im Schadgebiet von 1991 bis 1998



digung der Bestände gekennzeichnet. Bereits vor dem Schadereignis 1995/96 wurde in der untersuchten Region über die Jahre 1991 bis 1995 ein Anteil deutlich geschädigter Bäume ermittelt, der ca. **doppelt so hoch** lag wie der Befund von Gesamtsachsen (vgl. Abb. 29 und Abb. 30). Im Schadgebiet schwankt er in diesem Zeitraum von 37 % bis 44 %, während er in Gesamtsachsen Werte zwischen 17 und 27 % einnimmt.

Noch drastischer wird das Verhältnis, wenn man innerhalb der Gruppe deutlich geschädigter Bäume (Schadstufen 2–4)

die stark geschädigten (Schadstufe 3) und abgestorbenen (Schadstufe 4) betrachtet. Hier beträgt das Verhältnis 1 : 3.

Das Schadereignis im Winter 1995/96 hat diese Diskrepanz noch verstärkt. Nach dem Winter sind im Schadgebiet die deutlichen Schäden um 20 Prozentpunkte auf 59 % angestiegen. Dabei haben insbesondere die stark geschädigten und abgestorbenen Bäume zugenommen. Deren Anteil stieg von 8 % (1995) auf 21 % (1996). Zeitgleich nahm die Anzahl gesunder Bäume ab, zu denen fortan nur noch jeder 5. Baum im Schadgebiet zählte.



Seit 1997 zeichnet sich eine Verschiebung in der Schadstufenverteilung innerhalb der Schadstufen 1 bis 4 ab, wogegen der Anteil gesunder Bäume nahezu gleich bleibt. Kontinuierlich reduziert hat sich der Anteil stark geschädigter und abgestorbener Bäume, zugenommen der Anteil schwach geschädigter Bäume.

Die Darstellung der 5%-Häufigkeiten des Nadel-/Blattverlustes (vgl. Abb. 30) veranschaulicht nochmals die Veränderung der Schadintensität. Ab 10 % Nadel-/Blattverlust zeigt sich ab 1997 die schrittweise Annäherung an die Verteilungskurve von 1995. Die Mittelwerte der Nadel-/Blattverluste in den einzelnen Jahren betragen: 1995: 23,1 %, 1996: 37,5 %, 1997: 29,7 %, 1998: 24,6 %.

Im Schadgebiet ist die Fichte mit 77 % Anteil die dominierende Baumart. Der Verlauf des durchschnittlichen Nadelverlustes der Fichte über die Jahre 1991 bis 1998 (vgl. Abb. 31) veranschaulicht zunächst, dass die Fichte – trotz starker Prägung des Gesamtergebnisses – im Schadniveau stets über dem Befund aller Baumarten liegt. Insofern gelten die o. g. Ausführungen zur Schadentwicklung des gesamten Stichprobenkollektivs insbesondere für die Fichte. Die Abb. 31 verdeutlicht aber auch, dass die Fichten außerhalb des Schadgebietes zwischen 1994 und 1996 eine positive Entwicklung nahmen, die infolge des Schadereignisses im Winter 1995/96 im Ergebnis für Gesamtsachsen nivelliert wurde.

Bei chronischen Schäden besteht in der Regel eine „positive“ Korrelation zwischen dem Baumalter und der Schadintensität (vgl. S. 7). Das Schadereignis im Winter 1995/96 hat jedoch jüngere und ältere Bestände gleichermaßen destabilisiert (Abb. 32 und 33). Der mittlere Nadelverlust erhöhte sich von 1995 zu 1996 in älteren Fichtenbeständen von 33,4 % auf 48,9 % und in jüngeren Fichtenbeständen von 9,6 % auf 30,6 %.

Abb. 30: Häufigkeitsverteilung des Nadel-/Blattverlustes im Schadgebiet von 1995 bis 1998

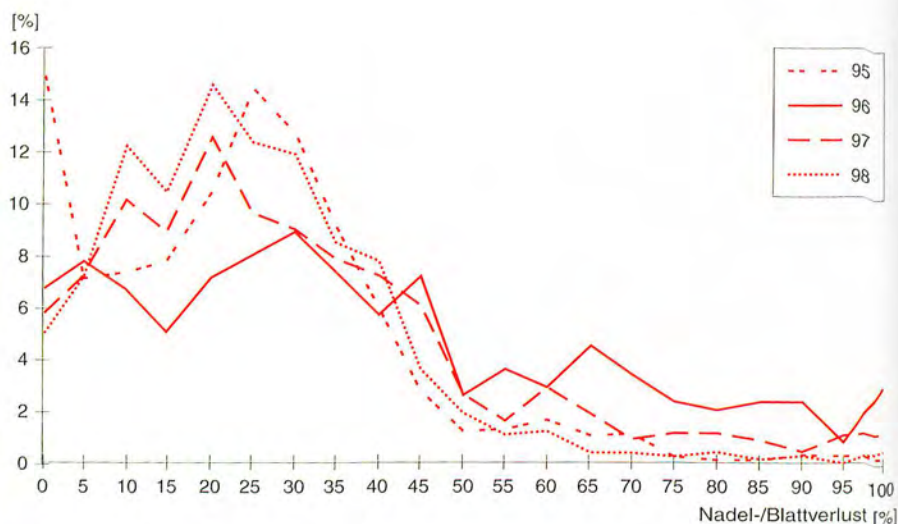


Abb. 31: Veränderung des mittleren Nadel-/Blattverlustprozentes im Schadgebiet von 1991 bis 1998

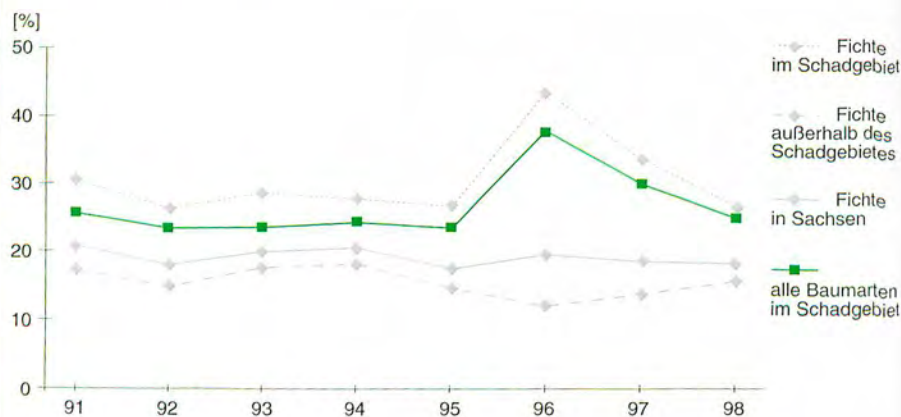


Abb. 32: Veränderung des mittleren Nadelverlustprozentes der Fichte von 1991 bis 1998 im Schadgebiet

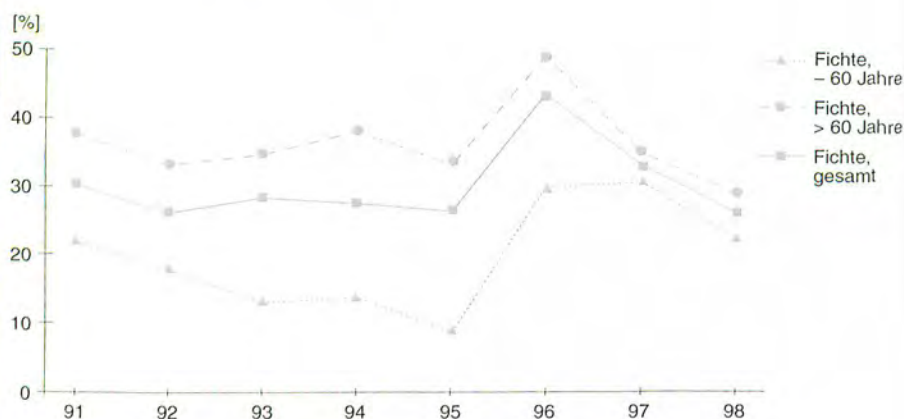
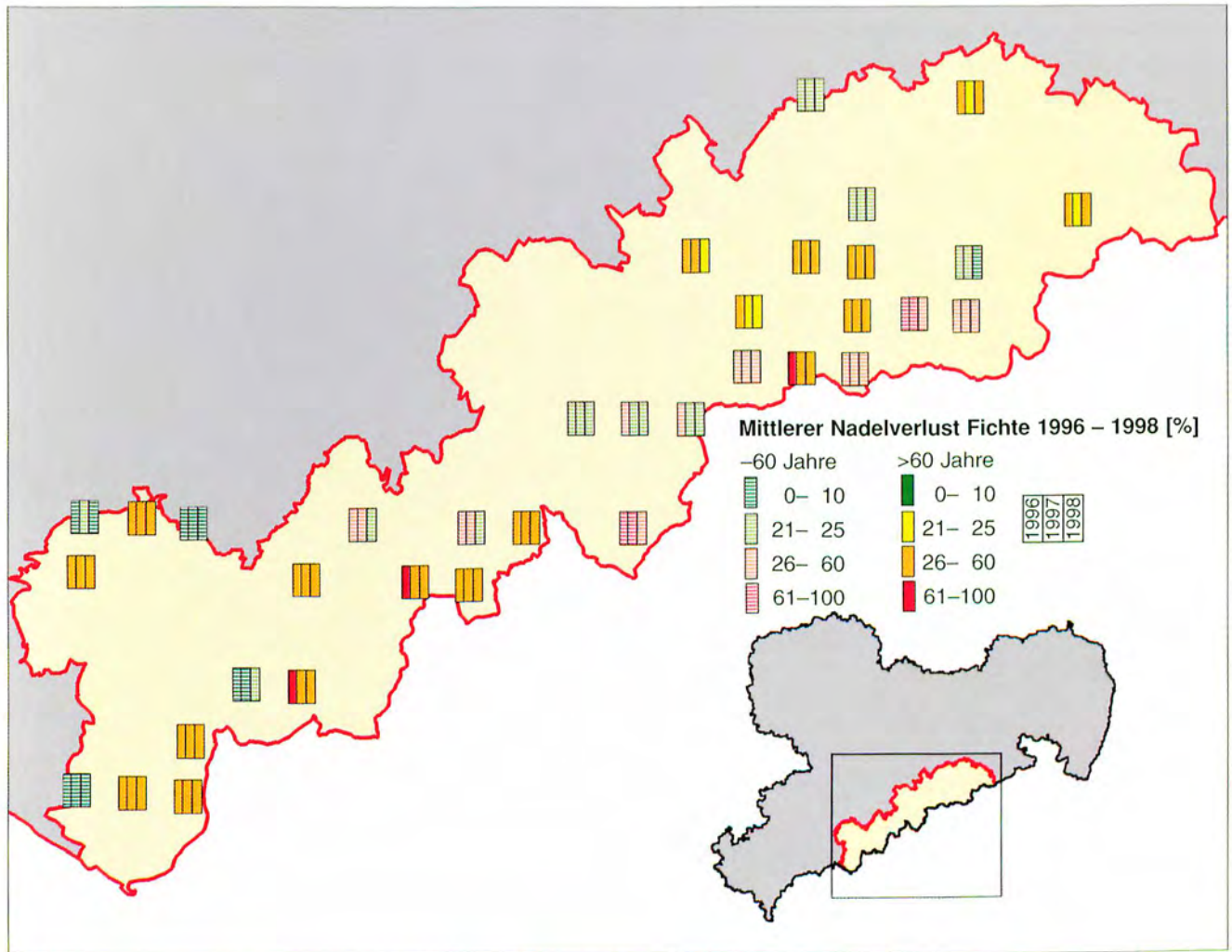


Abb. 33: Durchschnittlicher Nadelverlust der Fichte an den Stichprobenpunkten im Schadgebiet (Winter 1995/96) von 1996 bis 1998



Zwischen 1996 und 1997 vollzog sich eine Angleichung im Schadniveau beider Altersbereiche. Während sich bei den älteren Fichtenbeständen der mittlere Nadelverlust deutlich auf 35,0 % verringerte, stieg er bei den jüngeren geringfügig auf 31,2 % an.

Neben der Regeneration der Schäden wirkten sich die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen im Schadgebiet auf diese Entwicklung aus. Von den über 60-jährigen Fichten fielen 1996 12 % und 1997 13 % der Bäume aus. In den jüngeren Beständen wurden nur 1997 7 % der Bäume ersetzt. Im Vergleich dazu wurden außerhalb des Schadgebietes in diesem Zeitraum 1 % (1996) bzw. 3 % (1997) der älteren Bäume ersetzt. Die dabei deutlich werdenden Unter-

schiede in der Sanierungsstrategie zwischen jüngeren und älteren Beständen sind in erster Linie auf forstsanitäre Erfordernisse zurückzuführen. Insgesamt drücken die Daten die aktuelle Situation im Schadgebiet aus und sind damit Grundlage für die Beobachtung der weiteren Entwicklung.

Biotische Schäden

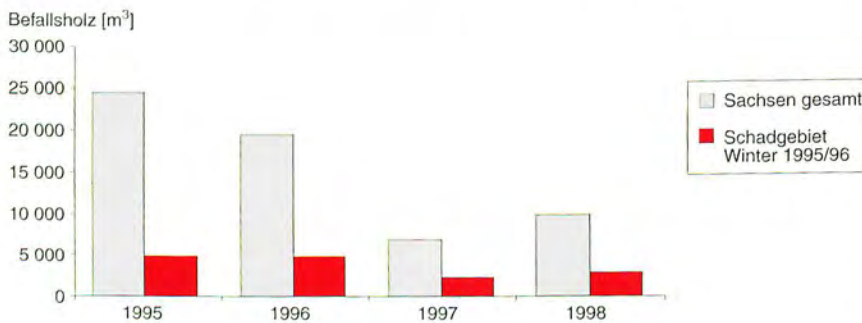
Die potenziell größte Gefährdung hinsichtlich möglicher Folgeschäden für die im Winter 1995/96 geschädigten Fichtenbestände ging vom Buchdrucker aus (vgl. Waldschadensbericht 1996, S. 66 ff.).

Tab. 12: Schadstufenverteilung im Schadgebiet 1995/96 (Angaben in %)

	Baumart/Alter	Schadstufen				
		0	1	2	3 und 4	2 bis 4
Schadgebiet	Fichte	21	37	39	3	42
	bis 60 Jahre	34	37	25	4	29
	über 60 Jahre	10	36	51	3	54
	alle Baumarten	24	38	36	2	38
	bis 60 Jahre	36	38	24	2	26
	über 60 Jahre	10	37	50	3	53
Sachsen	alle Baumarten	44	37	18	1	19

Positiv auf die weitere Entwicklung wirkte sich die relativ niedrige Käferdichte vor dem Schadereignis aus. Dies kam durch einen geringen Anfall von Befallsholz zum Ausdruck. Von der 1995 landesweit aufgetretenen Stehendbefallsmenge entfiel auf das spätere Schadgebiet ein Anteil von etwa 20 % (vgl. Abb. 34).

Abb. 34: Stehendbefall durch Buchdrucker von 1995 bis 1998 landesweit und innerhalb des Schadgebietes 1995/96 (Angabe für 1998 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter 1998/99 sichtbar)



Im Sommer nach dem Ereignis blieb die Menge befallenen Holzes konstant, obwohl landesweit eine vor allem witterungsbedingte Abnahme erfolgte. Dadurch stieg dieser Anteil auf ca. 25 %. Diese relative Zunahme setzte sich mit 33 % 1997 bis auf 36 % 1998 fort. Insgesamt deutet das auf eine forcierte Befallsentwicklung innerhalb des Schadgebietes hin.

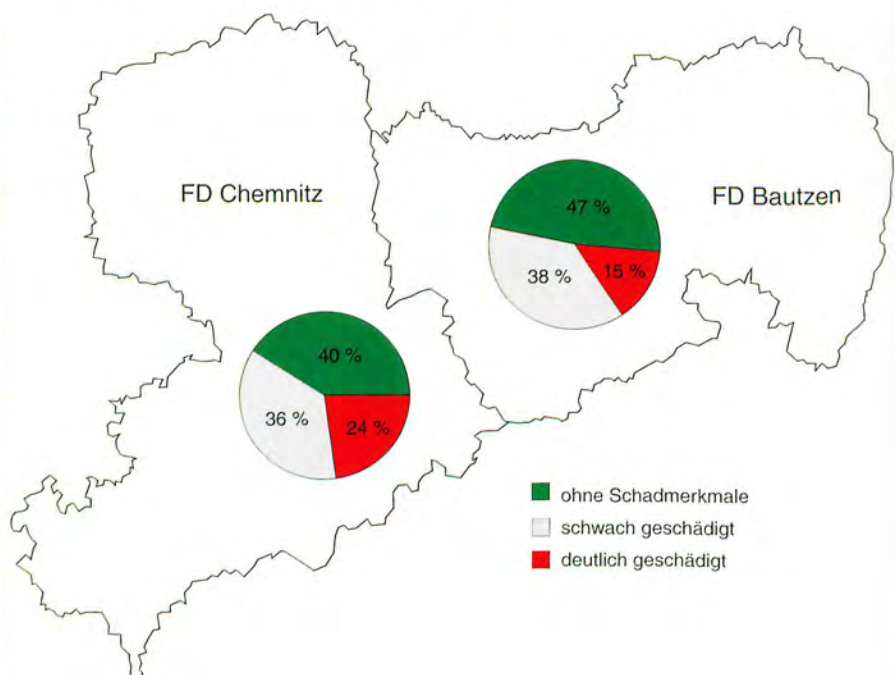
Aufgrund der für die Käferentwicklung ungünstigen Witterungsbedingungen im Anschluss an das Schadereignis und der von Anfang an konsequent durchgeführten Sanierungsmaßnahmen blieb die Käferentwicklung immer „unter Kontrolle“.

In stark aufgelichteten Einzelflächen traten in der Folgezeit Windwürfe und -brüche auf. Darüber liegen jedoch keine detaillierten Angaben vor. Großflächig kam es zu einer weiteren Vergrasung der Bestände. In zunächst unsanierten jüngeren Beständen traten keine Folgeschäden auf.

Die unmittelbar nach der Beräumung der stark geschädigten Flächen durchgeführten Aufforstungen waren und sind vielfältigen Schadeinflüssen ausgesetzt. Besonders deutlich wurde das anhand der 1997/98 aufgetretenen Schäden durch Mäusefraß (vgl. S. 8 ff.). Von den landesweit dadurch geschädigten Verjüngungsflächen auf 566 ha

entfielen 211 ha (37 %) auf das Schadgebiet. Besonders betroffen waren dabei die Buchen-Anbauten.

Abb. 35: Schadstufenverteilung in den Forstdirektionen



Forstdirektionen

Wie sich bereits bei vorangegangenen Aufnahmen herausstellte, ist der Zustand der Wälder in Ostsachsen (FD Bautzen) weniger kritisch einzuschätzen als in Westsachsen. Die Abb. 35 und Tab. 13 belegen dies.

Der Anteil deutlicher Schäden über alle Baumarten liegt 1998 in Westsachsen um 9 Prozentpunkte höher als in Ostsachsen. Während im Bereich der Forstdirektion Bautzen im Vergleich zum Vorjahr die deutlichen Schäden um 2 Prozentpunkte abgenommen haben, sind sie im Bereich der Forstdirektion Chemnitz in gleicher Größenordnung angestiegen, so dass sich das West-Ost-Gefälle 1998 noch verstärkt hat.

Die stärkeren Schäden betreffen sowohl die Fichte als auch die Kiefer. Bei der Fichte ist dieser Unterschied jedoch geringer ausgeprägt, da die Fichte ein stärkeres Schadgefälle von Süd nach Nord – auch im Zusammenhang mit der Höhenlage – besitzt. Im Vergleich zwischen den Forstdirektionen werden diese Unterschiede teilweise nivelliert.

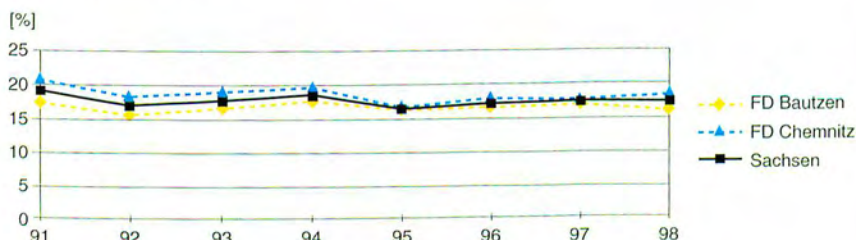
Tab. 13: Schadstufenverteilung in den Forstdirektionen (Angaben in %)

Forstdirektion	Baumart/Alter	Schadstufen		
		0	1	2-4
Bautzen	Fichte	37	40	23
	Kiefer	53	39	8
	Laubholz	37	40	23
	alle Baumarten	47	38	15
	bis 60 Jahre	62	30	8
	über 60 Jahre	26	50	24
Chemnitz	Fichte	41	34	25
	Kiefer	47	40	13
	Laubholz	27	41	32
	alle Baumarten	40	36	24
	bis 60 Jahre	60	29	11
	über 60 Jahre	18	44	38
Sachsen	alle Baumarten	44	37	19

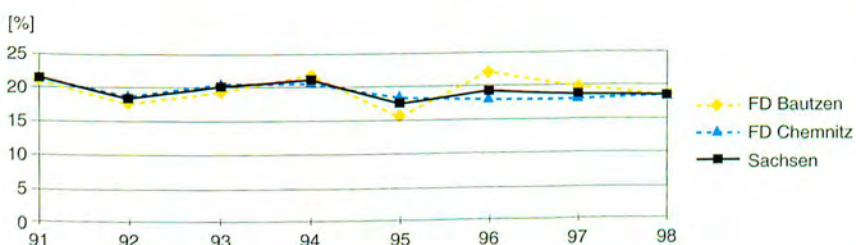
Beide Baumarten Fichte und Kiefer machen zusammen ca. 3/4 der Bestockung jeweils in beiden Forstdirektionen aus, allerdings dominiert in Westsachsen die Fichte mit 60 % und in Ostsachsen die Kiefer mit 48 %. Das höhere Schadniveau der Fichte gegenüber der Kiefer spiegelt sich somit zusätzlich im Gesamtergebnis für die Forstdirektionen wider.

Abb. 36 a-c : Veränderung des mittleren Nadel-/Blattverlustprozentes im Bereich der Forstdirektionen Bautzen und Chemnitz

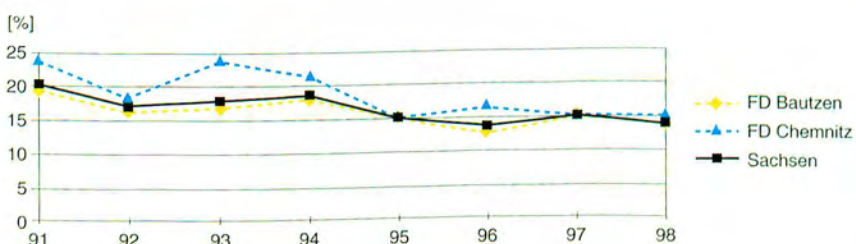
a: alle Baumarten



b: Fichte



c: Kiefer



Zusammenfassung

In Sachsen wurde 1998 zum 8. Mal die Waldschadenserhebung nach bundeseinheitlicher Methode durchgeführt. Im Vollstichprobennetz von 4 x 4 km wurden insgesamt 6 768 Bäume begutachtet.

Das Ergebnis der Erhebung weist **19 %** aller Bäume als **deutlich**, **37 %** als **leicht geschädigt** und 44 % als gesund aus. Damit ergibt sich im Gesamtergebnis die gleiche Schadstufenverteilung wie im Vorjahr.

Die Baumart **Fichte** bestimmt die Tendenz des Gesamtergebnisses wesentlich. Der Anteil deutlich geschädigter Fichten ist nahezu gleich bleibend hoch bei 24 %. Der Anteil leicht geschädigter Fichten hat sich erneut erhöht (um 6 Prozentpunkte), der Anteil gesunder Fichten dementsprechend verringert. Nennenswerte biotische Einflussfaktoren auf den Kronenzustand der Fichtenbestände traten nicht auf. Der Befall durch Borkenkäfer, speziell den Buchdrucker, nahm deutlich zu. Dieser Trend wurde vor allem durch Witterungsbedingungen ausgelöst.

Die deutlichen Schäden in der **Kiefer** sind mit 9 % ähnlich niedrig wie im Vorjahr. Damit hielt der Verbesserungstrend in der Kiefer an. In Kiefernbeständen kam es wiederum zu lokal eng begrenzten Schäden durch nadel-fressende Insekten. Rückläufig ist der Befall durch stamm- und rinden-brütende Insekten.

Weiterhin extrem hoch ist auch das Schadniveau der **Eiche** mit 54 % deutlichen und 33 % leichten Schäden. Nur jede 8. Eiche ist noch gesund. Gegenüber 1997 haben die deutlich geschädigten Eichen wieder zugenommen. Aufgrund des weiteren Rückganges der Fraßschäden an Eichen ist ihr Einfluss auf den Belaubungszustand dieser Baumarten im Jahr 1998 zu vernachlässigen.

Der Anteil deutlicher Schäden in der **Buche** ist 1998 wieder angestiegen. Das Erscheinungsbild der älteren Buchen wird vom Fruchtanhang geprägt.

Verschiedene **Laubbaumarten** weisen offensichtlich infolge nicht näher determinierter komplexer Ursachen gebietsweise nennenswerte Schäden auf.

Die Auswertung der Waldschäden in den **Wuchsgebieten** lässt erhebliche lokale Unterschiede erkennen. Im Erzgebirge sind auch 1998 die Waldschäden am stärksten. In den Wuchsgebieten Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland stellte sich vor allem das Erscheinungsbild der dort vorherrschenden Kiefer wesentlich günstiger dar.

Das Gebiet der **Winterschäden 1995/96** ist durch ein extrem hohes Schadniveau gekennzeichnet. Der Anteil stark geschädigter und abgestorbener Bäume lag bereits vor den Schadeinwirkungen im Winter 1995/96 dreimal so hoch wie im Landesdurchschnitt und hat sich 1996 nochmals verdreifacht. Seit 1997 zeichnet sich eine leichte Entspannung der Situation ab.

Rahmenbedingungen für den Waldzustand

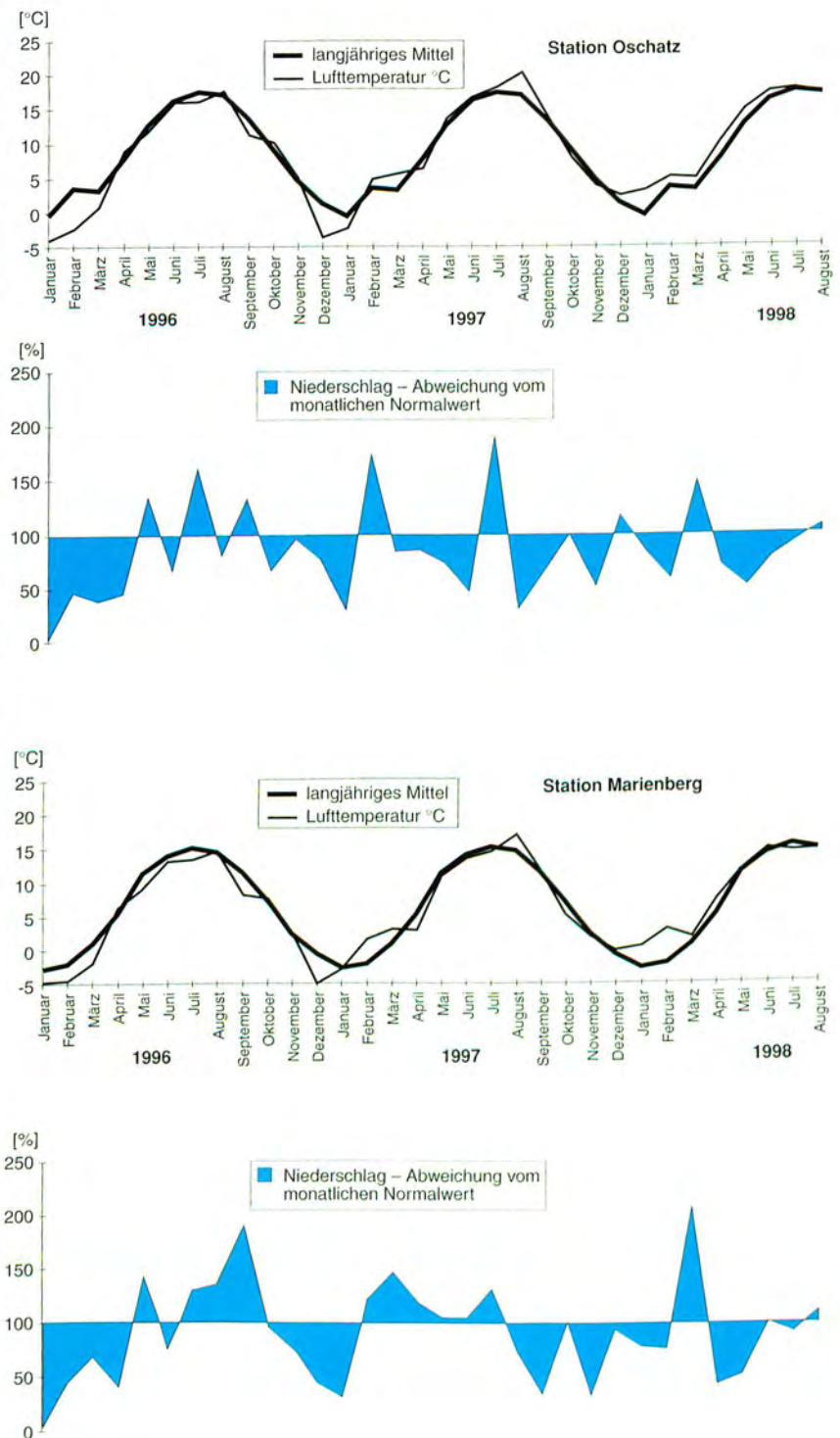
Witterung

Die ökophysiologische Aktivität (Assimilation und Respiration im Waldökosystem) von Waldbäumen wird im Wesentlichen von der Witterung gesteuert. Von entscheidender Bedeutung sind dabei u. a. Temperatur, Niederschlag (standortabhängige Bodenfeuchte) und photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) in ihrer jahreszeitlichen Dynamik. So leiten z. B. die Temperatur und die Tageslänge im Frühjahr den Beginn der Vegetationsperiode ein, die Tageslänge und Frühfröste im Herbst beenden sie.

Sowohl die Luft- und Bodenfeuchtigkeit als auch die Temperatur und die PAR-Strahlung regulieren die Transpiration und damit die Wasser- und Nährstoffaufnahme sowie die mögliche Stoffproduktion. Die PAR-Strahlung liefert zudem die nötige Energie für die Photosynthese. Neben den angesprochenen direkten Wirkungen dieser Umweltfaktoren nimmt die Witterung auch indirekt Einfluss auf das Pflanzenwachstum (z. B. Steuerung der Ozonkonzentration in der Atmosphäre, Entwicklungsbedingungen für Schadinsekten etc.).

Bäume besitzen wie alle anderen Pflanzen einen mehr oder weniger großen Toleranzbereich, d. h. sie ertragen Schwankungen von Umwelteinflüssen in einem gewissen Rahmen. Wachsen sie am natürlichen (geeigneten) Standort, so werden diese Schwankungen in der Regel ohne irreversible Schäden überstanden. Waldbestände, die in der Baumartenzusammensetzung nicht den natürlichen Bedingungen entsprechen (z. B. Fichtenreinbestände auf wechselfeuchten Standorten) oder die extremen Umwelt-

Abb. 37 a–d (von oben nach unten): Oschatz/Marienberg



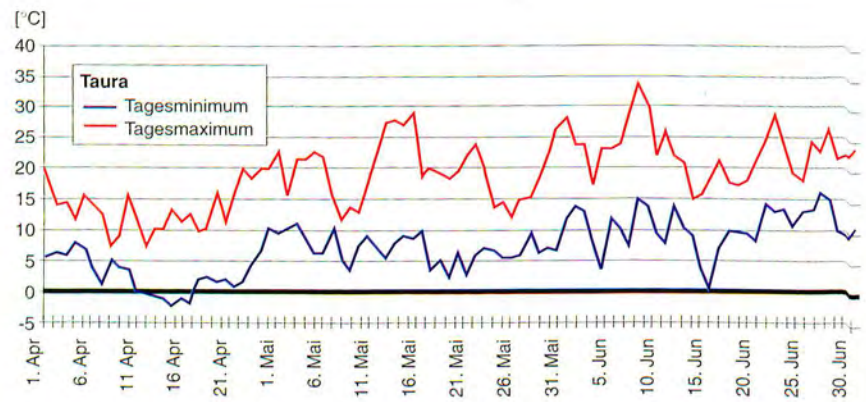
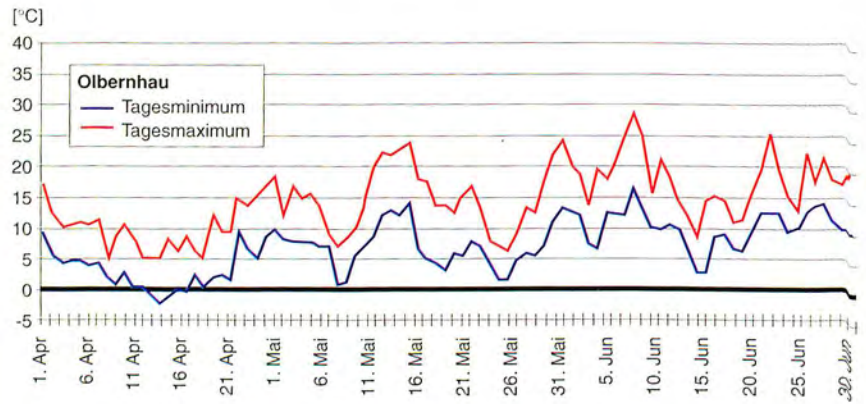
veränderungen unterworfen sind (z. B. Immissionen), reagieren besonders drastisch auf Witterungsextreme.

Die in Abb. 37 a–d dargestellten Daten der Wetterstationen Oschatz und Marienberg charakterisieren den Witterungsverlauf der Jahre 1996 bis 1998. Sie befinden sich in den Wuchsgebieten Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland (Oschatz, 150 m NN) und Erzgebirge (Marienberg, 639 m NN). Damit repräsentieren sie zwei wichtige Waldregionen Sachsens. Die langjährige Jahresmitteltemperatur beträgt in Oschatz 8,7 °C, die langjährige Niederschlagssumme 575 mm. Für Marienberg sind es 6,2 °C und 896 mm.

Da der Wald auch die Witterung in seiner Umgebung beeinflusst, sich in seinem Inneren ein eigenes Klima ausbildet und sich die Witterung auf Waldökosysteme spezifisch auswirkt (z. B. Bodenfeuchte), werden die Wetterdaten von Oschatz und Marienberg durch Messungen der Waldklimastationen, die von der LAF betrieben werden, ergänzt. Zwei der Waldklimastationen befinden sich unweit der meteorologischen Messstellen im Forstamt Doberschütz (vergleichbar mit Oschatz) und im Forstamt Olbernhau (vergleichbar mit Marienberg). Zur besseren räumlichen Differenzierung werden weiterhin Daten aus den Waldklimastationen Klingenthal (Westerzgebirge) und Hoyerswerda (Lausitz) herangezogen.

Mit Werten von 2–5 °C über den langjährigen Mittelwerten waren vor allem der Januar und Februar 1998 deutlich zu warm. Zudem ergab sich für diesen Zeitraum ein Niederschlagsdefizit. Im gesamten Winter 1997/98 konnten keine nennenswerten Bodenfrostperioden registriert werden. Möglicherweise begünstigte dieser warm-trockene Winter die Gradation verschiedener Mäusepopulationen, die in Waldverjüngungen wiederum zu beträchtlichen Schäden führte.

Abb. 38 a, b (von oben nach unten): Tagesextreme der Lufttemperatur im Frühjahr 1998 in den Stationen Olbernhau und Taura



Die mild-trockene Januar/Februarperiode wurde von einer feuchten Witterung mit Temperaturen, die dem langjährigen Mittel entsprechen, im März bis Mitte April abgelöst.

Danach entwickelte sich bis in den Juni hinein ein warm-trockener Abschnitt, der zu erheblichen Trockenstressbelastungen insbesondere für Wälder auf Sandstandorten des Tieflandbereiches geführt hat. In dieser Zeit gab es zwar auch im Mittelgebirgsraum Niederschlagsdefizite, die jedoch nicht zu besonderen Bodenwasserdefiziten geführt haben. Spätfröste, die in den vergangenen Jahren erhebliche Schäden an Waldverjüngungen verursacht haben, blieben 1998 fast vollständig aus.

Die Grafiken der Lufttemperatur für einen Mittelgebirgs- (Olbernhau) und einen Tieflandsstandort (Taura) sind typisch für alle Messstandorte und zei-

gen den Temperaturverlauf für den spätfrostgefährdeten Zeitraum von April bis Juni 1998.

Es kam auf den Tieflandsstandorten schon in der ersten Maidekade, landesweit in der letzten Mai- bzw. ersten Junidekade zu ersten Sommertagen (Maximum der Lufttemperatur über 25 °C). In Verbindung mit einer hohen Intensität der Sonneneinstrahlung stieg auch die Ozonkonzentration gebietsweise deutlich an. In Waldbeständen, in denen die Verjüngung erheblicher Strahlungsintensität ausgesetzt war, wurden – wie schon 1997 – in dieser Witterungsperiode (Juni) Nekroseschäden an den frisch ausgetriebenen Blättern von Laubbaumverjüngungen beobachtet.

Die **Bodenfeuchteverhältnisse** in den sächsischen Wäldern werden anhand der Daten für die Bodensaugspannung in 30 cm Tiefe an typischen Waldklima-

Abb. 39: Bodenwasserdynamiken/Niederschläge während des Frühjahrs 1998 für den Tieflands-Sandstandort Doberschütz (Nordwestsachsen)

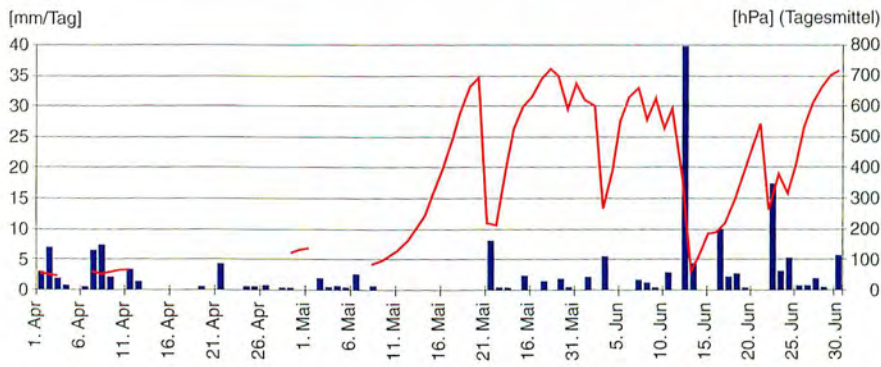
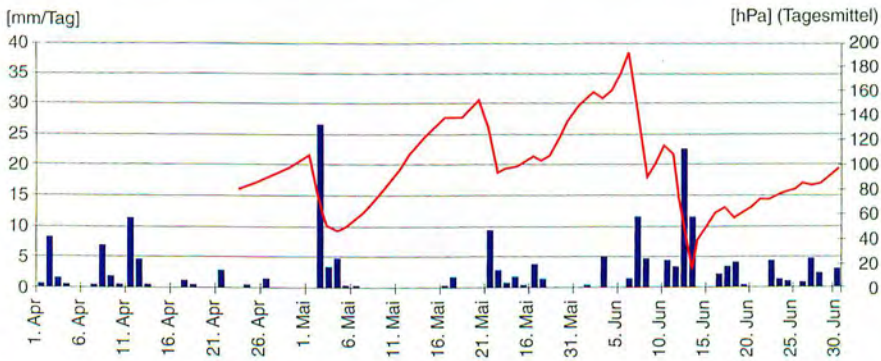


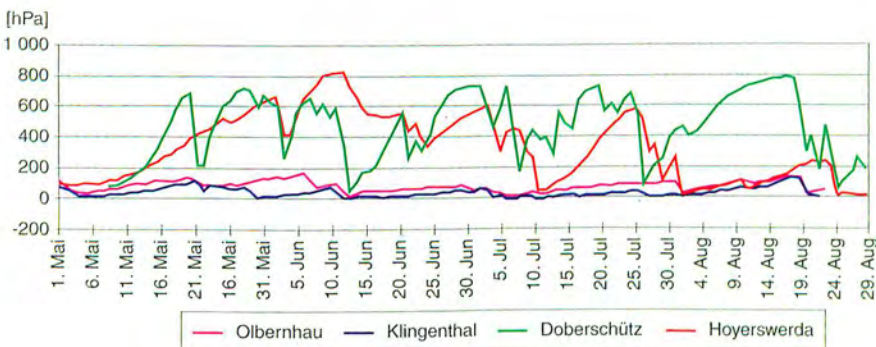
Abb. 40: Bodenwasserdynamiken/Niederschläge während des Frühjahrs 1998 für den Mittelgebirgsstandort Olbernhau (Mittleres Erzgebirge)



stationen dargestellt. Die Saugspannung gibt an, wie fest das Bodenwasser im Boden gebunden ist. Bei Bodensaugspannungen oberhalb etwa 400–500 hPa kommt es, je nach Bodensubstrat und Witterungsbedingungen zu Wasserstress für die Bäume, da Bodenwasser nicht schnell genug pflanzenverfügbar ist.

Dieser Stress verschärft sich mit steigenden Saugspannungs-Werten. Wegen der Übersichtlichkeit werden nur Tensiometerwerte dargestellt, obwohl deren Messbereich begrenzt ist. In ausgeprägten Trockenperioden liegen die realen Saugspannungen noch weit über den hier dargestellten 800 hPa.

Abb. 41: Jahresverlauf 1998 der Bodensaugspannungen in 30 cm Tiefe (Tagesmittelwerte) für typische Standorte Sachsens. Mittelgebirge: Olbernhau (Mittleres Erzgebirge), Klingenthal (Westerzgebirge) Tiefland (Sand): Doberschütz (Nordwestsachsen), Hoyerswerda (Lausitz)



Die Abb. 39 und 40 zeigen den Verlauf der **Bodensaugspannungen im Frühjahr 1998** für einen typischen Sandstandort des Tieflandes (Doberschütz-Nordwestsachsen) und einen typischen Mittelgebirgsstandort (Olbernhau – Mittleres Erzgebirge). Während die Mittelgebirgsstandorte trotz Niederschlagsdefiziten noch günstige Bodenwasserverhältnisse besitzen, tritt auf den Sandstandorten ab Anfang Mai erheblicher Bodenwasserstress auf, der im Juni vorübergehend durch Niederschlagsereignisse entspannt wird. Ab der 2. Junihälfte verschärft sich die Trockenheit auf den Sandstandorten des Tieflandes wieder erheblich.

Um eine bessere regionale Untersetzung der **Bodenfeuchtedynamiken** in sächsischen Wäldern zu erreichen, werden für die Darstellung der **gesamten Vegetationsperiode 1998** in der Abb. 41 zwei weitere Standorte (Lausitz/Westerzgebirge) hinzugezogen.

Vom Niveau eines hohen Bodenwasserstresses Ende Juni/Anfang Juli entspannt sich die Lage für die Sandstandorte des Tieflandes kurzzeitig durch Niederschlagsereignisse in der 1. Julihälfte. In der 2. Julihälfte verschärft sich die Situation sofort wieder. Nach kurzzeitigen Niederschlägen Ende Juli/Anfang August bleibt der August nahezu niederschlagsfrei und es kommt erneut zu erheblichem Bodenwasserstress auf den Tieflands-Sandstandorten.

Die bis August aufgelaufenen Niederschlagsdefizite führen zu einer extremen Austrocknung des Unterbodens (bis ca. 1 m Tiefe).

Als Vergleich zum Verlauf der Bodenfeuchtedynamiken sollen die Wochensummen der Niederschläge für die Vegetationsperiode 1998 dargestellt werden. Diese zeigen sehr gut die Unterschiede zwischen den Regionen und im Vergleich mit den Grafiken der Bodenfeuchtedynamiken die Auswirkungen der Niederschlagsverhältnisse auf die Bodenfeuchte.

Der auf den Sandstandorten des Tieflandes für die Vegetationsperiode insgesamt früh einsetzende, starke und lang anhaltende Trockenstress hatte erhebliche Auswirkungen gerade auf Laubbaumverjüngungen dieser Gebiete. Die Trockenstresserscheinungen waren 1998 – im Gegensatz zu einer Konzentration im nordwestsächsischen Raum in den vergangenen Jahren – über alle Wuchsgebiete der betreffenden Tieflandsbereiche ausgeprägt.

Die Phase geringer Bodenwassergehalte wurde nachhaltig erst in der 1. Septemberhälfte durch umfangreiche Niederschlagsereignisse beendet.

Die Mittelgebirgsstandorte, die i. d. R. höhere Wasserspeicherkapazitäten aufweisen (z. B. Lösssubstrate), waren offenbar über die gesamte Vegetationsperiode – bis auf eine gebietsweise zu verzeichnende Austrocknung des Unterbodens – ausreichend wasserversorgt.

Am späten Vormittag des 22.06.98 raste innerhalb kurzer Zeit eine **Großtrombe** über das östliche Vogtland. Dabei traten, nach einer groben Abschätzung, maximale Windgeschwindigkeiten in einer Größenordnung von mindestens 40 m/sec (140–150 km/h) auf (mündl. Information des DWD Dresden). Beginnend in der Nähe von Neustadt entstand dadurch auf einer Breite von 100 bis maximal etwa 300 m eine etwa 20 km lange, nahezu gerade Schneise über Falkenstein, Jägersgrün, Morgenröthe, Carlsfeld, Weitersglashütte bis Jugel in der Nähe der Grenze zu Tschechien (vgl. Abb. 43 a). Glücklicherweise waren fast ausschließlich unbewohnte Waldgebiete davon betroffen. Durch die enorme Energie ist ein Großteil der Bäume offensichtlich sofort gebrochen. In Abhängigkeit von den Standortverhältnissen und der Einzelbaumexposition wurden die übrigen Bäume geworfen (vgl. Abb. 43 b). Insgesamt fielen etwa 60 Tm³ Wurf- und Bruchholz an, das größtenteils bereits beräumt wurde.

Abb. 42: Wochensummen der Niederschläge für typische Standorte Sachsens Mittelgebirge: Olbernhau (Mittleres Erzgebirge), Klingenthal (Westerzgebirge) Tiefland (Sand): Doberschütz (Nordwestsachsen), Hoyerswerda (Lausitz)

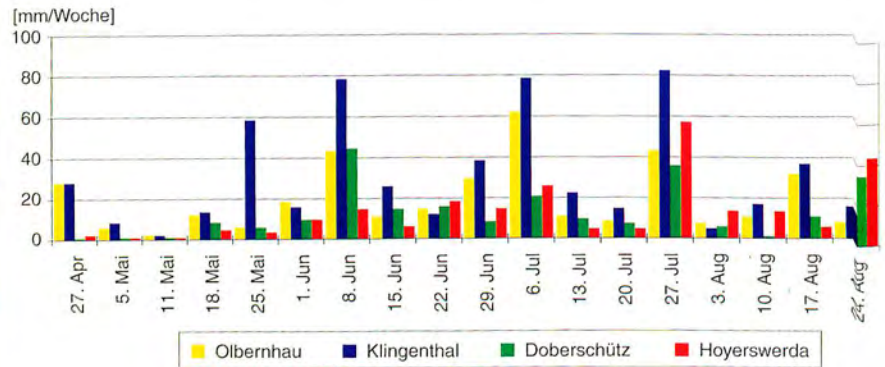


Abb. 43 a: Durch die Großtrombe verursachte Schneise im Bereich des SöFoA Klingenthal



Abb. 43 b: Wurf- und Bruchschäden durch die Großtrombe vom 22.06.1998



Immissionen

Schwefeldioxid (SO₂)

Schwefeldioxid entsteht hauptsächlich bei der Verbrennung fossiler Energieträger (z. B. Braunkohle und Öl) durch Oxidation des darin enthaltenen Schwefels und ist Vorläufersubstanz für den sauren Sulfateintrag in Waldökosysteme. An der SO₂-Emission in Sachsen haben Industrie und Gewerbe einen Anteil von 75 %, der Anteil des Verkehrs beträgt 2 % (Bericht des LfUG zur Emissionssituation in Sachsen 1997, Datenstand 1994). SO₂ kann aufgrund einer hohen Verweildauer in der Atmosphäre von bis zu 2 Tagen über weite Entfernungen (bis zu 500 km) transportiert und großflächig verbreitet werden.

Die direkte Schädigung von SO₂ auf Pflanzen ist bereits seit 1850 bekannt, deren Symptome als „Klassische Rauchschäden“ beschrieben werden. Schwefeldioxid schädigt vor allem die Funktion des Spaltöffnungsapparates, beeinträchtigt das Feinwurzelwachstum und wirkt als Stoffwechselgift. In der Folge kommt es zu einem gestörten Wasser- und Nährstoffhaushalt der

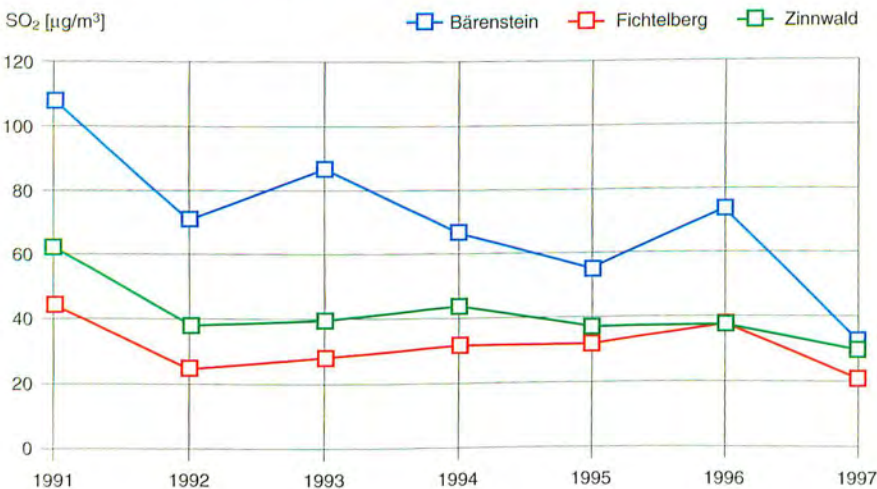
Pflanzen, zu verminderter Frosthärte sowie erhöhter Anfälligkeit gegenüber Schadinsekten (z. B. Borkenkäfer). Entscheidend für eine SO₂-Schädigung ist das Zusammenwirken von Konzentration und Einwirkungsdauer, wobei diese Faktoren wiederum wesentlich von der Höhe der Emission, der Windgeschwindigkeit und Windrichtung, der Turbulenz und dem Abstand vom Emittenten abhängen. Da die Verbrennungsprozesse hauptsächlich während der Heizperiode im Winter stattfinden, zeigen die SO₂-Immissionen eine deutliche jahreszeitliche Dynamik. Erhöhte winterliche SO₂-Konzentrationen führen in Verbindung mit speziellen meteorologischen Bedingungen (austauscharme Wetterlagen) zum charakteristischen „Wintersmog“.

Die Schadgebiete mit Symptomen „Klassischer Rauchschäden“ sind in Sachsen hauptsächlich die Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges. Seit der Mitte dieses Jahrhunderts führten dort SO₂-Immissionen zum Absterben ganzer Waldbestände. Während noch in den 80er Jahren häufig SO₂-Jahresmittelkonzentrationen im Bereich von

80 µg/m³ gemessen wurden, zeichnet sich seit 1992 landesweit ein kontinuierlicher Rückgang der SO₂-Konzentrationen ab. Sie liegen aber immer noch über dem von der UN/ECE zum Schutz empfindlicher Ökosysteme (Wald, natürliche Vegetation) festgelegten kritischen Konzentrationswert (critical level) von 20 µg/m³ (Jahres- und Winterhalbjahres-Mittelwert, vgl. Abb. 44). Die Immissionsbelastung im Erzgebirge wird stark von der Windrichtung geprägt. So kam es in Verbindung mit lang anhaltenden südöstlichen Winden während des Winters 1995/96 erneut zu einem großflächigen Waldsterben im Mittleren und Östlichen Erzgebirge.

Zwar sind in den letzten Jahren vor allem wegen der Rauchgasentschwefelung der Großfeuerungsanlagen und des Einsatzes von umweltfreundlichen Brennstoffen die SO₂-Konzentrationen der Luft deutlich zurückgegangen und lagen 1997 im Jahresmittel im mittleren und östlichen Erzgebirge bei 30 µg/m³. Die Belastungen der Waldökosysteme durch aktuelle Schwefel- und Säureeinträge und auch durch die Auswirkungen der sehr umfangreichen Schwefeleinträge aus der Vergangenheit sind aber weiterhin hoch.

Abb. 44: Jahresmittelwerte SO₂-Konzentration der Luft an ausgewählten Messstationen im sächsischen Mittelgebirgsraum (Datenquelle: LfUG)

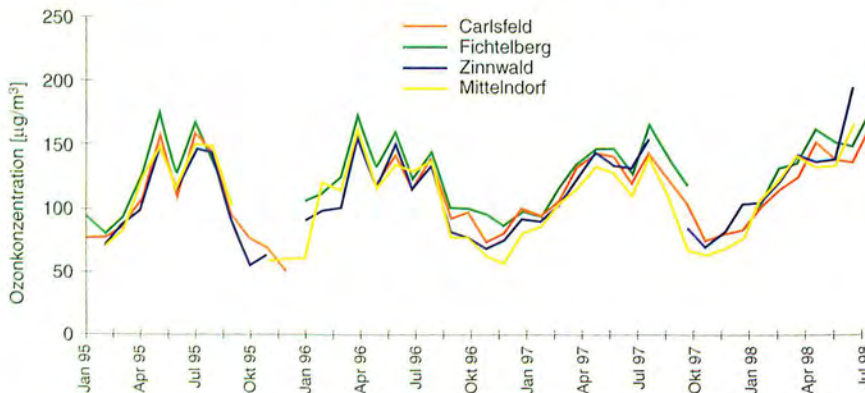


Ozon (O₃)

Bodennahes Ozon besitzt eine Schlüsselrolle im Ursachenkomplex der „Neuartigen Waldschäden“. Es ist ein gasförmiger Stoff, der photochemisch aus Stickoxiden und Sauerstoff bei starker Sonneneinstrahlung entsteht, wobei flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC) diesen Prozess beschleunigen können. Die Vorläufersubstanzen entstammen neben der Industrie besonders den Hochtemperatur-

verbrennungen aus Kraftfahrzeug- und Flugverkehr. Die aus den besiedelten Gebieten über größere Entfernungen angeströmten stickoxidhaltigen Abgase können in den bewaldeten Mittelgebirgsregionen unter dem Einfluss der dort intensiveren UV-Strahlung sehr effektiv zu Ozon umgesetzt werden. Demgegenüber ist die Rückreaktion des Ozons in diesen Mittelgebirgslagen gegenüber den Ballungszentren verhältnismäßig schwach, so dass in den betreffenden Wäldern höhere Ozonkonzentrationen als in den Städten gemessen werden. In Abhängigkeit von der Strahlungsintensität unterliegt auch Ozon einem typischen Jahresgang mit Maximalwerten in den Sommermonaten (vgl. Abb. 45). Es ist ein wesentlicher Bestandteil des sogenannten „Sommersmogs“. Die Konzentrationen erreichten auch im Sommer 1998 wiederum ein sehr hohes Niveau.

Abb. 45: 98-%-Perzentile der Ozonkonzentration/Monat Januar 1995 bis Juli 1998, Messstationen Carlsfeld, Fichtelberg, Zinnwald und Mittelndorf des LfUG



Ozon gelangt über die Spaltöffnungen in die Blätter und bewirkt in den Pflanzen einen geänderten Stoffwechselstatus. Die dadurch ausgelösten Wachstumshemmungen und sichtbaren Symptome werden in der Regel aber nicht direkt durch Ozon verursacht, sondern treten in Verbindung mit einem zweiten Stressor (z. B. Pathogene wie Rotfäulepilze oder Witterungsextreme) auf. Auffällig ist ferner der an Kiefer und Fichte festgestellte „Memory-Effekt“, wonach es nach einer Ozonbelastung erst mit einjähriger Verzögerung

zu sichtbaren Symptomen und einem Einbruch der Photosyntheseleistung der Bäume kommt.

Grenzwerte hinsichtlich einer Ozonschädigung existieren in Verbindung mit dem „critical load“-Konzept, das sich auf die Dosis – also die kumulative Wirkung einer Schadstoffkonzentration über die Zeit – bezieht, und nicht allein die Konzentration berücksichtigt. Als aktueller Index gilt der AOT40-Wert. Während des Sommerhalbjahres wird dazu in der Zeit zwischen 6 bis 18 Uhr MEZ die den Basiswert von 40 ppb (= 80 µg/m³) überschreitende Ozonkonzentration stündlich aufsummiert. Dieser Wert wird anhand des critical levels für Waldökosysteme von 10 000 ppb x h beurteilt. Dabei geht man davon aus, dass die Pflanze kurzzeitige niedrige Ozonbelastungen entgiften kann und

erst längerfristige Konzentrationen über 80 µg/m³ zu Schadreaktionen führen können. Aktuelle statistische Auswertungen aus dem Kanton Tessin (Schweiz) zeigen, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Ozonbelastung (AOT40) und dem Nadel-/Blattverlust der Bäume besteht. Alle untersuchten Nadel- und Laubhölzer (Ausnahme: Kastanie) verzeichneten mit zunehmender Ozonbelastung einen Anstieg der Nadel- und Blattverluste. Außerdem wurden an der bekanntermaßen ozonempfindlichen

Baumart *Prunus serotina* (spätblühende Traubenkirsche) die ozonspezifischen Schäden in Form der Punktierung der Blattoberflächen festgestellt. *Prunus serotina* wird deshalb als Indikatorpflanze für die Ozonbelastung bestimmter Gebiete vorgeschlagen.

Zur Zeit wird von der Sächsischen Landesanstalt für Forsten (LAF) geprüft, ob die bisher nicht erklärbaren Blattschäden an Buchenjungpflanzen in einigen Waldumbauflächen des Erzgebirges möglicherweise auf Ozonbelastungen zurückzuführen sind.

Stickstoff (N)

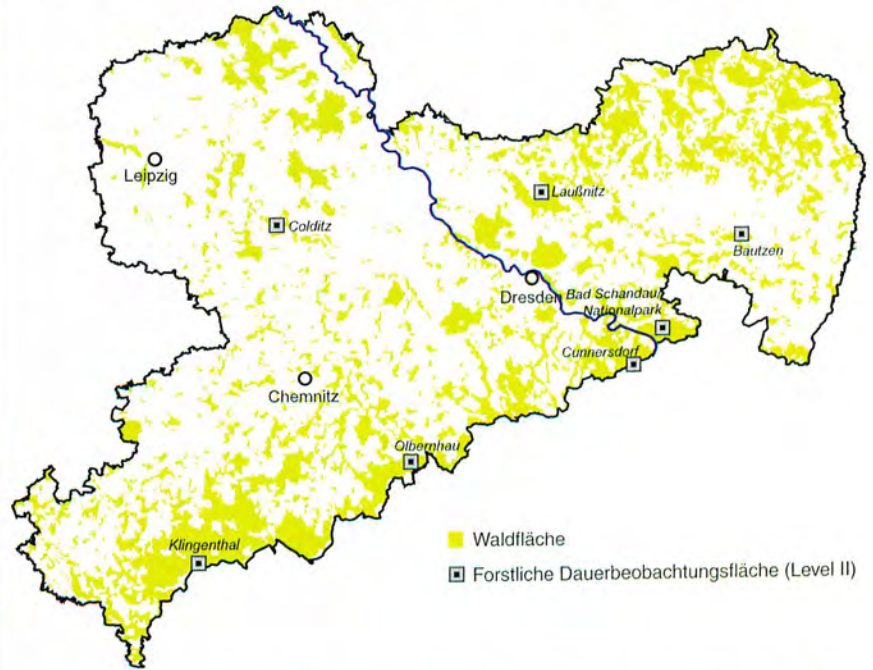
Stickstoff kann in Form von Stickoxiden (NO_x) oder als Ammoniumverbindung (NH_y) als Schadstoff relevant werden. Während die Stickoxide fast ausschließlich den Hochtemperaturverbrennungsvorgängen der Motoren entstammen (in Sachsen etwa 51 % aus dem Verkehr und 38 % aus Industrie und Gewerbe; Bericht des LfUG zur Emissionssituation in Sachsen 1997, Datenstand 1994) und eine wesentliche Vorläufersubstanz der Ozonbildung darstellen (s. o.), sind die Ammoniumverbindungen in der Luft zu etwa 80 % auf die NH_3 -Emissionen aus dem landwirtschaftlichen Bereich zurückzuführen (Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel und Tierhaltung mit Gülleausbringung; LfUG 1996). Das durch N-Verbindungen induzierte verstärkte Pflanzenwachstum kann Mangelerscheinungen an anderen wichtigen Pflanzennährstoffen hervorrufen, die direkt oder indirekt (z. B. durch Veränderung der Nahrungsqualität für nadel- und blattfressende Insekten) die Anfälligkeit gegenüber weiteren Stressfaktoren erhöhen. Zwar ist insgesamt seit 1991 ein Absinken der NO_x -Emissionen festzustellen, aber der Anteil der durch den Verkehr hervorgerufenen NO_x -Freisetzung steigt weiterhin an (LfUG, 1996).

Stoffeinträge

Nach 1989 hat eine **deutliche Veränderung der Emissions- und Immissionsverhältnisse** in den neuen Bundesländern stattgefunden. Als besonders auffällig wurde der regional starke Rückgang der Calciumgehalte im Niederschlag festgestellt. Demgegenüber stieg dessen Säuregrad (Protonenkonzentration) an. Dies erklärt sich zum großen Teil aus einer erfolgreichen Abluftfilterung, besonders der gröberkörnigen calciumhaltigen Emissionen, die bezüglich der Neutralisierung von Säurekomponenten in der Atmosphäre – im Gegensatz zu den verbliebenen Restemissionen im Aerosolgrößenbereich – sehr effektiv sind. Es wurde zudem nachgewiesen, dass vor allem der Nebelniederschlag – der in den Mittelgebirgslagen besonders im Winter sehr häufig und langfristig auftritt – extrem sauer ist.

Die momentanen **Reaktionen der Waldökosysteme auf diese veränderten Stoffeinträge** sind vielfältig und müssen **für die Stabilität der meisten Waldökosysteme Sachsens als ungünstig** eingeschätzt werden. Dies zeigen die Ergebnisse auf 6 Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level II) der Sächsischen Landesanstalt für Forsten (LAF). Eine weitere Untersuchungsfläche wurde im September 1998 in einem Buchenbestand des Sächsischen Forstamtes Bad Schandau (Nationalpark Sächsische Schweiz) in Betrieb genommen (vgl. Abb. 46 und 47, Tab. 14). In diesen Messflächen werden insbesondere die Stoffflüsse im Freiland- und Bestandesniederschlag (Kronentraufe) sowie die chemischen Parameter in der Bodenlösung und die Elementausträge mit dem Sickerwasser repräsentativ und kontinuierlich erfasst. Die Stationen sind seit 1994 in das Dauerbeobach-

Abb. 46: Verteilung der Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level II)



tungsflächenprogramm der Europäischen Union (EU) zur Erfassung der Ursache-Wirkungs-Beziehungen der Waldschäden (= Level II) integriert. Die Untersuchungen erfolgen nach einer international abgestimmten Methodik. Der hohe Qualitätsstandard der chemischen Analytik wird durch die Teilnahme des Labors der LAF an den regelmäßigen Ringvergleichen

aller am Programm beteiligten Labors garantiert. Die Erhebungen werden seitens der EU finanziell unterstützt und bilden zusammen mit der landesweiten periodischen Bodenzustandserhebung (BZE = Level I) zur Erfassung der chemisch-physikalischen Beschaffenheit der Forstböden ein Programm zur kontinuierlichen Umweltkontrolle in den sächsischen Waldökosystemen.

Abb. 47: Blick in die Forstliche Dauerbeobachtungsfläche Bad Schandau (Nationalpark Sächsische Schweiz)



Tab. 14: Kurzbeschreibung zu den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level II) in Sachsen

Ifd. Nr. EU-Nr.	Wuchsgebiet Wuchsbezirk-Nr.	Forstamt	Geologie	Höhe [m]	Bestand	Betrieb seit/ab
2001 041401	82 Erzgebirge 8201	Klingenthal	Eibenstocker Granit	840	Fichte	07.1993
2002 041402	82 Erzgebirge 8202	Olbernhau	Grauer Gneis	720	Fichte	10.1994
2003 041403	83 Elbsandsteingebirge 8302	Cunnersdorf	Quadersandstein mit Lösslehm	440	Fichte	07.1993
2004 041404	84 Oberlausitzer Bergland	Neukirch (ehemals Bautzen)	Lausitzer Granodiorit	440	Fichte	07.1995
2005 041405	68 Dübener-Nieder- lausitzer Bergland 6808	Laußnitz	Diluvialer Decksand	170	Kiefer	10.1994
2006 041406	72 Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland 7202	Colditz	Lösslehm	185	Eiche	07.1995
2007	83 Elbsandstein- Gebirge	Bad Schandau/ Nationalpark Sächsische Schweiz	Basalt und Quader- sandstein mit Lösslehm	260	Buche	09.1998

Der zunehmende Säureeintrag in Wald-
ökosysteme seit Beginn der Industriali-
sierung im letzten Jahrhundert hat auch
in Sachsen großflächig den Prozess
einer natürlichen Bodenversauerung
um Größenordnungen beschleunigt.
Die Hauptquellen dieses Säureeintrages
stellen die Schwefel- und Stickstoffver-
bindungen dar. **Da der gegenwärtige
Säureeintrag in den Wäldern bzw.
die Säurebelastung die natürliche
Pufferfähigkeit der sächsischen Wald-
standorte überschreitet, ist auch
weiterhin mit einem Fortschreiten
der Bodenversauerung zu rechnen.**

Bei den häufig bis in den Grundwas-
serkörper versauerten Böden kommt es
fortlaufend zum Verlust von Nährstoff-
vorräten mit dem Sickerwasser. Damit
geht ihre Neutralisierungskapazität
weiter zurück. Bei pH-Werten des Bo-
dens unter 5,0 und gleichzeitig weniger
als 15 % Basensättigung (= Anteil von
Ca+K+Mg+Na am gesamten verfüg-

Abb. 48: Freilandmessfläche mit meteorologischer Station (Messfeld Bad
Schandau, Nationalpark Sächsische Schweiz)



baren Elementvorrat des Mineralbo-
dens) steigt zudem die Gefahr von
Säuretoxizität für die Bodenorganismen
infolge der Freisetzung potenziell toxi-
scher Elemente (Aluminium, Schwer-
metalle) im Wurzelraum. Selbst bei
den relativ säuretoleranten einheimi-

schen Baumarten wie Buche, Eiche,
Tanne, Fichte und Kiefer kann es zu
Säurestress und einer weiteren **Ein-
schränkung der Nährstoffaufnahme**
kommen. Die Bäume reagieren mit
Wurzelschäden oder zeigen Blattver-
färbungen, die durch Magnesium-,

Kalium- und Spurennährstoffmangel bedingt sein können. Wegen des sauren Sickerwassers sind auch die **Untergrund- und Oberflächengewässer im Wald häufig versauert** und die Qualität des Rohwassers für die Trinkwassergewinnung ist entsprechend gefährdet. Der Aufwand für die Aufbereitung von Trinkwasser nimmt zu.

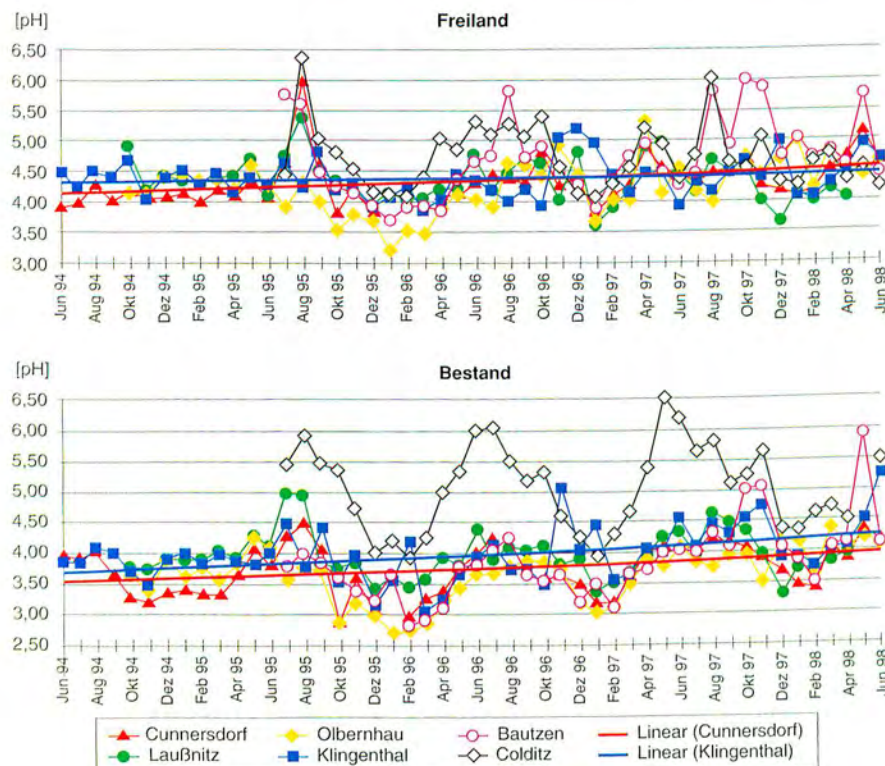
Zwischen den Stoffeinträgen auf freier Fläche (Freilandniederschlag = FN) und denen unter dem Kronendach am Waldboden (Bestandesniederschlag/ Kronentraufe = BN/KR) bestehen erhebliche Unterschiede. Das Kronendach wirkt wie ein Filter. Trockene gas- und staubförmige Luftinhaltsstoffe sowie im Regen oder Nebel gelöste Elemente werden an den Blattorganen zeitweilig angelagert, teilweise aufgenommen (besonders Stickstoff und Schwefeldioxid) bzw. chemisch umgewandelt und mit dem Bestandesniederschlag wieder abgewaschen. Zudem werden speziell Kalium, Calcium und Magnesium – besonders im Verlauf von Pufferpro-

zessen im Kronenraum – unterschiedlich stark aus den Nadeln und Blättern ausgewaschen. **Waldökosysteme sind deshalb im Vergleich zum Freiland deutlich stärker durch Schadstoffe belastet, wobei es erhebliche Unterschiede zwischen den Baumarten gibt.** So beträgt der Säureeintrag in den sächsischen Fichtenbeständen der mittleren und höheren Berglagen etwa das Drei- bis Fünffache des Freilands. In Laubwäldern sind die Unterschiede aufgrund fehlender Belaubung während der Wintermonate weniger ausgeprägt.

pH-Werte

Der Säuregrad nicht belasteter Niederschläge im Gleichgewicht mit dem CO₂-Partialdruck der Luft beträgt pH 5,6. Die pH-Werte im Niederschlag der Messstandorte liegen bedingt durch regional unterschiedliche Schadstoffgehalte meist erheblich tiefer (vgl. *Abb. 49 und 50*).

Abb. 49, 50: Entwicklung der monatlichen pH-Werte im Freiland- und Bestandesniederschlag der 6 Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level II)



Sowohl der Freiland- als auch der Bestandesniederschlag in einem Fichtenaltbestand des Mittleren Erzgebirges (SäFoA Olbernhau) sind beispielsweise überwiegend deutlich saurer als in einem Kiefernaltbestand der Laubnitzer Heide (SäFoA Laubnitz). Ursache sind die relativ hohen Konzentrationen von Schwefel- und Stickstoffverbindungen im Niederschlag, die stark von den speziellen meteorologisch/orographischen Bedingungen der Standorte beeinflusst werden. Beispielsweise bestimmen in den Hochlagen des Erzgebirges häufige und lang anhaltende Nebelereignisse entscheidend den Säuregrad des Niederschlages im Waldbestand.

Dementsprechend zeigen die Sulfat- und Nitratkonzentrationen im Bestandesniederschlag eine deutliche Jahresrhythmik: Die Werte unterhalb der Baumkronen können im Herbst und in den Wintermonaten auf das 3–10fache der übrigen Jahreszeit ansteigen. Dies steht häufig mit dem Antransport von mit den Schadgasen Schwefeldioxid und Stickoxiden hochangereicherten Luftmassen und den genannten Nebelperioden in Verbindung. Unter diesen Verhältnissen vervielfachen sich die Auskämrraten von Schadstoffen durch die Fichtenkronen und führen zu entsprechend hohen und lang anhaltenden Belastungen der Blattzellen und zu erheblichen Schadstofffrachten mit dem abtropfenden Niederschlag.

Drastische pH-Einbrüche bis zu 2,5 wie im Verlauf des Schadwinters 1995/96 wurden seitdem nicht wieder registriert. Die pH-Werte der Niederschläge zeigen vielmehr ansteigende Tendenz und verweisen auf allmählich zurückgehende Schadstoffbelastungen und Säurekonzentrationen. Zur Verdeutlichung dieser Entwicklung sind in den *Abb. 49, 50* die entsprechenden Trendlinien für die Flächen mit den längsten Untersuchungsreihen (Cunnersdorf und Klingenthal) dargestellt.

Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass in Sachsen die meteorologischen Bedingungen des Jahres 1997 erheblich durch wesentlich geringer mit Schadstoffen angereicherte atlantische Luftströmungen bestimmt wurden.

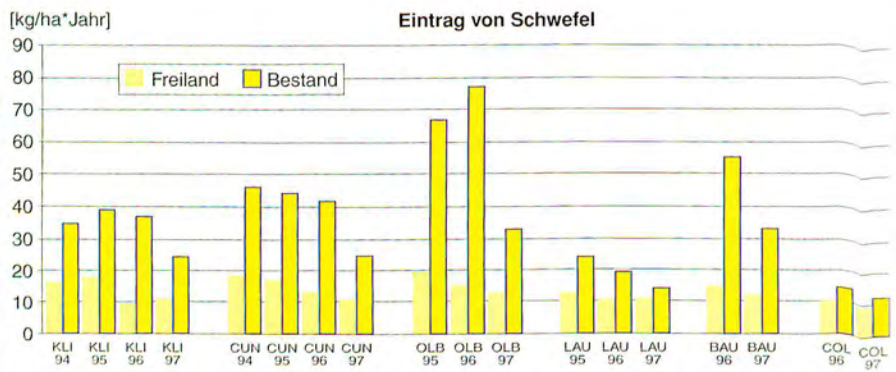
Elementeinträge

Auf sämtlichen Messflächen zeichnet sich – abweichend nur durch die Werte des Jahres 1996 für das Mittlere Erzgebirge (Messfeld Olbernhau) aufgrund der extremen Depositionsverhältnisse – eine Abnahme der Schwefeleinträge in die betreffenden Waldökosysteme ab. Das trifft besonders für den S-Eintrag im Bestand zu (vgl. Abb. 51). Im Jahr 1997 (hydrologisches Jahr 11/96 – 10/97) wurde an den bisher am höchsten belasteten Standorten des Messprogramms in Olbernhau und Cunnersdorf mit etwa 33 kg bzw. 25 kg Schwefel pro Hektar ein gegenüber den beiden Vorjahren nur etwa halb so hoher Schwefeleintrag in den jeweili-

gen Fichtenaltbeständen festgestellt (vgl. Tab. 15). Demnach fiel im Jahr 1997 die ansonsten außerordentlich starke Filterwirkung der Fichtenkronen auch in den Hochlagen des Erzgebirges deutlich geringer aus. In dieser Region führen die häufigen Nebellagen zu einem lang anhaltenden Feuchtigkeitsfilm auf den Nadeloberflächen, der eine sehr effektive Senke für die SO₂-Konzentrationen der Luft darstellt.

Noch deutlicher zeigt sich ein Rückgang bei den Säureeinträgen an allen 4 Stationen der Mittleren bis Höheren Lagen (Messflächen Klingenthal, Olbernhau, Cunnersdorf und Bautzen; Tab. 15). Beispielsweise ging der jährliche Säureeintrag in dem Fichtenbestand der Untersuchungsfläche Olbernhau im Jahr 1997 von vorher etwa 4,0 kg/ha auf 1,8 kg/ha zurück. Die entsprechenden Werte für die Fichtenbestände in Cunnersdorf und

Abb. 51: Entwicklung der jährlichen Schwefeleinträge (SO₄-S) mit dem Freiland- und Bestandesniederschlag in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (Klingenthal = KLI, Cunnersdorf = CUN, Olbernhau = OLB, Laußnitz = LAU, Bautzen = BAU, Colditz = COL) in den hydrologischen Jahren 1994 bis 1997



Tab. 15: Elementeinträge mit dem Freilandniederschlag (FN) und dem Bestandesniederschlag (KR) in den hydrologischen Jahren 1994 bis 1997 (jeweils November des Vorjahres bis Oktober des Nennjahres)

Messfläche [kg/ha*Jahr]	H		Na		K		Mg		Ca		NH ₄ -N		NO ₃ -N		SO ₄ -S		Cl		mm	
	FN	KR	FN	KR	FN	KR	FN	KR	FN	KR	FN	KR	FN	KR	FN	KR	FN	KR	FN	KR
Klingenthal 1994	0,59	1,51	4,9	6,7	2,3	17,3	0,7	1,4	2,5	9,9	10,8	10,3	8,4	10,0	16,1	35,0	6,5	10,8	1394	961
Klingenthal 1995	0,84	1,6	5,4	8,0	5,3	24,0	1,1	2,5	3,7	12,2	14,9	12,2	10,3	11,6	17,7	39,4	11,0	16,3	1833	1302
Klingenthal 1996	1,06	2,48	2,9	3,8	2,3	19,0	0,5	1,5	2,6	10,2	11,0	11,3	9,3	11,1	9,5	37,0	7,1	11,3	1362	991
Klingenthal 1997	0,55	0,89	11,4	11,3	1,6	14,8	2,7	3,5	8,7	13,0	7,6	9,3	7,4	9,6	10,7	24,4	20,0	23,0	1192	823
Cunnersdorf 1994	0,82	1,77	4,8	6,3	2,6	14,6	0,6	1,9	3,3	11,1	9,7	14,6	7,0	13,0	18,0	46,1	6,6	11,2	1030	697
Cunnersdorf 1995	0,7	1,51	4,4	7,0	3,6	18,7	1,1	2,9	4,1	11,6	12,3	15,0	7,5	11,3	16,8	44,2	7,5	13,3	1184	748
Cunnersdorf 1996	0,64	1,67	2,9	4,0	2,1	16,2	0,8	2,1	3,1	10,3	13,4	16,7	9,2	14,7	13,0	41,9	8,0	11,9	1103	759
Cunnersdorf 1997	0,36	0,77	8,8	9,3	1,4	11,0	1,0	1,9	4,0	8,7	7,8	13,4	6,1	11,8	10,6	24,9	17,6	19,2	840	515
Olbernhau 1995	0,95	2,07	5,1	11,9	4,9	34,4	0,8	3,7	4,0	17,4	12,0	14,2	9,0	13,8	19,5	66,7	8,6	23,3	1424	1056
Olbernhau 1996	1,14	4,05	4,0	6,2	2,5	31,2	1,5	4,5	4,9	18,9	11,0	24,8	8,4	21,9	14,8	77,1	8,5	17,0	1051	855
Olbernhau 1997	0,62	1,77	12,4	14,5	2,2	14,7	1,9	3,3	6,4	12,6	8,6	18,5	7,1	16,9	12,7	33,3	21,7	28,8	1008	705
Laußnitz 1995	0,47	0,76	4,4	6,2	3,2	14,4	0,5	2,1	2,9	9,3	10,7	10,0	6,4	8,5	12,6	24,2	7,8	12,4	1020	731
Laußnitz 1996	0,41	0,81	2,2	3,0	1,9	10,8	0,4	1,5	2,2	7,1	10,6	9,6	6,3	8,4	10,3	19,3	5,4	8,8	705	503
Laußnitz 1997	0,49	0,56	9,2	8,6	2,2	9,5	1,2	2,0	4,7	7,9	10,6	9,8	6,6	8,8	11,1	14,3	17,9	20,6	792	474
Bautzen 1996	0,47	2,13	3,1	5,7	4,4	23,5	0,8	2,7	3,6	13,4	15,4	26,4	8,0	20,7	14,4	55,4	7,7	18,0	1006	636
Bautzen 1997	0,26	0,95	9,6	10,4	3,2	15,6	1,4	2,7	5,3	11,1	10,6	21,1	6,7	16,9	11,9	33,2	18,5	22,3	863	484
Colditz 1996	0,14	0,11	2,6	2,3	3,1	18,5	0,6	1,9	3,8	7,2	8,1	10,7	5,3	5,8	10,1	14,6	6,8	7,5	688	501
Colditz 1997	0,2	0,09	7,2	5,8	2,2	21,5	0,9	2,1	5,2	7,0	7,5	11,2	5,2	5,8	8,9	12,3	14,6	13,7	656	468

Klingenthal betragen 1,7 kg/ha auf 0,8 kg/ha bzw. 2,5 kg/ha auf 0,9 kg/ha, wobei ein Teil der Verminderung des Säureeintrages in Klingenthal auf die Beeinflussung durch eine Kalkungsmaßnahme in den Nachbarbeständen zurückzuführen ist. Letzteres trifft auch für den Fichtenbestand im Messfeld Bautzen zu.

Demgegenüber verbleiben die Stickstoffeinträge aller Messflächen auch in 1997 mehr oder weniger auf einem gleich hohen Niveau von etwa 17 kg pro Hektar im Eichenbestand des Messfeldes Colditz bis ca. 38 kg pro Hektar im Fichtenaltbestand auf dem Czorneboh bei Bautzen (vgl. Abb. 52 und Tab. 15). Bereits die im Freiland eingetragenen Stickstoffmengen liegen häufig erheblich über den in Waldbeständen jährlich verwertbaren Mengen von etwa 10 bis 15 kg N. Wie bei den anderen Elementen sind auch die N-Einträge im Bestand aufgrund der ausgeprägten Filterwirkung der Kronen deutlich bis mehrfach erhöht. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass erhebliche Stickstoffmengen im Kronenraum von den Nadeln und Blättern aufgenommen werden können, so dass der tatsächliche N-Eintrag in zahlreichen Waldbeständen noch beträchtlich höher anzusetzen ist. Die Stickstoffeinträge werden in sämtlichen Messflächen – sowohl innerhalb als auch außerhalb der Bestände – von Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) bestimmt. Die Aufnahme von Ammonium aus der Luft kann zu schweren Wachstumsstörungen führen. Stickstoffeinträge fördern zudem das Sprosswachstum gegenüber dem Wurzelwachstum, so dass ein erhöhter Zuwachs mit einer erhöhten Disposition gegenüber verschiedenen abiotischen und biotischen Schadfaktoren einhergehen kann und nicht unbedingt auf eine höhere ökologische Stabilität der Bestände schließen lässt.

Die oben auf der Basis jährlicher Eintragsraten getroffenen Aussagen wer-

Abb. 52: Entwicklung der jährlichen Stickstoffeinträge ($\text{NH}_4\text{-N}$ + $\text{NO}_3\text{-N}$) mit dem Bestandesniederschlag in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (Klingenthal = KLI, Cunnersdorf = CUN, Olbernhau = OLB, Laußnitz = LAU, Bautzen = BAU, Colditz = COL) in den hydrologischen Jahren 1994 bis 1997

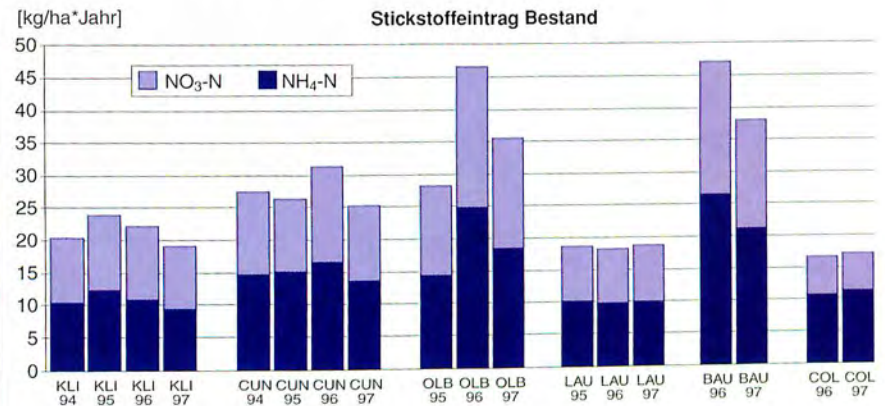


Abb. 53 : Entwicklung der monatlichen Säureeinträge im Bestand und deren linearer Trend in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen Klingenthal = KLI, Olbernhau = OLB und Cunnersdorf = CUN

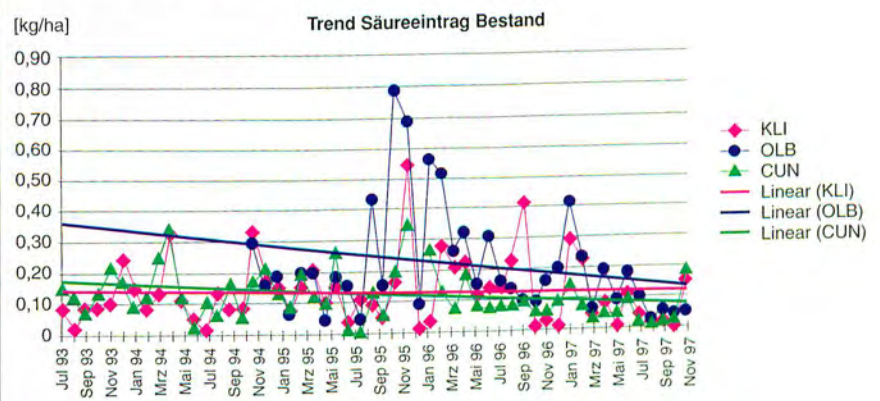
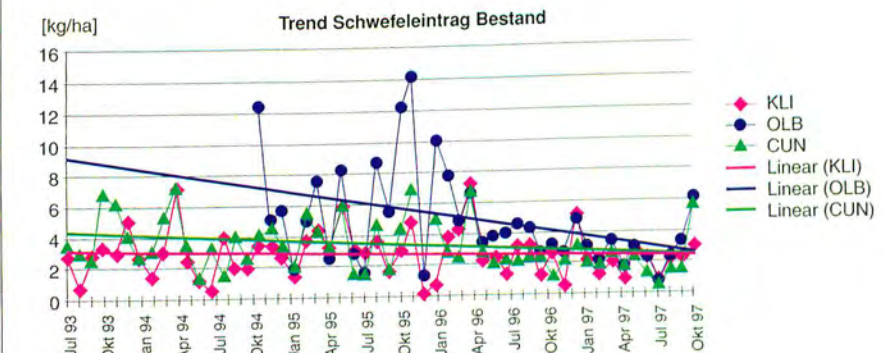


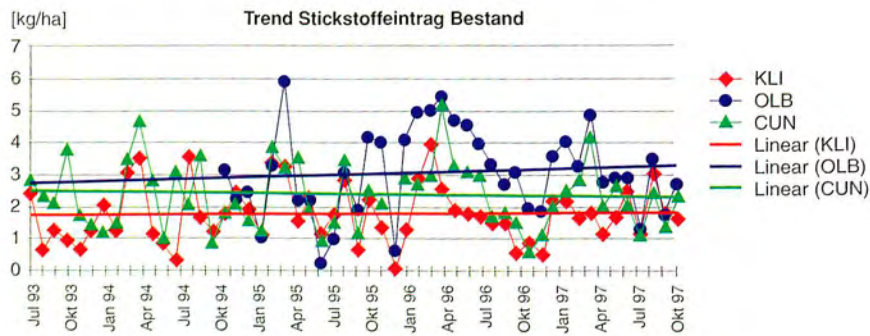
Abb. 54: Entwicklung der monatlichen Schwefeleinträge im Bestand und deren linearer Trend in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen Klingenthal = KLI, Olbernhau = OLB und Cunnersdorf = CUN



den durch die in den Abb. 53 bis 55 dargestellten monatlichen Elementeinträge und die zugehörigen linearen

Trends für die Messflächen Klingenthal, Olbernhau und Cunnersdorf unterstrichen.

Abb. 55: Entwicklung der monatlichen Stickstoffeinträge ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) im Bestand und deren linearer Trend in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen Klingenthal = KLI, Olbernhau = OLB und Cunnersdorf = CUN



Auffällig sind für alle Flächen die übermäßig hohen Natrium- und Chlорideinträge des Jahres 1997. Sie verweisen auf eine ungewöhnlich starke atlantische Beeinflussung der Großwetterlage durch vorherrschend westliche und dadurch weniger schadstoffbefrachtete Luftströmungen. In Verbindung mit den meteorologischen Verhältnissen und Belastungen während des Schadereignisses des Jahres 1996 lässt sich hieraus einerseits der starke Einfluss der Luftströmungen auf die Schwefel- und Säurebelastung mit den Niederschlägen in den sächsischen Waldökosystemen ableiten, während gleichbleibend hohe Stickstoffeinträge andererseits eher auf eine diffuse Hintergrundbelastung durch Stickstoffverbindungen verweisen. Damit wird aber auch erneut die Abhängigkeit einer Belastung der Wälder, speziell des Erzgebirges, von den meteorologischen Randbedingungen deutlich.

Die basischen Elementeinträge (Ca, K und Mg) verbleiben besonders im Freiland auf einem eher niedrigen Niveau (vgl. Tab. 15 und Abb. 56). Dies ist einerseits Ausdruck einer nur noch geringen Neutralisierung der Säuren in der Atmosphäre, andererseits zeugt es von einer stark eingeschränkten Fähigkeit und Überforderung der Blattoorgane zur Pufferung der eingetragenen Säure durch Austauschreaktionen an den Blattoberflächen. Der weit über-

wiegende Anteil der auffallend hohen Kaliumwerte im Bestandesniederschlag entstammt nicht der Deposition, sondern muss dem engen internen Kreislauf von Elementaufnahme durch die Wurzeln und Elementtransport in die Blattzellen zur Abpufferung der sauren Niederschläge an den Blatt- und Nadeloberflächen zugerechnet werden. Ähnlich sind die Verhältnisse beim Calcium zu bewerten. Allerdings sind die höheren Mg- und Ca-Einträge auf der Messfläche Klingenthal im Jahr 1997 ebenfalls auf die bereits oben erwähnte Abdrift im Verlauf von Kalkungsmaßnahmen in Nachbarflächen zurückzuführen.

Unter dem Einfluss anhaltender Säureeinträge, einem vielfach in Verbindung mit den hohen Stickstoffeinträgen induzierten zusätzlich bodeninternen Versauerungsdruck (vgl. *Waldscha-*

densbericht 1997) und der damit fortschreitenden Bodenversauerung gewinnt der Eintrag von Schwermetallen in Waldökosysteme sowie die Gefahr ihrer Mobilisierung und Verlagerung mit sauren Sickerwässern zunehmend an Bedeutung. Die Emission erfolgt praktisch ausschließlich durch anthropogene Quellen, wobei Kraftfahrzeugverkehr, Industrie und Feuerungen die hauptsächlichen Emittenten darstellen. Entsprechend wird auf internationaler Ebene an administrativen Regelungen und Vermeidungsstrategien gearbeitet. Seit Beginn der Depositionsmessungen werden auf allen Monitoringflächen die Einträge der wichtigsten Schwermetalle Cadmium (Cd), Blei (Pb), Kupfer (Cu) und Zink (Zn) im Rahmen eines Sonderprogramms erfasst.

Allgemein sind bisher Daten zum Schwermetalleintrag in Waldökosysteme nur in geringem Umfang vorhanden (z. B. Harz, 1989–1991; Nordrhein-Westfalen, Hessen und Rheinland-Pfalz von 1993; Vereinigtes Königreich, 1996/97). Im Vergleich mit diesen wenigen Ergebnissen aus der Literatur bewegen sich die Jahreswerte (1996) für den Eintrag von Cadmium mit etwa 1 bis 1,5 g/ha und Blei mit überwiegend 50 bis 70 g/ha im normalen Bereich (vgl. Abb. 57 bis 60). Nur die Flächen Olbernhau und Bautzen weisen etwa 3- bis 5fach

Abb. 56: Entwicklung der jährlichen Elementeinträge von Kalium, Magnesium und Calcium mit dem Bestandesniederschlag in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (Klingenthal = KLI, Cunnersdorf = CUN, Olbernhau = OLB, Laufnitz = LAU, Bautzen = BAU, Colditz = COL)

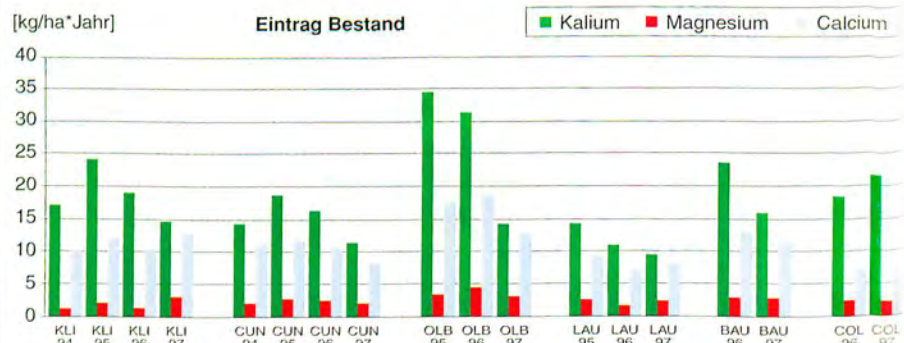


Abb. 57: Eintrag von Cadmium mit Freiland- und Bestandesniederschlag in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (Bautzen = BAU, Colditz = COL, Cunnernsdorf = CUN, Klingenthal = KLI, Laußnitz = LAU, Olbernhau = OLB) im Kalenderjahr 1996

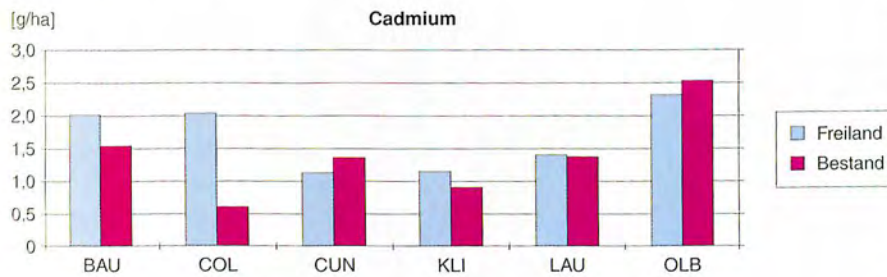


Abb. 58: Eintrag von Kupfer mit Freiland- und Bestandesniederschlag in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen im Kalenderjahr 1996

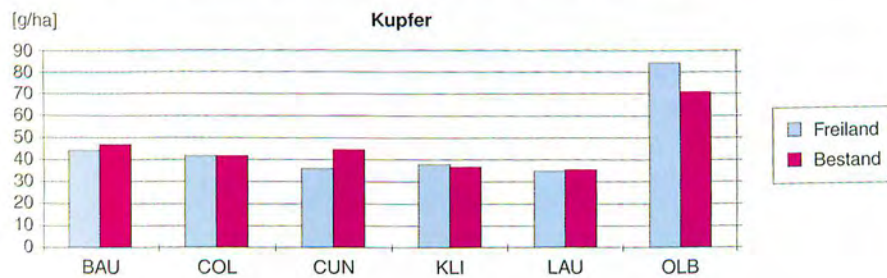


Abb. 59: Eintrag von Blei mit Freiland- und Bestandesniederschlag in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen im Kalenderjahr 1996

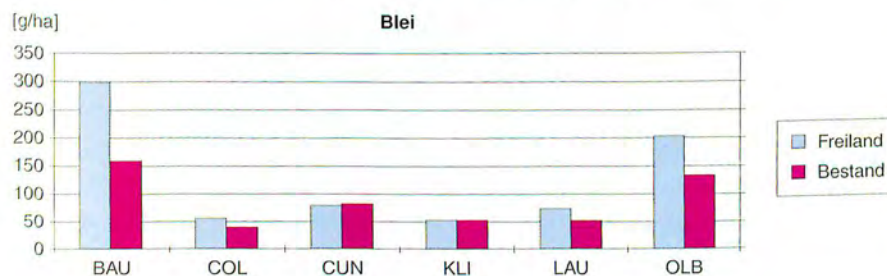
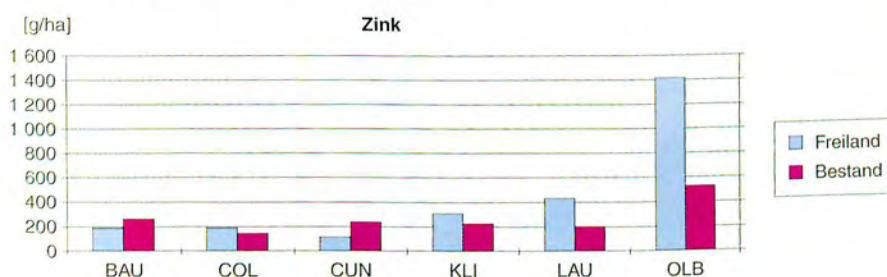


Abb. 60: Eintrag von Zink mit Freiland- und Bestandesniederschlag in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen im Kalenderjahr 1996



höhere Bleieinträge auf. Kupfer und besonders Zink zeigen nur in der Messfläche Olbernhau des Mittleren Erzgebirges erhöhte Werte, die ansonsten mit etwa 35 bis 45 g/ha (Kupfer) und 200 bis 400 g/ha (Zink) nicht wesentlich von den Befunden anderer Untersuchungen abweichen.

Auffällig sind die mehrfach festgestellten geringeren Schwermetalleinträge des Waldbestandes gegenüber dem Freiland. Dies lässt auf intensive Ausfilterungs- und Anlagerungseffekte durch die Nadel- und Blattmasse schließen und verweist gleichzeitig auf die Bedeutung der mit der Blattstreu auf den Waldboden gelangenden Schwermetallmengen, die es im Hinblick auf eine komplette Erfassung des Schwermetalleintrages zu berücksichtigen gilt. Dementsprechend wird ebenfalls der Blatt- und Nadelfall in allen Depositionsmessflächen untersucht.

Waldböden und Waldernährung

pH-Werte des Bodens

Die forstlich genutzten Böden Sachsens lassen hauptsächlich infolge der bereits seit Jahrzehnten einwirkenden Säureinträge **überwiegend einen hohen Versauerungsgrad** erkennen, der zu einem erheblichen Verlust an Nährstoffkationen (K, Ca, Mg) geführt hat. Diese bereits anhand der Bodenzustandserhebung (BZE) von 1992/93 (68 Profilbeprobungen im 8 x 8-km-Raster) getroffene Feststellung (vgl. *Waldschadensberichte 1995, 1996 und 1997*) wird durch die Ergebnisse der 1996 in der Forstdirektion Bautzen durchgeführten Netzverdichtung im 4 x 4-km-Raster (107 Stichprobenpunkte) und durch zusätzliche Beprobungen in Versuchsflächen der Landesanstalt für Forsten (LAF) unterstrichen.

Der aktuelle durch die pH-(H₂O-) Werte dokumentierte Säurezustand der insgesamt 122 Standorte (vgl. *Abb. 63*)

Abb. 61: Entnahme von Bodenproben mit dem Bohrstock bei der Bodenzustandserhebung (BZE = Level I)



Abb. 62: Bodenprobe im Bohrstock aus der Tiefe 0–30 cm



ordnet die weit überwiegende Zahl der Böden bis in 90 cm Tiefe dem **Aluminium-(Al-) und Aluminium/Eisen-(Al/Fe-) Pufferbereich (pH: 3,8–4,2 bzw. 3,0– 3,8)** zu. Im Aluminium-Pufferbereich werden die auf der Oberfläche der Bodenkolloide angelagerten Al-Hydroxide (der Austauscher kann bis zu 95 % mit Al belegt sein) verstärkt in die Pufferprozesse einbezogen und Al³⁺-Ionen in die Bodenlösung abgegeben. Sie erreichen dort Konzentrationen, die auch für die heimischen, relativ säuretoleranten Baumarten ökophysiologisch wirksam bis toxisch sind. Im Eisen-Pufferbereich werden Säuren über die Auflösung von Eisenoxiden gepuffert, wobei es zur Verlagerung von Eisen mit den markanten

Farbänderungen im Oberboden kommt (Podsolierung).

In sämtlichen Tiefenstufen zeigen nur wenige Standorte Werte oberhalb von pH 5,0. Eine solche Azidität würde sich insbesondere im Unterboden bei Abwesenheit der Säureinträge und ohne Überschreiten der Pufferfähigkeit der Böden bei der natürlichen Kohlen- und Zersetzeratmung einstellen.

Basensättigung und Nährstoffvorräte

Mit dem hohen Aziditätsgrad der Böden korrespondiert zwangsläufig auf der überwiegenden Anzahl der untersuchten Standorte eine bis in den Unterboden nur noch geringe **Basensättigung (BS %)**, die für die Elastizität des Bodens gegenüber Säureinträgen bzw. Säuretoxizität und für die Nährstoffversorgung der Bestände von maßgeblicher Bedeutung ist. Sie kennzeichnet den prozentualen Anteil der Neutralkationen Ca, Mg, K und Na an der effektiven Kationenaustauschkapazität (AK_e).

*Abb. 63: Boxplot zu den pH-(H₂O-)Werten des Mineralbodens nach Tiefenstufen sämtlicher Bodenbeprobungen der LAF im Jahr 1996 (107 Punkte der Netzverdichtung im 4 x 4-km-Raster; 15 Sonstige; die Box umfasst jeweils 50 % der Werte; der Balken entspricht dem Median; * und ° sind Ausreißer und Extremwerte)*

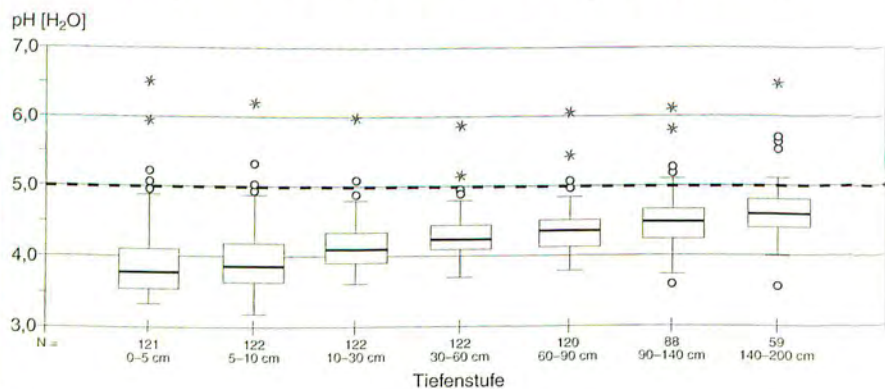
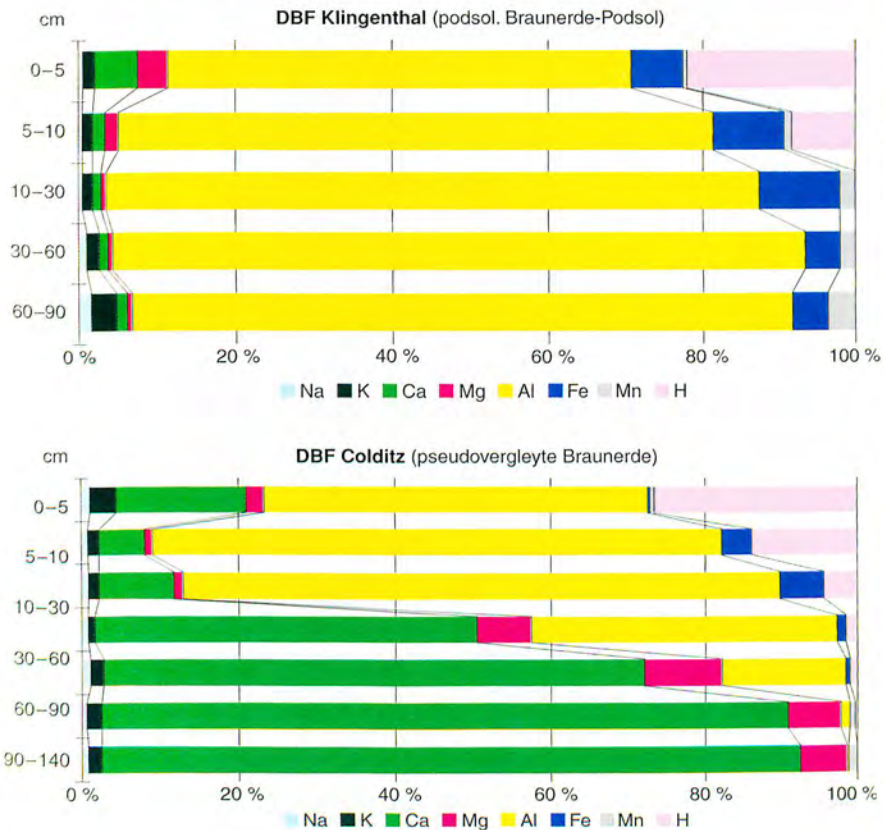


Abb. 64, 65: Anteile der Einzelkationen am Kationenaustauschkomplex (AKE = 100 %) in den Tiefenstufen des Mineralbodens der Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level II) Klingenthal und Colditz



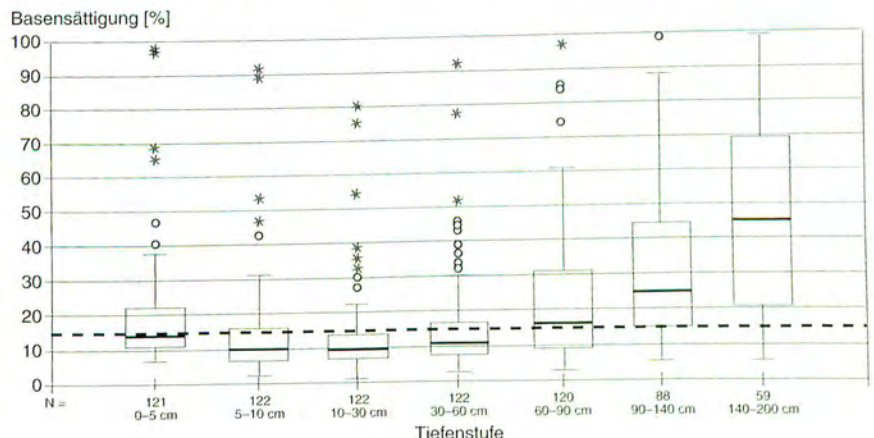
Sinkt die Basensättigung unter 15 %, so führt dies bei den relativ säuretoleranten einheimischen Baumarten wie Buche, Eiche, Tanne, Fichte und Kiefer aufgrund der verminderten Elastizität des Bodens zu Säurestress und zu einer Einschränkung der Nährstoffaufnahme.

Typische Beispiele für die Kationenbelegung des Austauschkomplexes im Boden zeigen die Abb. 64 und 65 für die Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen Klingenthal und Colditz. Während die Messfläche Klingenthal in sämtlichen Tiefenstufen Basensättigungsgrade von zumeist weit unter 10 % aufweist und die Anteile von austauschbarem Aluminium sehr hoch sind, steigen die Basenanteile in Colditz bei gleichzeitig günstigeren pH-Werten mit zunehmender Bodentiefe auf über 90 % an.

An den meisten sächsischen Standorten wird erst im Unterboden der kriti-

sche Wert von 15 % deutlich überschritten (Abb. 66). Darin dokumentiert sich die **flächig verbreitete Nährstoffverarmung der sächsischen Waldstandorte**.

Abb. 66: Boxplot zur Basensättigung (= Anteil von Ca+K+Mg+Na an der Kationenaustauschkapazität AKe) nach Tiefenstufen des Mineralbodens sämtlicher Bodenbeprobungen der LAF im Jahr 1996 (107 Punkte der Netzverdichtung im 4 x 4-km-Raster; 15 Sonstige; die Box umfasst jeweils 50 % der Werte; der Balken entspricht dem Median; * und ° sind Ausreißer und Extremwerte)



Entsprechend gering sind die in den Böden austauschbar gespeicherten Vorräte an den Nährelementen Calcium, Kalium und Magnesium. Es zeigt sich, dass häufig die Nährstoffversorgung bzw. der Aufbau eines neuen Waldbestandes aus den im Mineralboden derzeit austauschbar gebundenen Nährelementvorräten gefährdet ist, wenn diese nicht aus der Silikatverwitterung und Humusmineralisierung bzw. durch Stoffeinträge (Deposition, Kalkung) aufgefüllt werden.

Nur in etwa 30 % der im Rahmen der Bodenzustandserhebung im 8 x 8-km-Raster von 1992/93 beprobten Waldböden werden Bodenvorräte von weit über den für den Aufbau eines Altholzes als notwendig anzusehenden 400 kg/ha Ca und 60 kg/ha Mg angetroffen (vgl. Abb. 67, 68). Wegen der vielfach nicht tief reichenden Durchwurzelung können die Bestände oftmals nur eingeschränkt auf das im Unterboden vorhandene Nährstoffkapital zugreifen. Die bei den überwiegend ungünstigen Humusformen (vgl. *Waldschadensbericht 1995*) in teilweise mächtigen Humusaufgaben eingebundenen und damit dem Stoffkreislauf langfristig entzogenen Nährelementvorräte überschreiten vielfach diejenigen der

Mineralböden. Von dieser Umverteilung der Nährstoffvorräte ist Magnesium offensichtlich bevorzugt betroffen.

Dies hat entsprechend ungünstige Auswirkungen auf die Mg-Ernährung der Bestände und wird häufig durch die

bekanntesten Mangelsymptome (Nadelvergilbungen) dokumentiert.

Abb. 67, 68: Übersicht zur Verteilung der Ca- und Mg-Vorräte auf den Mineralböden (0–60 cm) und die Humusauflage in den BZE-Profilen Sachsens im 8 x 8-km-Netz (68 Punkte)
a: Sande(10), lehmige Sande (5) u. Lehme (2) des Pleistozän; **b:** Sandsteine (4), Phonolit (1); **c:** Sande ü. Granit (2), Porphyr (1); **d:** Granite (9), Syenit (1); **e:** Gneise (5); **f:** Schiefer (4), Phyllite (6); **g:** Volllöss (6), Decklöss (5); **h:** Moor, Basalt, Nassstandort auf Porphyr

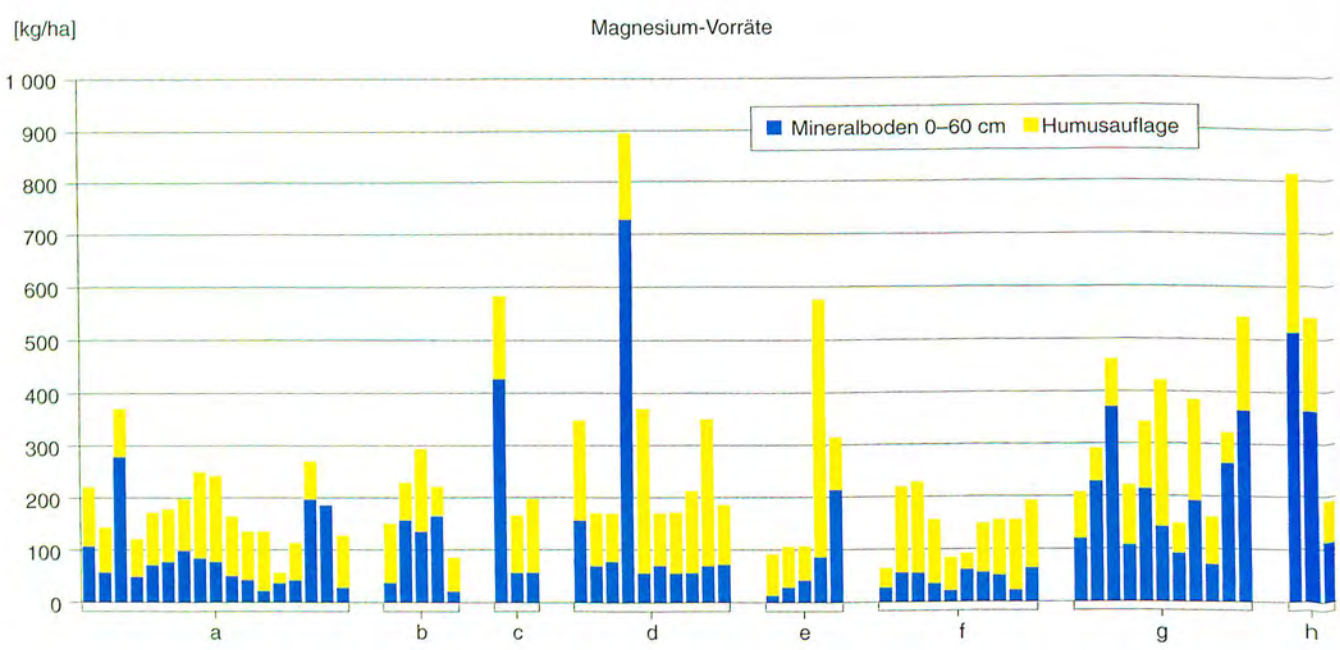
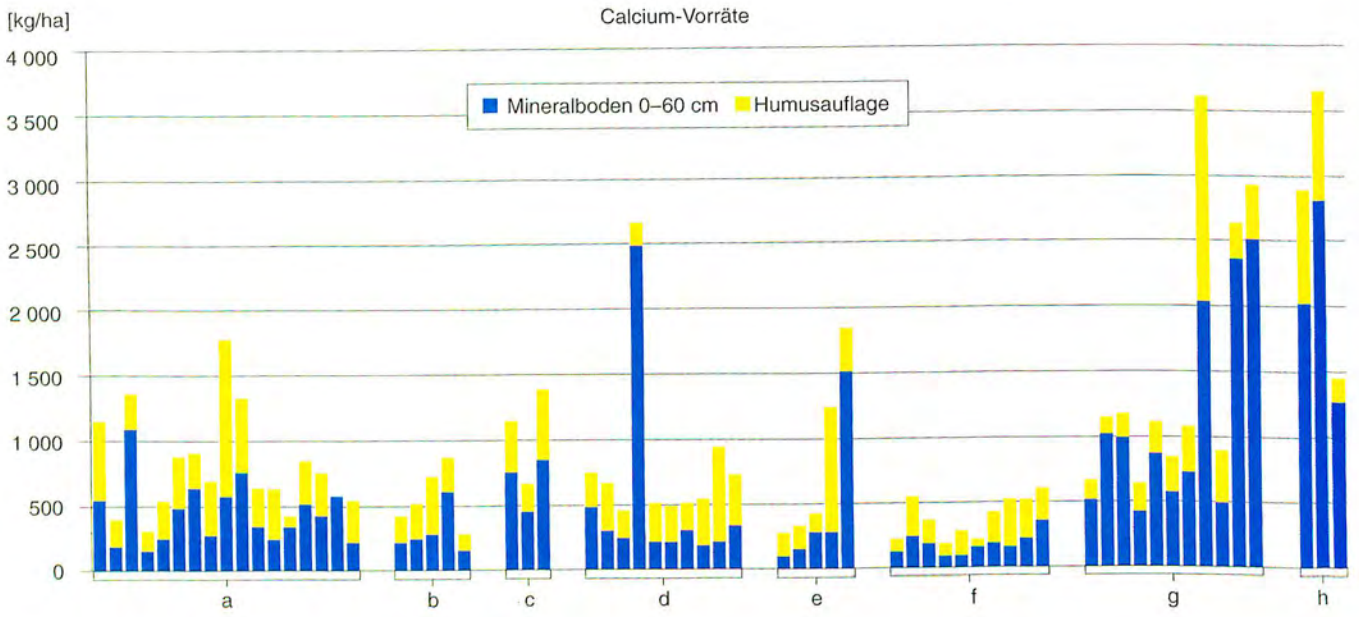


Abb. 69: Bodenprofil 29 der Bodenzustandserhebung (BZE = Level I) im Forstamt Niesky, Revier Mückä (Bodentyp: Podsol)



Abb. 70: Bodenprofil 250 der Bodenzustandserhebung (BZE = Level I) im Forstamt Stollberg, Revier Jahnsdorf (Bodentyp: Braunerde – Pseudogley)



Chemische Parameter in Bodenlösung, Niederschlag und Quellwasser

Die chemischen Parameter der Bodenlösung in 20 cm Tiefe sind stark geprägt durch das im Jahresverlauf wechselnde Depositionsgeschehen: pH-Werte überwiegend zwischen 3,4 und 4,0 spiegeln den Aziditätsgrad des Bestandesniederschlages wider. Zum Beispiel können im **Messfeld Klingenthal** umfangreiche Säureeinträge in Verbindung mit Starkregenereignissen in den Herbstmonaten sowie die Schneeschmelze im Frühjahr zu ausgeprägten und langfristigen pH-Einbrüchen bis in den Unterboden führen (vgl. Abb. 71).

Zur Wahrung der Elektroneutralität in der Bodenlösung wurden besonders zu Beginn der Untersuchungen verstärkt

austauschbare Nährelementvorräte des Bodens mobilisiert oder über die Mineralisierung organischer Bindungsformen in die Lösungsphase transferiert. Zu diesem beschleunigten Basenverlust trugen in den ersten beiden Messjahren erhebliche Nitratausträge bei (vgl. Abb. 72), die möglicherweise auf die Mineralisierung abgestorbener Feinwurzeln zurückgehen.

Die Schwefelkonzentrationen nehmen in allen Tiefenstufen weiterhin ab (vgl. Abb. 72) und verweisen auf die kombinierte Wirkung verminderter Schwefel-einträge bei gleichzeitigem Abklingen bzw. Verlagerung des langfristigen Versauerungsschubes in tiefere Bodenschichten. Seit dem Sommer 1996 scheinen die Pufferkapazitäten im Aluminiumpufferbereich weitgehend erschöpft. Es verbleiben zunehmend Protonen in der Bodenlösung und der pH-Wert bricht auch im Unterboden längerfristig ein (vgl. Abb. 71).

Abb. 71: Entwicklung des pH-Wertes in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20, 60 und 100 cm im Messfeld Klingenthal (westliches Erzgebirge)

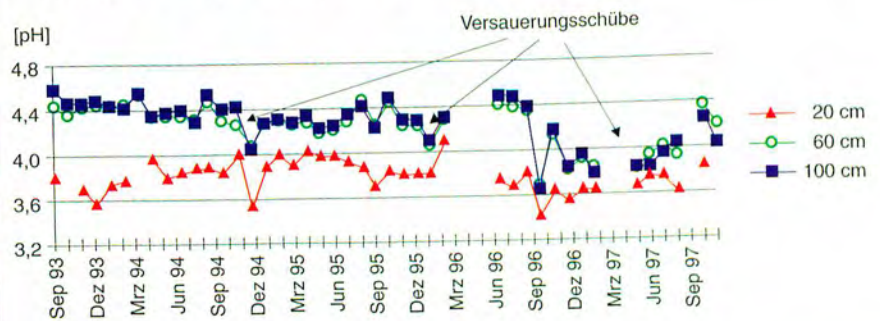
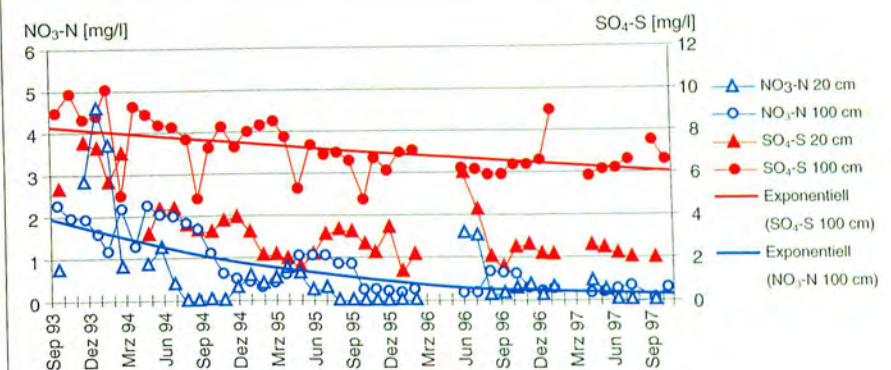


Abb. 72: Entwicklung der Nitrat-(NO₃-N-) und der Schwefel-(SO₄-S-) Konzentration in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 und 100 cm im Messfeld Klingenthal (westliches Erzgebirge)

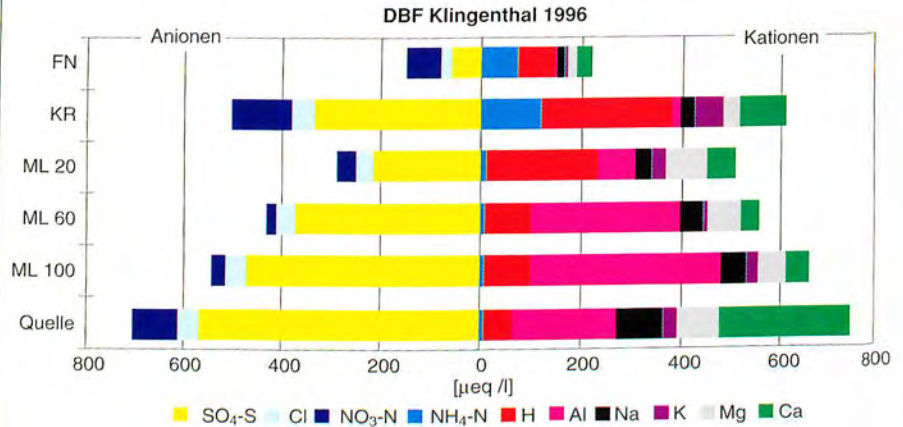


Anhand des Diagramms zur Ionenzusammensetzung (1996) der wässrigen Lösungen in den einzelnen Kompartimenten des Fichtenwaldökosystems vom Niederschlag über die Bodenlösung bis in die Waldquelle wird auf der Grundlage des Prinzips der Elektroneutralität in Lösungen die weiterhin bestimmende Wirkung der Schwefelgehalte auf die Kationenzusammensetzung deutlich (Abb. 73).

Zunächst verdeutlicht die Gegenüberstellung der Freiland- und Bestandeswerte (FN und KR) die starke Konzentrationszunahme im Bestandesniederschlag aufgrund der Filterwirkung und des Transpirationseffektes der Fichtenkronen. Zusammen mit chemischen Wechselwirkungen im Kronenraum – z. B. Pufferreaktionen an den Nadeloberflächen – führt dies zu elementspezifisch unterschiedlichen Kationen- und Anionenreicherungen. Der Vorgang ist besonders bei den Schwefel- ($\text{SO}_4\text{-S}$ -) und Säure- (H^+ -) Gehalten ausgeprägt. Auffällig ist außerdem, dass bereits im Oberboden (ML 20) keine Ammoniumgehalte in der Bodenlösung mehr feststellbar sind. Der Ammonium-Eintrag wurde entweder vom Bestand aufgenommen oder zum großen Teil nitrifiziert und damit in Nitrat umgewandelt.

Im Boden erklärt sich der Konzentrationsanstieg bzw. eine deutliche tiefenstufenmäßige Verschiebung der Ionenzusammensetzung einerseits aus einem Aufkonzentrierungs- und Eindickungseffekt der Lösung infolge des Wasserentzuges durch die Waldvegetation, andererseits aber aus den unterschiedlichen pH-abhängigen Pufferreaktionen im Zuge der weiteren Versickerung. Sehr deutlich zeichnen sich die Reaktionen im Aluminium-Puffersystem ab. Mit fortschreitender Bodentiefe wird die starke Säure (H^+) durch Kationenaustauschvorgänge gegen Aluminium der Bodenfestphase ausgetauscht und somit in eine schwächere Säure über-

Abb. 73: Mittlere jährliche Ionenzusammensetzung der bedeutendsten Anionen und Kationen in der Lösungsphase der beprobten Kompartimente des Stoffhaushaltes der Forstlichen Dauerbeobachtungsfläche (DBF) Klingenthal: FN = Freiland; KR = Kronentraufel/Bestand; ML = Bodenlösung in 20, 60 und 100 cm Tiefe; Quelle = Waldquelle unterhalb der Messfläche



führt. Besonders ab der Tiefe 60 cm ist von einem erheblichen Anteil der Schwefel- und Al-Konzentration aufgrund der Mobilisierung bzw. Auflösung der Al-Sulphat-Salzphase als einer Speicherform vormaliger Säureinträge auszugehen. Diese Speicherform stellt auch in Zukunft ein umfangreiches Versauerungspotenzial dar. Durch nur noch geringe Pufferkapazitäten bei weiterhin erheblichen Säureinträgen mit hohen Sickerwasserraten in dieser niederschlagsreichen Hochlage des Erzgebirges gelangen umfangreiche Mengen ungepufferter Säure (H^+) und Aluminium bis in das Quellwasser. Gleichzeitig werden über hohe Schwefel- und Nitratgehalte ebenfalls erhebliche Mengen an basischen Kationen (Ca, Mg, K) ausgetragen.

Damit ist die Versauerung des Bodens bereits bis in den Grundwasserleiter fortgeschritten. Die pH-Werte (3,9–4,9) und Al-Gehalte (1–4 mg/l) der Quellwasser im Bereich des Messfeldes Klingenthal unter- bzw. überschreiten die Trinkwasser-Grenzwerte bei weitem (pH: 6,5–9,5; 0,2 mg/l Al), was die Dringlichkeit von Maßnahmen verdeutlicht, die im weitesten Sinne für die Sicherstellung der Trinkwasserqualität getroffen werden müssen.

Auch im Messfeld Cunnernsdorf wird der Versauerungsdruck der Böden durch weiterhin erhöhte Nitrat-Konzentrationen verstärkt (vgl. Abb. 74 und 75), wobei die Rhythmik einer höheren Nitrataufnahme während der Vegetationszeit durch die Bestandesve-

Abb. 74: Entwicklung des pH-Wertes in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20, 60 und 100 cm im Messfeld Cunnernsdorf (Elbsandsteingebirge)

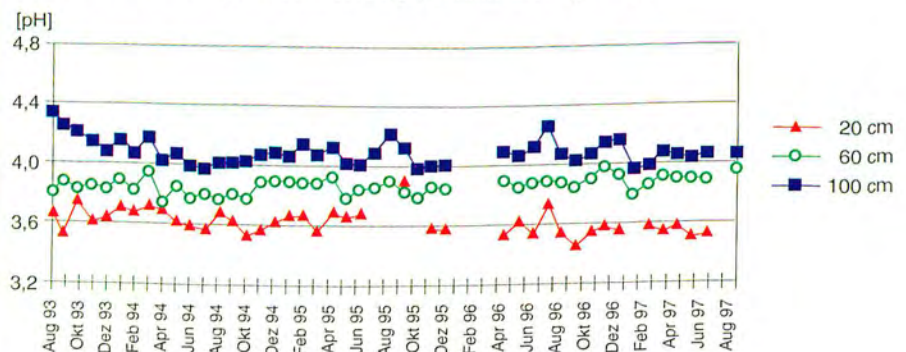


Abb. 75: Entwicklung der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20, 60 und 100 cm im Messfeld Cunnnersdorf (Elbsandsteingebirge)

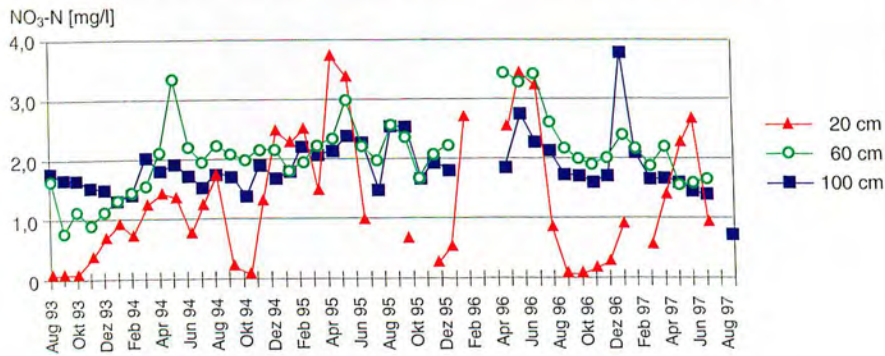


Abb. 76: Mittlere jährliche Ionenzusammensetzung der bedeutendsten Anionen und Kationen in der Lösungsphase der beprobten Kompartimente des Stoffhaushalts der Forstlichen Dauerbeobachtungsfläche (DBF) Cunnnersdorf: FN = Freiland; KR = Kronentraufel/Bestand; ML = Bodenlösung in 20, 60 und 100 cm Tiefe; Quelle = Waldquelle unterhalb der Messfläche

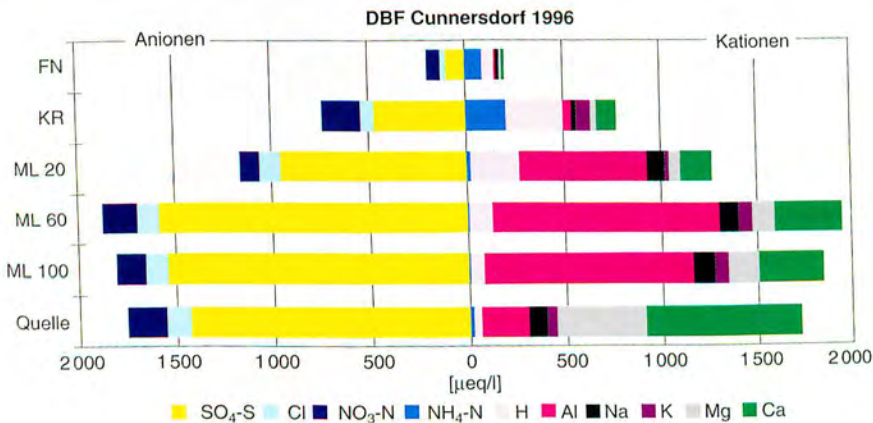
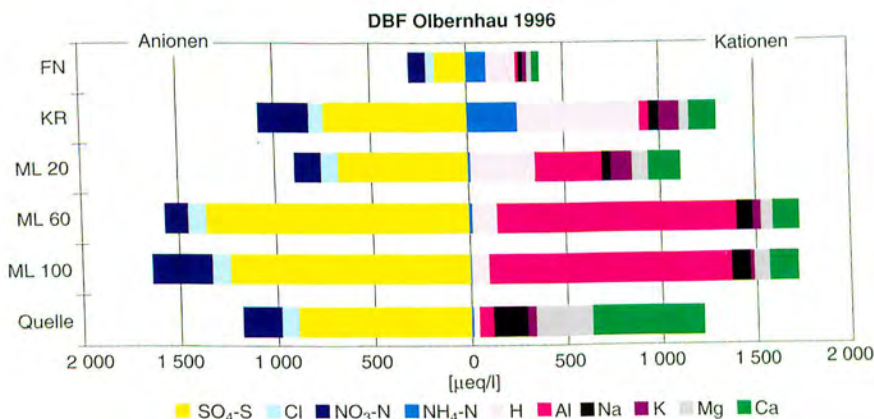


Abb. 77: Mittlere jährliche Ionenzusammensetzung der bedeutendsten Anionen und Kationen in der Lösungsphase der beprobten Kompartimente des Stoffhaushalts der Forstlichen Dauerbeobachtungsfläche (DBF) Olbernhau: FN = Freiland; KR = Kronentraufel/Bestand; ML = Bodenlösung in 20, 60 und 100 cm Tiefe; Quelle = Waldquelle unterhalb der Messfläche



getation im Oberboden (Tiefenstufe 20 cm) deutlich wird. Die Nitratausträge mit dem Sickerwasser entsprechen in etwa den Einträgen mit dem Bestandsniederschlag, während hauptsächlich infolge der Mobilisierung aufgespeicherter Säurevorräte die jährlich ausgetragenen Schwefelmengen mit bis zu 200 kg/ha (1996) die momentanen Schwefeleinträge um ein Vielfaches überschreiten.

Insgesamt verlaufen auf diesem Standort die bereits für die Fläche Klingenthal aufgezeigten bodenchemischen Reaktionen auf einem deutlich höheren Konzentrationsniveau (vgl. Abb. 76). Verantwortlich dafür sind die verhältnismäßig hohen Elementvorräte und eine größere Säurespeicherkapazität in den lehmigen Substraten. Aber auch hier zeigt sich, dass das Sulfat mehr oder weniger stark die Konzentrationsverläufe der Kationen bestimmt. Der Unterschied zur Fläche Klingenthal liegt in der noch vollen Wirksamkeit des Aluminium-Puffersystems, über dessen Austauschreaktionen der pH-Wert stabilisiert werden kann (vgl. Abb. 74). Die Säurelast wird aber verstärkt in Form von Aluminium- und Manganverlagerungen an den Unterboden weitergegeben.

Erst im Grundwasserleiter unterhalb von 100 cm Bodentiefe findet ein Austausch des verlagerten Aluminiums vor allem gegen Mg und Ca statt. Zusammen mit dem Sulfat-Anion werden große Mengen von Mg und Ca als Begleitkationen ausgewaschen, die damit dem Ökosystem unwiederbringlich verloren gehen.

Im Fichtenwaldökosystem der Station Olbernhau (Mittleres Erzgebirge) bestimmen gleichfalls hohe Schwefel-, Protonen- und Aluminiumgehalte die Ionenzusammensetzung bis in den tiefen Unterboden (vgl. Abb. 77). Die relativ hohe Pufferkapazität im Grundwasserleiter aus Gneisverwite-

rungsmaterial verhindert allerdings bisher die Verlagerung umfangreicher Protonen- und Aluminiumkonzentrationen in das Quellwasser. Aber auch diese Messfläche ist von umfangreichen Stickstoff- und Basenverlusten betroffen.

Ganz anders stellen sich die Ionenverhältnisse im **Messfeld Colditz** unter einem 40-jährigen Eichenbestand auf einer mächtigen Lösslehmdecke des nordwestsächsischen Hügellandes dar (vgl. Abb. 78). Aufgrund nur geringer Niederschläge und Versickerungsraten bei gleichzeitiger Mobilisierung der Al-Sulfat-Phase im Oberboden sind bis in den Unterboden hohe Schwefelkonzentrationen in der Bodenlösung feststellbar. Jedoch findet infolge einer hohen

Basensättigung über den Kationenaustausch und die Freisetzung von Ca, Mg und K eine vollständige Neutralisierung der moderaten Säurebelastung statt, ohne dass Aluminium in das Grundwasser eingetragen wird. Auch die Stickstoffeinträge verbleiben im System.

Eine günstige Basensättigung und hohe Pufferkapazitäten der Böden (vgl. *Waldschadensbericht 1997*) verhindern negative Folgen eines Versauerungsschubes des Jahres 1996 für das Sickerwasser (vgl. Abb. 79). Die im Vergleich zu den Erzgebirgsstandorten deutlich geringere Säurebelastung kann vollständig neutralisiert und abgepuffert werden, ohne dass es zur Al-Freisetzung im Unterboden kommt. Jedoch ist vor dem Hintergrund der hohen

Calcium- und Sulfatkonzentrationen in der Bodenlösung bei zwar geringen Versickerungsraten von einem erheblichen Abbau von Neutralisierungskapazität in den Böden auszugehen.

Insgesamt lassen die bis 1993 zurückreichenden Stoffbilanzuntersuchungen an den Stationen Cunnersdorf und Klingenthal einen allmählichen Rückgang der Sulfat-Konzentrationen und damit auch der Kationengehalte in den Unterböden der Messflächen erkennen. Dies unterstreicht einerseits die Feststellung eines Rückgangs der Schwefel-einträge mit den Niederschlägen (s. o.). Andererseits scheint in den beprobten Tiefenstufen der Prozess der Mobilisierung ehemals gespeicherter Säurevorräte (Auflösung der Al-Sulfat-Salzphase) und deren Verlagerung in tiefere Bodenschichten im Zuge eines bis in die Zeit vor Untersuchungsbeginn zurückreichenden Versauerungsschubes abzuklingen.

Abb. 78: Mittlere jährliche Ionenzusammensetzung der bedeutendsten Anionen und Kationen in der Lösungsphase der beprobten Kompartimente des Stoffhaushaltes der Forstlichen Dauerbeobachtungsfläche (DBF) Colditz: FN = Freiland; KR = Kronentraufel/Bestand; ML = Bodenlösung in 20, 60 und 100 cm Tiefe

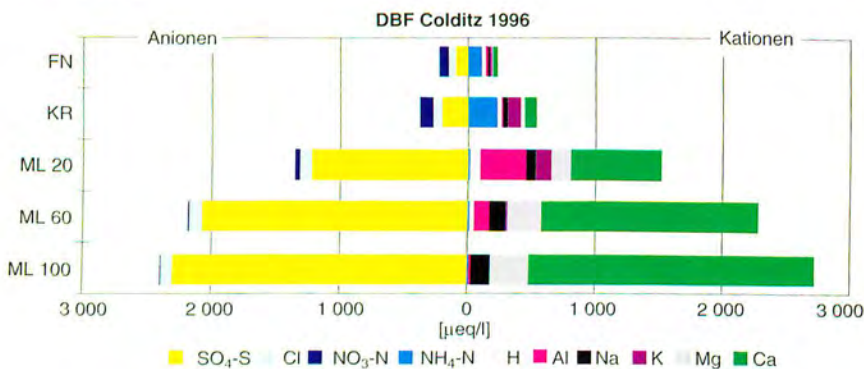
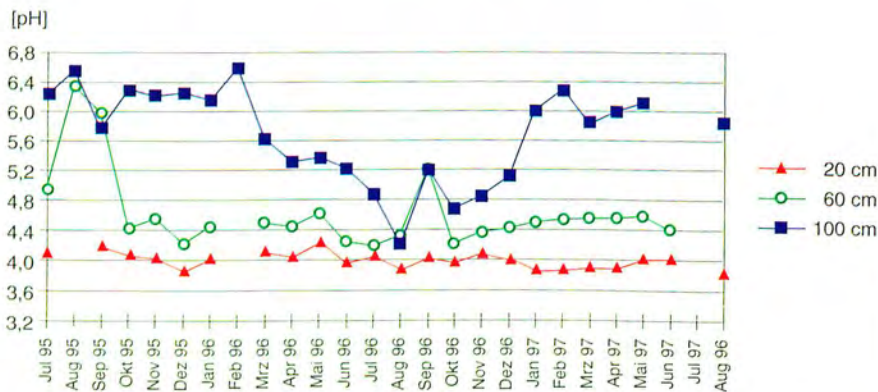


Abb. 79: Entwicklung des pH-Wertes in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20, 60 und 100 cm im Messfeld Colditz (Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland)



Zur Abschätzung des aktuellen Gefährdungspotenzials durch die Bodenversauerung und zur Kalkulation kritischer Eintragsraten für das Wachstum von Bäumen wird international als Kennwert das BC/Al-Verhältnis angewandt. Es drückt das molare Verhältnis zwischen den basischen Kationen (BC = Ca+K+Mg) und Aluminium in der Bodenlösung aus und fußt auf der Feststellung, dass bei geringen BC/Al-Verhältnissen Schwierigkeiten bei der Aufnahme von Ca, Mg und K durch die Baumwurzeln bestehen. Zur Bewertung des Risikos wurden folgende BC/Al-Verhältnisse vorgeschlagen:

	hohes Risiko	mittleres Risiko	geringes Risiko
Fichte	< 0,4	< 0,9	< 1,5
Buche	< 0,6	< 0,8	< 1,5
Kiefer	< 0,1	< 0,6	< 1,5

Daraus läßt sich für die Fichtenbestände in Klingenthal, Cunnersdorf

Abb. 80: BC/Al-Verhältnisse und deren lineare Trends in der Bodenlösung der Messfläche Klingenthal (Westliches Erzgebirge)

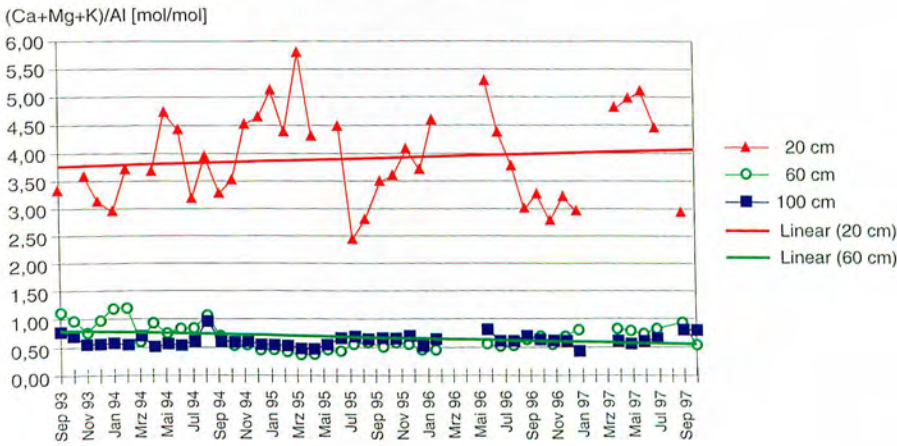


Abb. 81: BC/Al-Verhältnisse und deren lineare Trends in der Bodenlösung der Messfläche Cunnersdorf (Elbsandsteingebirge)

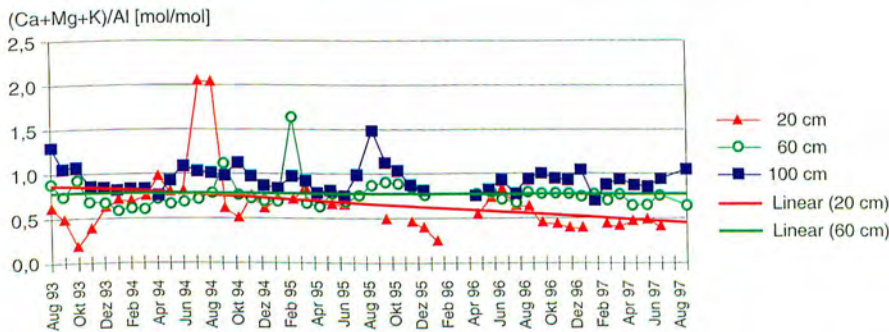
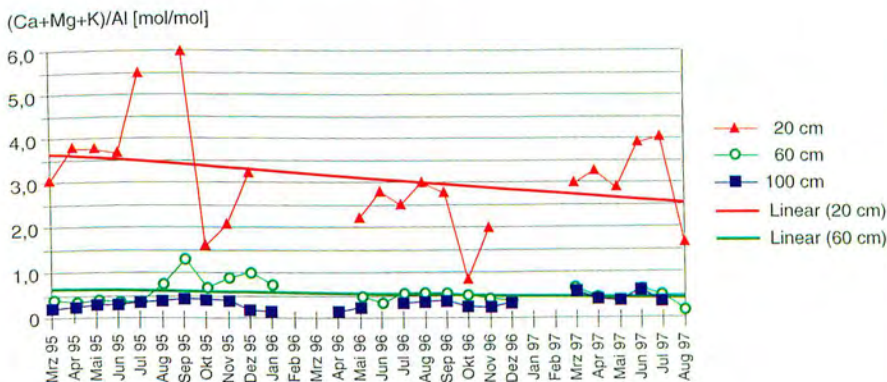


Abb. 82: BC/Al-Verhältnisse und deren lineare Trends in der Bodenlösung der Messfläche Olbernhau (Mittleres Erzgebirge)



und Bautzen (ohne Abbildung) für die tieferen Bodenbereiche (Tiefen 60 und 100 cm) zumindest ein mittleres Risiko und für Olbernhau ein überwiegend hohes Risiko (vgl. Abb. 80 bis 82) einer ungestörten Aufnahme der gewünschten Elemente K, Ca und Mg aus dem Unterboden ableiten. Demgegenüber verweisen die Werte des Oberbodens in 20 cm Tiefe – mit Ausnahme der Fläche Cunnersdorf – auf ein momentan nur geringes Risiko. Dies ist möglicherweise auf eine bisher verstärkte aber nur mittelfristige Mobilisierung der Nährelementevorräte der Humusaufgaben und Oberbodenhorizonte und deren Freisetzung in die Bodenlösung zurückzuführen. Vielfach zeigen sich jedoch deutliche Trends einer weiteren Abnahme des BC/AL-Verhältnisses.

Zusammenfassung

Die forstlich genutzten Böden Sachsens lassen hauptsächlich infolge der großflächigen seit Jahrzehnten einwirkenden Säureeinträge einen **hohen Versauerungsgrad** erkennen, der zu einem erheblichen Verlust an Nährstoffkationen im Zuge des Versauerungsprozesses geführt hat. Die sächsischen Waldböden sind demzufolge überwiegend nährstoffarm. Untersuchungen in Blättern und Nadeln verweisen auf eine entsprechend mangelhafte oder disharmonische Nährstoffversorgung der Bäume.

Seit 1988 haben die durch den Ferntransport bedingten **Schwefeleinträge** in die sächsischen Waldökosysteme erheblich **abgenommen**. Dieser **Trend** hat sich seit dem Jahr 1996 **deutlich verstärkt**. Dabei gilt es allerdings zu berücksichtigen, dass die meteorologischen Bedingungen des Jahres 1997 stark von atlantischen Luftströmungen mit geringeren Schadstoffgehalten geprägt waren. Die Schwefeleinträge liegen dennoch **weiterhin auf einem zu hohen Niveau**.

Die **Säureeinträge** sind nach einem bis 1996 besonders im Erzgebirge starken Anstieg ebenfalls erheblich **zurückgegangen**. Sie sind aber weiterhin so hoch, dass ohne Gegenmaßnahmen regional unterschiedlich der Prozess der Bodenversauerung in den sächsischen Waldökosystemen anhält.

Die **Stickstoffeinträge** – insbesondere auch von Ammonium – verbleiben insgesamt **auf einem für Waldökosysteme zu hohen Niveau**. Sie können entscheidend zur Säurebelastung in den sächsischen Waldökosystemen beitragen.

Die in der Vergangenheit in den Böden ausgelösten **längerfristigen Versauerungsschübe** haben zum Teil erhebliche Mobilisierungsprozesse vormals gespeicherter Säurevorräte induziert. Diese Prozesse **scheinen abzuklingen** und die Gesamtsäurebelastungen der Ökosysteme gehen zurück.

In zahlreichen Waldökosystemen Sachsens sind die Nährelementverluste der Böden und die Austragsraten von Sulfat, Nitrat und Aluminium mit dem Sickerwasser anhaltend hoch. Daraus ergeben sich für die Wasserwirtschaft **erhöhte Aufwendungen für die Sicherung der Trinkwasserqualität** aus bewaldeten Wassereinzugsgebieten.

Schadzonierung

Grundlagen

Die seit Beginn der 60er Jahre im Erzgebirge verstärkt flächig auftretenden Schädigungen an Fichtenbeständen – die sogenannten „Klassischen Rauchschäden“ – erforderten eine Gliederung der betroffenen Waldgebiete in Schadzonen (vgl. *Waldschadensbericht 1994*). Grundlage der Schadzonierung 1990 war der bestandesweise mit Hilfe von Luftbildauswertungen und terrestrischen Aufnahmen eingeschätzte Benadlungsgrad von über 60-jährigen Fichten- und Kiefernbeständen. Basierend auf Schadstufenansprachen nach dem Anteil von Bäumen mit einem Nadelverlust größer 50 % wurden die 5 Immissionschadzonen ausgedehnt:

I extrem	überwiegend katastrophale Schäden
I	überwiegend starke Schäden
II	überwiegend mäßige Schäden
III	überwiegend leichte Schäden
0	keine Schäden

Die im Folgenden dargestellte **Aktualisierung der Immissionschadzonen von 1990** dient der Überprüfung der Abgrenzung der Klassischen Immissionschadgebiete. Berücksichtigt werden vor allem die flächig auftretenden, durch SO₂ verursachten, Immissionschäden im Mittleren Erzgebirge, Osterzgebirge, Elbsandsteingebirge, Lausitzer Bergland und Zittauer Gebirge. Lokal auftretende Schadensschwerpunkte – z. B. durch Intensivtierhaltung hervorgerufen – werden bei der Festlegung der neuen Schadzonen nicht einbezogen.

Die in Sachsen zunehmenden „Neuartigen Waldschäden“ (z. B. Westerzgebirge) sind im Gegensatz zu den „Klassischen Waldschäden“ diffus verbreitet, so dass deren Regionalisierung zu großen zusammenhängenden Schadgebieten nur schwer möglich bzw. nicht sinnvoll ist. In diesen Gebieten wird die Begutachtung und Planung der Einzelfläche (des Einzelbestandes) künftig immer stärker in den Mittelpunkt treten.

Die Basis für die Aktualisierung der Immissionschadzonen bilden die im Auftrag der Sächsischen Landesanstalt für Forsten erfolgten Color-Infrarot-Befliegungen im Erzgebirge (1996), Elbsandsteingebirge (teilweise 1996, 1997), Zittauer Gebirge (1997) und Lausitzer Bergland (1997) im Maßstab von 1 : 7 000 sowie deren nach Gemarkungen regionalisierten Luftbildinterpretationsergebnisse.

Großmaßstäbige Luftbilder bzw. deren Interpretationsergebnisse sind aufgrund ihrer Operationalität, der Flächigkeit und Genauigkeit ihrer Aussage sowie des zu einem Stichtag betrachteten großen Stichprobenumfangs derzeit immer noch das am besten geeignete Mittel für derartige Auswertungen. Die Gemarkung, eine von Organisations- und Strukturveränderungen bislang unberührte stabile administrative Einheit, bietet die besten Voraussetzungen als Bezugsgröße für forstpolitische Entscheidungen.

Im Rahmen der Luftbildinterpretation wurde für die über 59-jährigen Fichten-

bestände eine einzelbaumweise, auf Stichprobenbasis beruhende teilflächenweise Auswertung vorgenommen. Die Einzelbaumschadstufen gliedern sich entsprechend der VDI-Richtlinie 3793 nach dem Anteil des Nadelverlustes in die Stufen:

0	0–10 % Nadelverlust
1	11–25 % Nadelverlust
2	26–60 % Nadelverlust
3	61–99 % Nadelverlust
4	100 % Nadelverlust

Die Ermittlung von Flächenschadstufen basiert auf dem vorhandenen Anteil deutlicher Schäden im Bestand, d. h., Nadelverlust des Einzelbaumes ist größer als 25 % und entspricht damit den Einzelbaumschadstufen 2, 3 und 4 nach o. g. VDI-Richtlinie. Die Berechnung von Flächenschadstufen erfolgte nach der in mehreren Luftbildinventuren erprobten Klassifizierungsskala:

0	0–10 % Anteil von Fichten mit Nadelverlust > 25 %
1	11–33 % Anteil von Fichten mit Nadelverlust > 25 %
2	34–66 % Anteil von Fichten mit Nadelverlust > 25 %
3	> 66 % Anteil von Fichten mit Nadelverlust > 25 %

Aus fachlicher Sicht ist die VDI-Richtlinie der einzelbaumweisen Schadinterpretation für Bäume jünger 60 Jahre nicht geeignet (zu geringe Kronengröße). Deshalb wurden für die zu

interpretierenden Fichten-Bestände im Alter von 20 bis 59 Jahren die o. g. Flächenschadstufen entsprechend dem Anteil von Fichten mit Nadelverlust größer 25 % geschätzt.

Die bei der Interpretation der CIR-Luftbilder aus der Befliegung des

Erzgebirges und Elbsandsteingebirges (Teile) sowie der Befliegung des Zittauer Gebirges, Lausitzer Berglandes und Elbsandsteingebirges (Teile) verwendete einheitliche Methodik gestattet die gemeinsame Darstellung der Interpretationsergebnisse und die Weiterverarbeitung der Daten nach der

gleichen Methodik. Die Interpretationsergebnisse belegen, dass durch die akuten Schädigungen im Winter 1995/96 neben den über 60-jährigen Fichten auch die jüngeren Bestände betroffen waren. Dies erfordert die Einbeziehung aller (ca. 23 000) über 19-jährigen Fichtenbestände.

Ergebnisse

Die Abgrenzung von Schadzonen erfolgte auf der Grundlage der vorliegenden Flächenschadstufen. Das heißt, das nach der Einzelbaum- bzw. Flächenauswertung vorliegende Schadstufenmosaik (vgl. Abb. 83) wurde mit Hilfe von rechnergestützten Verschneidungsalgorithmen gemarkungsgetreu zu größeren Schadgebieten regionalisiert bzw. generalisiert.

Unter Nutzung gemeinsamer Adressen wurden die Flächenschadstufen mit der digitalisierten Waldeinteilung der Forsteinrichtung (Teilfläche als kleinste gemeinsame räumliche Bezugseinheit) im Forstlichen Geographischen-Informationssystem Sachsens verknüpft. Die Schadzone für eine Region – Gemarkung – resultiert aus der

- Ermittlung des mittleren Nadelverlustes pro Flächenschadstufe
- Berechnung des flächengewogenen Nadelverlustes pro Teilfläche
- Ermittlung des flächengewogenen Nadelverlustes pro Gemarkung
- Einteilung des flächengewogenen Nadelverlustes pro Gemarkung in Schadzonen.

Es werden die 3 Schadzonen ausgedient:

- 1 starke Schäden**
- 2 mittlere Schäden**
- 3 geringe Schäden**

Danach liegen ca.

- 1 360 ha Wald in der Schadzone 1,**
- 50 920 ha Wald in der Schadzone 2,**
- 56 160 ha Wald in der Schadzone 3.**

Die Abb. 84 veranschaulicht das Ergebnis der Aktualisierung der Schadzonen. Die Hauptschadgebiete (Schadzone 1) liegen in den Gemarkungen Brüderwiese, Deutscheinsiedel, Deutschneudorf, Fürstenau, Georgenfeld, Heidelberg, Oberseiffenbach, Reitzenhain, Satzung, Seiffen, Zinnwald.

Durch den rechnergestützten Generalisierungsprozess wird die Grenzfestlegung im Gegensatz zum Zonierungsverfahren der DDR (Grenzen wurden okular anhand von Schadstufendarstellungen auf Übersichtskarten festgelegt) objektiviert.

Abb. 83: Flächenschadstufen für Fichte \geq 20 Jahre, basierend auf CIR-Luftbildinterpretationen 1996/97

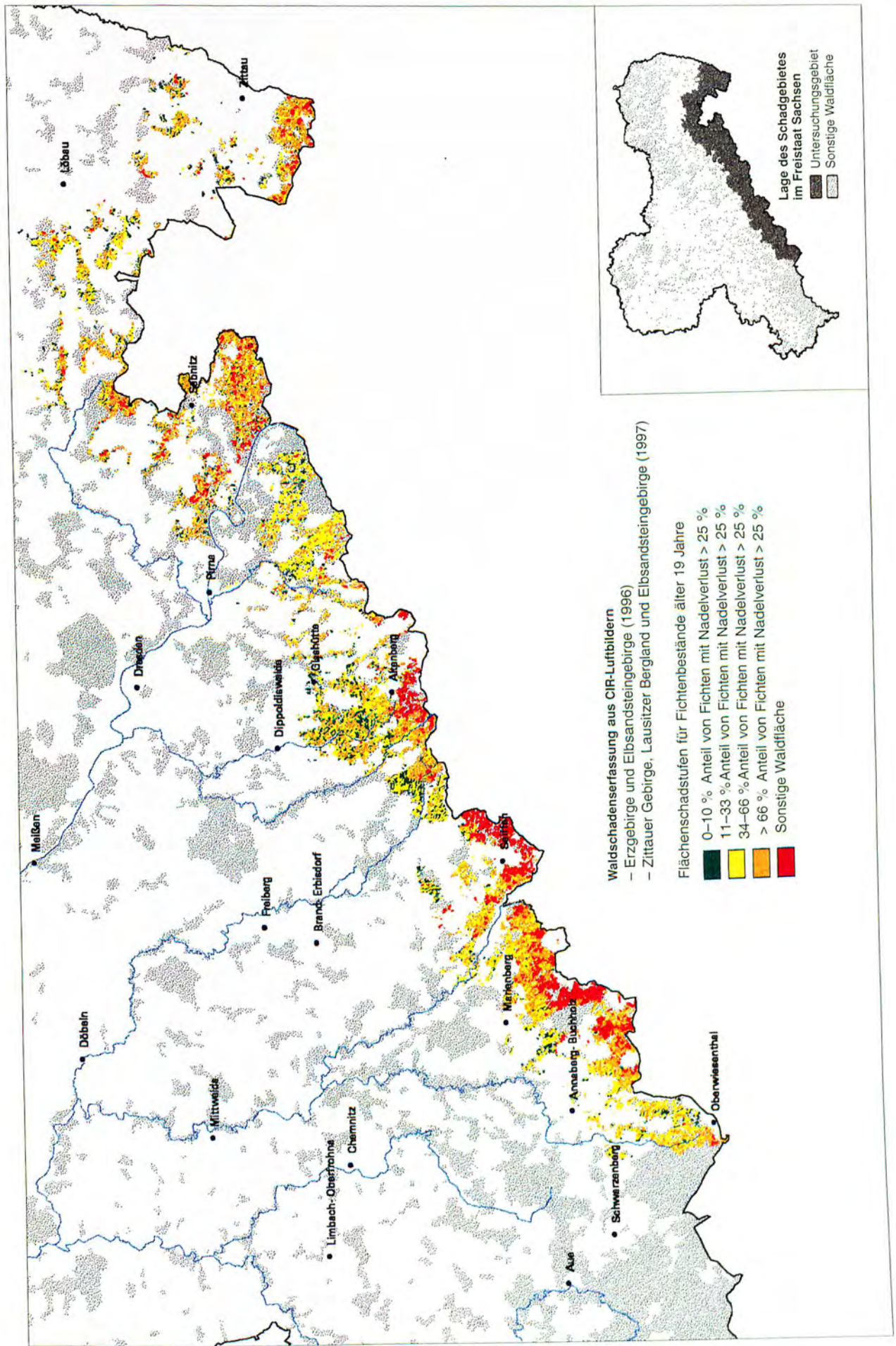
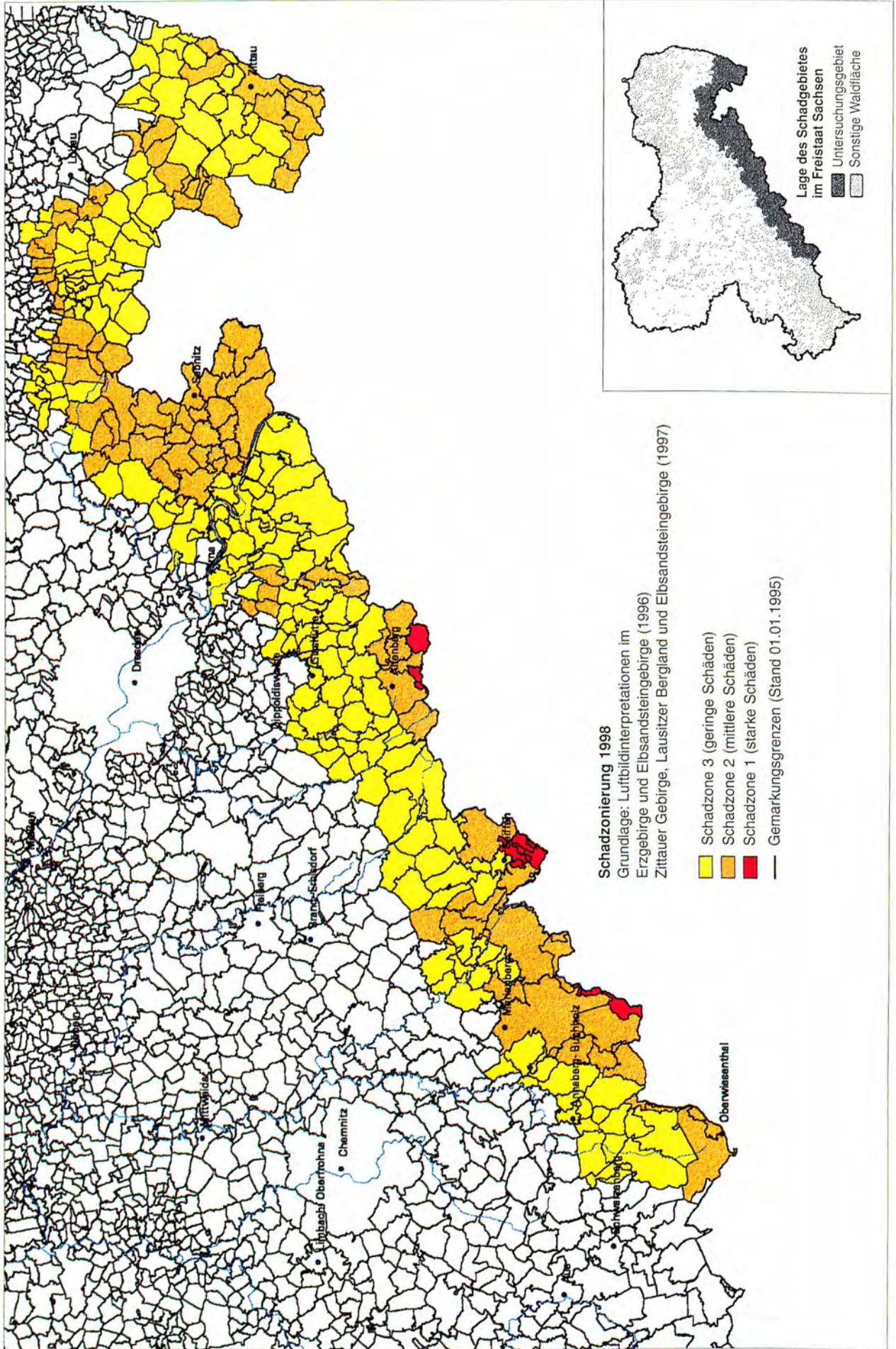


Abb. 84: Schadzonierung von Klassischen Immissionsschäden 1998



Zusammenfassung

Die Aktualisierung der Schadzonen von „Klassischen Immissionsschäden“ wurde auf der Basis von CIR-Luftbildauswertungen im Mittleren Erzgebirge, Osterzgebirge, Elbsandsteingebirge, Lausitzer Bergland und Zittauer Gebirge (1996/97) und der gemarkungstreu Regionalisierung dieser Interpretationsergebnisse vorgenommen.

Die Schadzonenermittlung unterscheidet sich methodisch von der bislang verwendeten Schadzonierung von 1990.

Es werden die 3 Schadzonen ausgedehnt:

- 1 starke Schäden
- 2 mittlere Schäden
- 3 geringe Schäden

Das differenzierte Erscheinungsbild von Neuartigen Waldschäden und lokal auftretenden Schäden durch Intensivtierhaltung steht einer landesweiten Schadzonierung entgegen.

Die Entwicklung des Zustandes der Wälder und ihrer Schadsymptome wird künftig weiterhin im Rahmen eines Umweltmonitorings mit Hilfe von Fernerkundungsdaten (Luftbilder, Satellit) sowie terrestrischen Aufnahmen periodisch betrachtet und sollte aufgrund der Diversität des Schadfortschritts spätestens im Jahr 2003 zu einer Überprüfung der Schadzonierung führen.

Maßnahmen gegen Waldschäden

Die Fortsetzung der Arbeiten zur Sanierung der im Winterhalbjahr 1995/96 im Erzgebirge eingetretenen Immissionsschäden nahmen wie im vergangenen Jahr auch 1998 eine zentrale Stellung ein. Auf der Grundlage

eines Beschlusses der Sächsischen Staatsregierung wurden der Forstwirtschaft 1996 zur Behebung der Schäden im Landes-, Treuhand-, Körperschafts- und Privatwald kurzfristig Sondermittel in Höhe von insgesamt 60 Mio. DM

zur Verfügung gestellt. Die mit diesen Mitteln bis zum 31.08.1998 durchgeführten Maßnahmen sind getrennt nach den einzelnen Waldbesitzformen in Tab. 16 aufgeführt.

Tab. 16: Stand der Arbeiten im Immissionsschadgebiet – Stand: 31.08.98

			Landeswald	Treuhandwald	Körperschafts- u. Privatwald	Summe
Aufbereitete Holzmenge	1996	fm	202 180	10 257	71 585	284 022
	1997	fm	35 845	1 941	7 701	45 487
	1998	fm	84 341	1 125	1 000	86 466
	Summe	fm	322 366	13 323	80 286	415 975
Bodenschutzkalkung (aviotechnisch bearbeitete Fläche)	1996	ha	15 365	639	33	16 037
	1997	ha	4 630	581	6 748	11 959
	1998	ha	905	–	2 700	3 605
	Summe	ha	20 900	1 220	9 481	31 601
Bodenvorbereitung inkl. Kalkbeigabe (bearbeitete Fläche)	1996	ha	206	3	–	209
	1997	ha	130	8	27	165
	1998	ha	235	1	70	306
	Summe	ha	571	12	97	680
Wiederaufforstung	1996	ha	8,00	–	–	8,00
	1997	ha	134,45	8,15	28,98	171,58
	1998	ha	136,79	0,56	13,00	150,35
	Summe	ha	279,24	8,71	41,98	329,93
Voranbau	1996	ha	11,00	–	–	11,00
	1997	ha	257,47	5,22	28,32	291,01
	1998	ha	344,33	1,10	70,00	415,43
	Summe	ha	601,80	6,32	98,32	717,44
Wegebau	Grundhafte Erneuerung					
	1996	lfm	17 480	–	1 120	18 600
	1997	lfm	10 422	–	–	10 422
	1998	lfm	4 080	–	–	4 080
	Summe	lfm	31 982	–	1 120	33 102
	Wegeinstandsetzung					
	1996	lfm	79 640	2 300	2 670	84 610
	1997	lfm	34 399	210	4 510	39 119
	1998	lfm	64 711	120	–	64 831
	Summe	lfm	178 750	2 630	7 180	188 560
	Anlage von Rückewegen					
	1996	lfm	11 902	4 000	–	15 902
	1997	lfm	6 640	–	500	7 140
	1998	lfm	48 436	–	–	48 436
	Summe	lfm	66 978	4 000	500	71 478

Als Laufzeit des Sonderprogramms war im Landeswald der Zeitraum von 1996 bis 1998 – im Privat- und Körperschaftswald bis 1999 geplant.

Da es sich aber zunehmend abzeichnet, dass mindestens bis 2001 vorgreifende Maßnahmen zur Sanierung der Wälder im Schadgebiet durchzuführen sind, um sowohl forstsanitär als auch ökologisch die gewünschten dauerhaften Effekte zu erzielen, hat das Kabinett im Sommer 1998 die Fortführung des Sonderprogrammes bis 2001 beschlossen.

Schwerpunkte der weiteren Sanierungsmaßnahmen sind:

- Ständige Überwachung des Schadgebietes im Hinblick auf eine mögliche Massenvermehrung von Borkenkäfern
- Schutz der Verjüngungen gegenüber Mäuseschäden, Nachbesserung der Kulturen bei größeren Pflanzenausfällen
- Weitere Bodenschutzkalkungen auf der bisher unbehandelten Fläche und bei Bedarf Durchführung einer Wiederholungskalkung
- Waldumbau durch Wiedereinbringung der Rotbuche als Hauptbaumart der natürlichen Waldgesellschaft im Schadgebiet

Auch 1998 bildet die Kompensationskalkung einen entscheidenden Schwerpunkt bei den Maßnahmen zur Ver-

besserung des Waldzustandes. Die Kalkungsmaßnahmen sind aber erst im dritten Quartal angelaufen, so dass im Immissionsschadgebiet zum 31.08.98 nur eine Fläche von 905 ha abgerechnet werden konnte.

Tab. 17: Kalkungsplanung 1998 (Angaben in ha)

Landeswald	Treuhandwald	Körperschafts- u. Privatwald	Sachsen gesamt
20 700	2 700	11 000	34 400

Der Umfang der Bodenschutzkalkung zur Kompensation von Säureeinträgen und Stabilisierung der Nährstoffversorgung im Boden beträgt 1998 in allen Eigentumsarten voraussichtlich 34 400 ha. Damit wurde im Zeitraum von 1991 bis Ende 1998 auf etwa 140 069 ha Waldbestände aviotechnisch Kalk ausgebracht.

Die Waldbaugrundsätze der Landesforstverwaltung vom Februar 1992 bilden die Grundlage für die Wende in der sächsischen Forstwirtschaft vom Kahlschlagsprinzip und der damit verbundenen Schaffung von instabilen einförmigen Nadelwäldern hin zur Schaffung eines Mischwaldes. Nur ein nach dem Alter und der Baumartenzusammensetzung kleinflächig strukturierter Wald wird gegenüber den vielfältigen Gefahren wie den Immissionsschäden, möglichen Klimaver-

änderungen, Sturm- und Schneebruchschäden oder Insektenkalamitäten bestehen können.

Im Ergebnis einer 1993 durchgeführten ökologischen Waldentwicklungspla-

nung sollen im Landeswald jährlich auf 650 ha Voranbauten überwiegend mit Laubholz angelegt werden. Im Vollzug der Jahre 1994 bis 1997 wurde diese Zielstellung im Jahresdurchschnitt um 350 ha überboten.

Die wichtigste Stabilisierungsmaßnahme besonders in den jüngeren Nadelholzbeständen ist die Standraumregulierung zur Förderung des Wachstums von gut bekronten Einzelbäumen oder Baumgruppen. Die im sächsischen Landeswald im Zeitraum von 1993 bis 1998 zu diesem Zweck erfolgten Maßnahmen sind in der Tab. 18 aufgeführt.

Im Privat- und Kommunalwald werden Maßnahmen zur Stabilisierung des Waldes auf der Grundlage der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ gefördert.

Tab. 18: Pflegemaßnahmen zur Stabilisierung jüngerer Bestände im Landeswald von 1994 bis zum 31.08.98 (Angaben in ha)

Maßnahme	1994	1995	1996	1997	1998 (Plan)	Summe
Jungwuchspflege	3 792	3 160	3 078	2 994	2 656	15 680
Jungbestandespflege	2 890	2 474	3 215	3 552	3 422	15 553
Summe	6 682	5 634	6 293	6 546	6 078	31 233

Summery on the forest condition in 1998

In Saxony, the forest damage survey assessed **19 %** of all trees as **visibly damaged** (damage classes 2-4), **37 %** as **slightly damaged** (damage class 1) and 44 % without damages (damage class 0) in 1998. In comparison with the previous year, the distribution of the damage classes is exact the same.

For the main tree species, growth areas and regions of major interest, it can be noted:

- The percentage of visibly damaged trees of *Picea abies* (L.) KARST. remained almost on the same level of 24 % in 1998. The percentage of slightly damaged spruce trees increased once again by 6 points, the percentage of not damaged trees decreased by the same extent. In some regions, the infestation of bark beetles especially of *Ips typographus* L. increased significantly.
- In comparison with the previous year, the visible damages of *Pinus sylvestris* L. remained nearly on the same level of 9 %. The trend of improvement observed on pine lasted also in 1998. Nevertheless, limited damages could be observed again locally by needle defoliating insects in pine stands.
- In 1998, the level of damages of *Quercus* spp. was again extremely high with 54 % of visible and 33 % of slight damages. Therefore, every eighth oak only remained without any damage. Despite decreasing damages by leave defoliating caterpillars, the percentage of visibly damaged oak trees increased again compared with 1997.
- In opposite to the previous year, the percentage of visibly damaged trees of *Fagus sylvatica* L. increased again. However, the phenotype of older beech trees was influenced by the heavy production of beechnuts.
- Regionally, some **broadleaved species** (e.g. birch) showed severe crown damages.
- In 1998, significant differences occurred in the level of damages among the **growth areas**: In the **Ore mountains**, the forest damages are again on the highest level compared with the other growth areas. With 28 % of visibly damaged trees, the forest damages are higher by 9 points than the average evaluated for Saxony. However, a slight improvement could be observed compared with 1997. In the growth areas „**Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland**“, the forest damage survey assessed 10 % of all trees as visibly damaged. In these areas, the forest condition can be seen as more favourable compared to other growth areas. In the growth areas „**Vogtland**“ as well as „**Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge**“ however, a slight decline of the crown condition could be observed in comparison with 1997.
- The **area damaged in winter 1995/1996** is characterized by an extremely high level of damages. In this area, already 7 % of the trees were heavily damaged or dead (damage classes 3 and 4) before the winter 1995/1996. This value was significantly higher than the average evaluated for Saxony. After the winter 1995/1996, the severe damages increased again by three times. Since 1997, a slight easing of the situation can be observed. At present, the area is endangered by an increased susceptibility to infestation of bark beetles.

Within the framework of the updating of the “classical damage zones for air polluted areas“, **3 damage zones** were declared based on the district level: damage zone 1 (heavy damages) with 1,360 ha, damage zone 2 (average damages) with 50,920 ha and damage zone 3 (slight damages) with 56,160 ha.

The input of **sulphur** due to long distance transport in the Saxon forest ecosystems decreased extensively. Nevertheless, it remains on a very high level. The input of **nitrogen** especially of ammonium remained on the same high level as in 1997. In comparison with 1996, a decrease of the **acidic** inputs could be observed especially in the Ore mountains.

Der Waldzustand 1998 im Überblick

Die Waldschadenserhebung 1998 weist in Sachsen **19 %** der Bäume als **deutlich**, **37 %** als **leicht geschädigt** und 44 % als gesund aus. Damit ergibt sich im Gesamtergebnis die gleiche Schadstufenverteilung wie im Vorjahr.

Für die Hauptbaumarten, Wuchsgebiete und regionalen Schwerpunkte gilt:

- Der Anteil deutlich geschädigter **Fichten** ist nahezu gleich bleibend hoch bei 24 %. Der Anteil leicht geschädigter Fichten hat sich erneut erhöht (um 6 Prozentpunkte), der Anteil gesunder Fichten dementsprechend verringert. Der Befall durch Borkenkäfer, speziell den Buchdrucker, nahm in einigen Regionen deutlich zu.
- Die deutlichen Schäden in der **Kiefer** sind mit 9 % ähnlich niedrig wie im Vorjahr. Damit hielt der Verbesserungstrend in der Kiefer an. In Kiefernbeständen kam es wiederum zu lokal eng begrenzten Schäden durch nadelfressende Insekten.
- Das Schadniveau der **Eiche** ist mit 54 % deutlichen und 33 % leichten Schäden weiterhin extrem hoch. Nur jede 8. Eiche ist noch gesund. Trotz geringerer Fraßschäden durch Schmetterlingsraupen hat die Anzahl deutlich geschädigter Eichen gegenüber 1997 zugenommen.
- Der Anteil deutlicher Schäden in der **Buche** ist wieder angestiegen. Dabei wird das Erscheinungsbild der älteren Buchen zusätzlich vom Fruchtanhang geprägt.
- Verschiedene **Laubbaumarten** (z. B. Birke) weisen gebietsweise Absterbeerscheinungen in den Kronen auf.
- Zwischen den **Wuchsgebieten** treten erhebliche Unterschiede im Schadausmaß auf:

Im **Erzgebirge** sind die Waldschäden 1998 wieder am stärksten ausgeprägt. Mit 28 % deutlich geschädigten Bäumen liegen die Schäden hier um 9 Prozentpunkte höher als im Landesdurchschnitt. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich eine leichte Verbesserung eingestellt.

In den Wuchsgebieten **Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland** stellt sich die Situation wesentlich günstiger dar. Der Anteil deutlich geschädigter Bäume beträgt dort 10 %.

In den Wuchsgebieten **Vogtland** sowie **Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge** hat sich der Kronenzustand gegenüber 1997 etwas verschlechtert.

- Das **Schadgebiet des Winters 1995/96** ist durch ein extrem hohes Schadniveau gekennzeichnet. Der Anteil stark geschädigter und abgestorbener Bäume war bereits vor dem Winter 1995/96 mit 7 % wesentlich höher als im Landesdurchschnitt und stieg danach nochmals auf das Dreifache an. Seit 1997 zeichnet sich eine leichte Entspannung der Situation ab. Das Gebiet ist jedoch auch weiterhin durch eine erhöhte Disposition gegenüber Borkenkäferbefall gekennzeichnet.

Im Rahmen einer Aktualisierung der „Klassischen Immissionsschadzonen“ wurden gemarkungsgetreu **3 Schadzonen** ausgewiesen: Schadzone 1 (starke Schäden) mit 1 360 ha, Schadzone 2 (mittlere Schäden) mit 50 920 ha und Schadzone 3 (geringe Schäden) mit 56 160 ha.

Die durch den Ferntransport bedingten **Schwefeleinträge** in die sächsischen Waldökosysteme haben erheblich abgenommen, liegen aber weiterhin auf einem hohem Niveau. Gleich bleibend hoch sind die **Stickstoffeinträge** – insbesondere auch von Ammonium.

Die **Säureeinträge** sind besonders im Erzgebirge gegenüber 1996 wieder zurückgegangen.

Stan zdrowotny lasów saksońskich w roku 1998 – podsumowanie

Ocena stanu zdrowotnego lasów w Saksonii w roku 1998 wykazuje u **19 %** ogólnej liczby drzew **szkody wyraźne, a u 37 % lekkie**; 44 % drzew oceniono jako zdrowe. Jest to dokładniej ten sam rezultat jak w roku poprzednim.

Dla głównych gatunków drzew, stref klimatycznych i objaw rejonowych można podsumować:

- U **świerka** udział wyraźnie uszkodzonych drzew pozostał w roku 1998 nadal wysoki wykazując 24 %. Udział lekko uszkodzonych drzew wzrósł ponownie o 6 % w porównaniu do roku 1997, natomiast równocześnie obniżył się w tej samej mierze procent zdrowych świerków. W niektórych rejonach wzrosło nasilenie korników w drzewostanach, głównie przez drukarza (*Ips typographus*).
- Poziom wyraźnych szkód u **sosny** jest podobno niski jak w roku poprzednim, wykazując aktualnie 9 %. Tendencja polepszenia się stanu zdrowotnego sosny utrzymuje się nadal. Szkody wyrządzone przez owady igłozerne w drzewostanach sosnowych obserwowano tylko lokalnie w niewielkich rozmiarach.
- Poziom szkód u **dęba** jest nadal skrajnie wysoki – rezultaty oceny w 1998 r wykazują 54 % wyraźnych i 33 % lekkich szkód. Tylko co 8. dąb został oceniony jako zdrowy. Mimo że szkody wyrządzone przez owady liściożerne były w roku 1998 mniej intensywne, w porównaniu z rokiem poprzednim ponownie wzrósł udział wyraźnie uszkodzonych dębów.
- Objawy wyraźnych szkód u **buka** znowu podwyższyły się nieznacznie w porównaniu z rokiem 1997. Wygląd starszych drzew cechuje w tym roku duża liczba owoców (orzeszków bukowych).
- Niektóre gatunki **drzew liściastych** (n.p. brzoza) w niewielkich obszarach ukazują objawy obmierania koron.
- Znaczne różnice intensywności szkód istnieją pomiędzy **strefami klimatycznymi; w Górach Rudawskich** zarejestrowano ponownie najsilniejsze szkody lasów. Udział drzew z wyraźnymi szkodami wynosi tu 28 %, jest to 9 % więcej niż przeciętna Saksonii. W porównaniu z rokiem poprzednim nastąpiło tu lekkie polepszenie sytuacji. W rejonach „**Środkowy północno-wschodni młodszy krajobraz morenowy**“ oraz „**Düben-Dolnołużycy krajobraz morenowy starszy**“ wygląd drzewostanów jest wyraźnie lepszy. Udział wyraźnych szkód wynosi tu tylko 10 %. W rejonach klimatycznych „**Vogtland**“ oraz „**Elbsandsteingebirge**“, „**Wzniesienia Górnołużycy**“/ „**Wzniesienia Żytawskie**“ wygląd koron drzew nieco się pogorszył.
- **Obszary uszkodzone zimą 1995/96** nadal wykazują skrajnie wysoki poziom szkód. Udział wyraźnie uszkodzonych oraz martwych drzew już przed zimą 1995/96 był o 7 % wyższy niż przeciętna kraju, a po tej zimie wzrósł trzykrotnie. Od 1997 rysuje się lekkie odprężenie sytuacji. Obszar ten znajduje się w dalszym ciągu pod zagrożeniem inwazji kornika.

Obecnie zaktualizowano obszar trzech klasycznych stref szkód spowodowanych przez imisję. Granice stref korespondują teraz z granicami gmin. Strefa 1 (wyraźne szkody) obejmuje 1 360 ha, strefa 2 (średnie szkody) 50 920 ha i strefa 3 (lekkie szkody) 56 160 ha.

Długodystansowe imisje związków siarki w ekosystemy leśne Saksonii istotnie zmalały na rozległych obszarach, ich poziom jest jednak nadal wysoki. Obciążenia przez związki azotu są nadal na wysokim poziomie – przede wszystkim amon. Imisje kwasów zmalały, przede wszystkim w Górach Rudawskich, w porównaniu do roku 1996.

Přehled zdravotního stavu lesů Saska v roce 1998

Evidence poškození lesů Saska vykazuje **19 %** veškerých stromů jako **znatelně (zřetelně), 37 % lehce poškozených** a 44 % zdravých. Tímto celkovým výsledkem je zaznamenáno stejné rozložení stupňů poškození jako v minulém roce.

Pro hlavní dřeviny, jejich růstové stanoviště a oblastní těžišťe plati:

- Podíl znatelně poškozených **smrků** je přibližně stejně vysoký – 24 %. Podíl lehce poškozených smrků se opět zvýšil (o 6 %), podíl zdravých se ve stejném měřítku snížil. Napadení podkorním hmyzem, hlavně kůrovcem, se v některých oblastech značně zvýšilo.
- Znatelné škody na **borovicích** jsou s podílem 9-ti % stejně nízké jako v minulém roce. Tím nadále pokračuje zlepšení zdravotního stavu borových porostů. V těchto porostech však došlo k lokálně omezenému žiru listožravým hmyzem.
- Úroveň škod na **dubech** – 54 % znatelně a 33 % lehce poškozených stromů je nadále značně vysoká. Pouze každý osmý dub je zdravý. Přestože žir listů na dubech pokles, počet poškozených dubů se oproti 1997 opět znatelně zvýšil.
- Podíl znatelných škod na **bukách** se zvýšil. Přitom je vnější dojem u starších buků doplněn dobrou plodností.
- Různé listnaté **dřeviny** (např. bříza) vykazují lokálně odumírání korun stromů.

Mezi jednotlivými **růstovými stanovišti** jsou značné rozdíly ve stupních poškození. V **Krušných horách** bylo toto poškození opět nejvýraznější. S podílem 28 % znatelně poškozených stromů zde leží škody o 9 % nad zemským průměrem. V porovnání s loňským rokem se však dosáhlo mírného zlepšení.

V růstovém areálu borovice **Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland** (severní a severovýchodní nížozemí Saska) je zdravotní stav lesních porostů zde leží škody o 9 % nad zemským průměrem. V porovnání s loňským rokem se však dosáhlo mírného zlepšení.

V růstové oblasti **Vogtland a Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge** (Západní Sasko, Pohoří labských pískovců, Lužické a Žitavské pohoří) se zdravotní stav korun stromů mírně zhoršil.

- **Oblast škod zimy 1995/96** je nadále značená extrémně špatným zdravotním stavem lesních porostů. Podíl znatelně poškozených stromů už byl před zimou 1995/96 o 7 % vyšší než zemský průměr. Po zimě dosáhl trojnásobné výšky. Od roku 1997 se ukazuje mírné zlepšení situace. Oblast je však nadále silně ohrožená napadením kůrovcem.

V rámci aktualizace klasických pásem imisního poškození byly s ohledem na uzemní celky vykázány tři pásma ohrožení: Pásmo 1 (silné poškození) 1 360 ha, Pásmo 2 (střední poškození) 50 920 ha, Pásmo 3 (mírné poškození) 56 160 ha.

Zanášení sírových zplodin do lesních ekosystémů Saska se podstatně snížilo, ale stále se pohybuje na vysoké hladině. Zanášení dusíkových zplodin se nezvýšilo – to plati především pro Ammonium. Zanášení kyselin se oproti roku 1996 podstatně snížilo.

Herausgeber

Sächsisches Staatsministerium
für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL)
Albertstraße 10, 01097 Dresden
Tel. (03 51) 5 64 68 18, Fax (03 51) 5 64 68 17

Redaktion

Sächsische Landesanstalt für Forsten (LAF)
Bonnewitzer Straße 34, 01827 Graupa
Tel. (0 35 01) 54 20, Fax (0 35 01) 54 22 13

Fotos

Archiv der LAF

Gestaltung und Produktion

TRICOM Dresden
Druckerei Thieme, Meißen

Redaktionsschluss 16.10.98

Auflage 4 000

Gedruckt auf Papier aus 100 % chlorfrei (tcf) gebleichtem Zellstoff.

Bezug über FDD Sachsenwerbung, SMUL und LAF

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Unterrichtung der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist besonders die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.