

# Waldschadensbericht 1997



Freistaat  Sachsen

Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten

# Der Waldzustand 1997 im Überblick

Die Waldschadenserhebung 1997 weist in Sachsen **19 %** aller Bäume als **deutlich**, **37 %** als **leicht geschädigt** und **44 %** als gesund aus. Der Anteil deutlich geschädigter Bäume erhöhte sich im Vergleich zum Vorjahr nur unwesentlich, allerdings stieg der Anteil leicht geschädigter Bäume um 7 Prozentpunkte an. Dieser Anstieg resultiert aus einem Rückgang von Bäumen ohne Schadmerkmale.

Für die Hauptbaumarten und Wuchsgebiete gilt:

- Der Anteil deutlich geschädigter **Fichten** liegt 1997 gleichbleibend hoch bei **25 %**. Der Anteil leicht geschädigter Fichten hat sich um 7 Prozentpunkte erhöht, der Anteil gesunder in gleichem Maße verringert. In einzelnen Fichtenbeständen des Vogtlandes und im Westerzgebirge wurde der Kronenzustand durch ein Massenaufreten der Fichten-Gespinstblattwespe beeinflusst.
- Die deutlichen Schäden in der **Kiefer** sind im Vergleich zum Vorjahr wieder etwas angestiegen. Sie betragen nun **10 %** und liegen damit jedoch noch unter den Werten von 1991 bis 1994. In Kiefernbeständen kam es zu lokal begrenzten Schäden durch nadelfressende Insekten.
- Das Schadniveau der **Eiche** ist mit **47%** deutlichen und **39 %** leichten Schäden weiterhin extrem hoch. Nur jede 7. Eiche ist noch gesund. Obwohl der Blattfraß von Schadinsekten an der Eiche 1997 vor allem in der Intensität abgenommen hat, blieben die Kronen ähnlich stark verlichtet wie in den Vorjahren.
- Leicht rückläufig waren die Schäden in der **Buche**. Der Anteil deutlicher Schäden liegt bei **12 %**. Die Zeitreihe für die Buche zeigt von 1991 bis 1995 jedoch tendenziell eine Schadzunahme.
- Viele **Laubbaumarten** weisen offensichtlich infolge von Witterungseinflüssen, z. T. in Kombination mit Pilzbefall gebietsweise nennenswerte Schäden auf.
- Zwischen den **Wuchsgebieten** treten erhebliche Unterschiede im Schadausmaß auf: Im **Erzgebirge** sind die Waldschäden 1997 erneut am stärksten ausgeprägt. In den klassischen Rauchschadengebieten bestimmen die Folgen des Schadereignisses aus dem Winter 1995/1996 das Erscheinungsbild der Bäume wesentlich. Eine Trendwende ist nicht erkennbar. In den Wuchsgebieten **Mittleres nordost-deutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland** stellt sich das Erscheinungsbild der dort vorherrschenden Kiefer wesentlich günstiger dar.

Die durch Ferntransport bedingten **Schwefeleinträge** in die sächsischen Waldökosysteme haben großflächig abgenommen, liegen aber weiterhin auf hohem Niveau. Die höchsten Schwefel-Belastungen treten im Bereich des mittleren Erzgebirges auf. Insgesamt haben sich die **Säureeinträge** in den letzten Jahren regional stark erhöht. Hohe **Stickstoffeinträge** tragen entscheidend zur Gesamtsäurebelastung bei.

Die forstlich genutzten **Böden** Sachsens lassen einen hohen Versauerungsgrad erkennen, der zu einem erheblichen Verlust an Nährstoffkationen geführt hat. Zudem zeichnen sich erhöhte Austragsraten von Sulfatschwefel, Stickstoff und Aluminium mit dem Sickerwasser ab.

# Waldschadensbericht 1997

---

# Inhalt

Vorbemerkungen	3
<hr/>	
Waldzustand 1997	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	21
<hr/>	
Rahmenbedingungen für den Waldzustand 1997	23
Witterung	23
Immissionen	25
Stoffeinträge und ihre Wirkungen	28
pH-Werte im Niederschlag	29
Schwefel, Stickstoff und andere Elemente	30
Säurepufferung und Gesamtsäurebelastung	32
Chemischer Zustand der Waldböden	34
pH-Werte	34
Basensättigung und Nährstoffvorräte	35
Chemische Parameter in der Bodenlösung	36
Zusammenfassung	41
<hr/>	
Waldschadenserfassung 1996 mit CIR-Luftbildern	43
Grundlagen der Luftbildauswertung des Schadgebietes	43
Ergebnisse der Luftbildinterpretation	44
Zusammenfassung	46
<hr/>	
Maßnahmen gegen Waldschäden	47

# Vorbemerkungen

An den Wert des Waldes für die Gesellschaft mit all seinen Funktionen wurden wir alle durch das Schadereignis des Winters 1995/1996 im Erzgebirge eindringlich erinnert. Die Reaktionen der Bevölkerung und der Medien offenbarten das große Interesse für den Wald, aber ebenso die tiefe Besorgnis um dessen Fortbestand.

Es ist daher wichtig, den eingeschlagenen Weg des Waldumbaus in Verbindung mit einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung im Freistaat konsequent fortzusetzen, um die ökologische Funktionsfähigkeit des Waldes zu erhalten und zu verbessern. Die sächsischen Forstleute realisieren den Auftrag zur Sicherung der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes durch die Erziehung stabiler standortgerechter Mischbestände. Die forstlichen Aktivitäten werden aber nur dann erfolgreich sein, wenn gleichzeitig an der Beseitigung der Ursachen von Waldschäden weitergearbeitet wird. Darüber hinaus ist das Gelingen des anspruchsvollen Waldumbauprogramms von der ständigen Überwachung des Gesundheitszustandes des Waldes abhängig.

Als Instrument zur Beurteilung des aktuellen Waldzustandes hat sich die jährliche Waldschadenserhebung bewährt. Aufbauend auf diesen detaillierten Analysen und der Einschätzung der aktuellen Schadsituation ist es möglich, Trends abzuleiten und negativen Entwicklungen mit geeigneten forstlichen Maßnahmen entgegenzuwirken.

Obwohl die diesjährige Erhebung nicht von einer Wiederholung der dramatischen Ereignisse im Erzgebirge überschattet wird, kann im Vergleich zum Vorjahr ebensowenig von einer Entspannung der Situation gesprochen werden. Der Gesundheitszustand der sächsischen Wälder hat sich insgesamt kaum verändert – die Schäden stagnieren auf gleichbleibend hohem Niveau.

Dieses Resultat sollte daher Ansporn sein, die Aktivitäten für den Wald zu intensivieren, um unsere Lebensgrundlagen und vor allem die der kommenden Generationen zu sichern.



Dr. Rolf Jähnichen  
Staatsminister für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten

## 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 dem 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 (Vollstichprobe) 1992 – 4 x 2 km (Vollstichprobe mit Netzverdichtung) 1993 – 4 x 8 km (Unterstichprobe) 1994 – 4 x 4 km (Vollstichprobe) 1995 – 4 x 8 km (Unterstichprobe) 1996 – 4 x 8 km (Unterstichprobe mit

regionaler Verdichtung in den Wuchsgebieten Erzgebirge und Elbsandsteingebirge/Zittauer Gebirge/Oberlausitzer Bergland auf 4 x 2 km)

Gemäß dem 3jährigen Turnus wurde 1997 wieder eine Vollstichprobe (4 x 4 km) aufgenommen.

Die jeweils integrierten Aufnahmen im 16x16-km-Raster bilden die Grundlage für die Auswertung auf EU-Ebene. An den Stichprobenpunkten des 4x4-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 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.

Als „deutlich geschädigt“ werden Bäume angesprochen mit einem:

- Nadel-/Blattverlust über 25 % (ohne Vergilbung)
- Nadel-/Blattverlust über 11 % (mit entsprechender Vergilbung).

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.

Es werden von jedem Baum zusätzlich registriert:

- Blüte/Fruktifikation
- biotische Schäden durch Wild, Insekten und Pilze

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 Schadmerkmal  
1 = schwach geschädigt

2 = mittelstark geschädigt  
3 = stark geschädigt  
4 = abgestorben

deutlich geschädigt

- 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 nächst folgenden Stichprobenbäume aus dem Kollektiv ausscheiden. Streng systematisch wird dann der ausgefallene Baum durch einen Ersatzbaum ersetzt.

Obwohl biotische und abiotische Schädigungen im Rahmen der WSE an

den Probebäumen registriert werden, können diese Angaben nur bedingt zur Interpretation eines konkreten Schadereignisses 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.

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 (Buchdrucker- und Prachtkäferbefall). Hinzu kommt, daß viele biotische Schäden nicht gleichmäßig im Wald verteilt auftreten, sondern konzentriert in jeweils dispozierten 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.

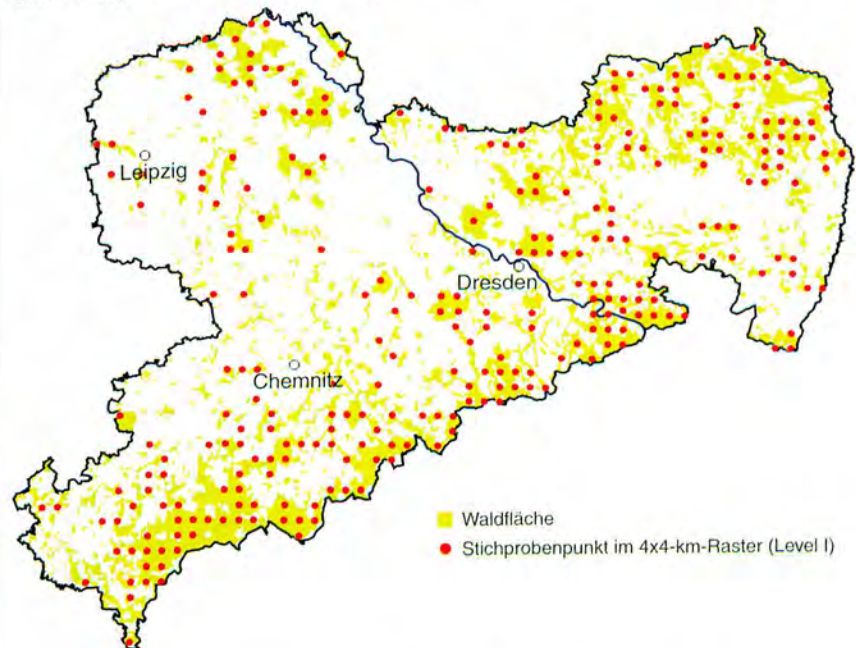
## Analyse des Datenmaterials

Das 4x4-km-Raster, welches die Grundlage für die Gesamtauswertung 1997 bildet, umfaßt in Sachsen 281 Stichprobenpunkte (s. Abb. 1, Level I). An 277 Punkten wurden in diesem Jahr 6 648 Bäume nach den vorgenannten Kriterien angesprochen; davon waren 3 000 Bäume älter als 60 Jahre. Vier Stichprobenpunkte lagen auf Blößen bzw. in Kulturen unter 60 cm Höhe. Die Verteilung der Stichprobenpunkte in Sachsen ist aus Abb. 1 zu ersehen.

1997 mußten vom Kollektiv der über 60jährigen Stichprobenbäume 85 Bäume (entspricht 2,8 %) ersetzt werden:

- 52 Bäume wurden bei forstlichen Eingriffen entnommen
- 5 waren geworfen
- 2 hatten einen Kronenbruch (über 50 % der Krone)
- 15 gehörten nicht mehr zur herrschenden Bestandesschicht
- 11 zählten zum Totholz.

Abb. 1: Lage der WSE-Stichprobenpunkte im 4x4-km-Raster



Die Tab. 2, 3 und 4 charakterisieren die Altersklassen- und Baumartenverteilung der Stichprobenbäume in Sachsen, den sächsischen Wuchsgebieten und Forstdirektionen. Ein Vergleich zur aktuellen Verteilung im Gesamtwald macht die gute Repräsentanz der

Stichprobe deutlich. Die Verteilung der Stichprobe auf verschiedene Auswerteeinheiten zeigt außerdem, daß aufgrund eines zu geringen Stichprobenumfangs nicht für alle Auswerteeinheiten Aussagen abgesichert werden können (z. B. Eiche, Buche).

Tab. 2: Baumarten- und Altersklassenverteilung der Stichprobenbäume [%]

Baumarten Baumartengruppen	aktuelle Verteilung*	Stich- Probe	Altersklassen					
			20	21–40	41–60	61–80	80–100	>100
Fichte	43,8	46	14	14	20	20	19	13
Kiefer	31,7	31	16	20	24	20	7	13
sonstige Nadelbäume	3,6	5	60	18	9	5	3	5
Buche	2,8	2	0	19	18	18	3	42
Eiche	6,1	4	2	11	18	9	16	44
sonstige Laubbäume	12,0	12	15	17	39	16	4	9
alle Baumarten	100,0	100	16	16	23	18	13	14

\* unter Fichte und Kiefer sind alle Fichten- bzw. Kiefernarten zusammengefaßt, in der Stichprobe zählen nur *Picea abies* bzw. *Pinus sylvestris* dazu

Tab. 3: Baumartenverteilung der Stichprobe in den Wuchsgebieten

Wuchsgebiet	Anteil an der Stichprobe [%]								
	ges.	– 60	>60	Fichte	Kiefer	sonst. Nadel- bäume	Buche	Eiche	sonst. Laub- bäume
14* Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland									
15* Düben-Niederlausitzer Altmoränenland	28	62	38	3	82	0	1	3	11
23* Sachsen-Anhaltinische Löß-Ebenen									
24* Leipziger Sandlöß-Ebene	2	43	57	0	0	0	0	30	70
25* Sächsisch-Thüringisches Löß-Hügelland	6	50	50	21	23	5	1	12	38
26* Erzgebirgsvorland	3	86	14	71	0	14	1	9	5
27 Westlausitzer Platte und Elbtalzone									
28 Lausitzer Löß-Hügelland	10	64	36	26	33	1	6	12	22
46 Elbsandsteingebirge									
47 Oberlausitzer Bergland	11	59	41	54	16	16	6	1	7
48 Zittauer Gebirge									
44* Vogtland	6	38	62	73	13	4	1	5	4
45 Erzgebirge	34	47	53	85	1	5	3	1	5
Sachsen	100	55	45	46	31	5	2	4	12

\* Wuchsgebiet erstreckt sich über mehrere Bundesländer; betrachtet wird hier der sächsische Teil

Tab. 4: Baumartenverteilung der Stichprobe in den Forstdirectionen

Forstdirektion	Anteil an der Stichprobe [%]								
	ges.	– 60	>60	Fichte	Kiefer	Sonstige	Buche	Eiche	Sonstige
Bautzen	51	58	42	31	46	4	3	4	12
Chemnitz	49	52	48	60	16	5	2	5	12
Sachsen	100	55	45	45	31	5	3	4	12



# Ergebnisse

## Allgemeine Schadsituation

Die Waldschadenserhebung 1997 weist in Sachsen

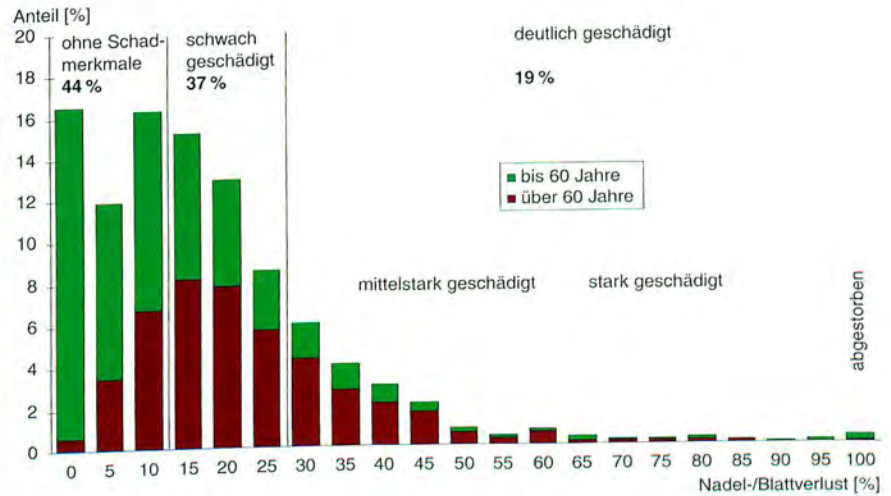
- 19 % aller Bäume als deutlich geschädigt (Schadstufen 2-4),
- 37 % als leicht geschädigt (Schadstufe 1) und
- 44 % ohne erkennbare Schadmerkmale (Schadstufe 0) aus (Abb. 2).

In der Gruppe deutlich geschädigter Bäume sind mit 16 % die mittelstark geschädigten (Schadstufe 2) und mit 3 % die stark geschädigten bzw. abgestorbenen Bäume (Schadstufen 3-4) vertreten.

Wie Abb. 2 verdeutlicht, ist der Kronenzustand älterer Bäume im Vergleich zu jüngeren erheblich stärker durch negative Umwelteinflüsse geprägt. Der Anteil deutlich geschädigter, über 60jähriger Bäume ist 1997 mit 29 % ca. 3mal höher als bei den jüngeren. Während die Häufigkeitsverteilung der über 60jährigen Bäume ihr Maximum bei einem Nadel-/Blattverlust von 10-20 % ausbildet, liegt es bei den bis 60jährigen Bäumen bei 0 %.

Die Wälder Sachsens sind insgesamt durch ein hohes Schadniveau gekennzeichnet. Die Waldschadenserhebungen von 1991 bis 1997 weisen zwischen 17 % und 26 % der Bäume in Sachsen als deutlich geschädigt (Schadstufen 2-4) aus (Abb. 3). Im Jahr 1991 wurde mit 26 % deutlich geschädigten Bäumen das höchste Schadniveau registriert. Einer Abnahme der deutlichen Schäden um 5 Prozentpunkte im Folgejahr (1992) schließt sich 1993 und 1994 erneut ein allmählicher Anstieg an. Mit einem Anteil deutlicher Schäden von 25 %

Abb. 2: Häufigkeitsverteilung des Nadel-/Blattverlustes (NBV) in den Altersbereichen



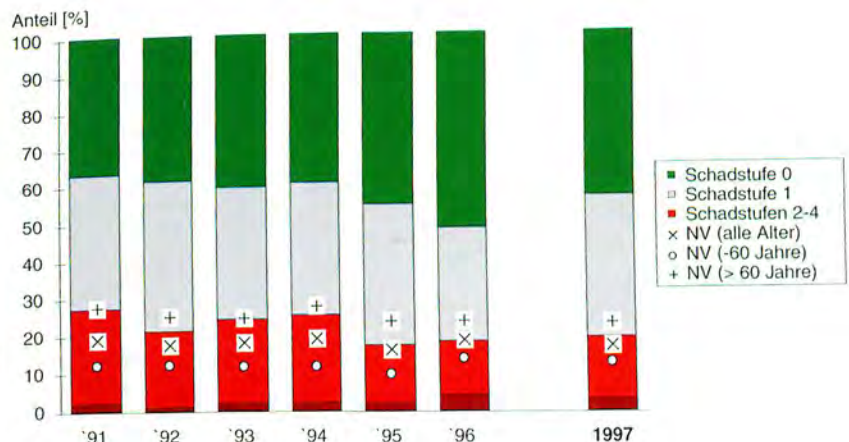
wird 1994 nahezu das 1991er Schadniveau erreicht.

Vorrangig günstige Witterungsbedingungen trugen 1995 dazu bei, daß in diesem Jahr der Anteil deutlich geschädigter Bäume auf 17 %, dem niedrigsten Wert seit Beginn der Erhebung, zurückging. Obwohl sich die allgemein günstigen Witterungsverhältnisse 1996 fortsetzten, konnten nur in einigen Gebieten Sachsens die Bäume davon profitieren. Im Winter 1995/96 hatte sich durch extrem hohe Einträge von

SO<sub>2</sub> in Kombination mit Witterungsextremen der Waldzustand in den Gebirgslagen vom Fichtelberg bis ins Zittauer Gebirge erheblich verschlechtert. Diese Schadeinflüsse waren auf 50 000 ha Waldfläche sichtbar, auf 3 000 ha führten sie zum Absterben des Waldbestandes.

Die Waldschadenserhebung 1996 wies 18 % aller Bäume als deutlich geschädigt, 30 % als leicht geschädigt und 52 % ohne erkennbare Schadmerkmale aus. Innerhalb der Schadstufen 2-4

Abb. 3: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Nadel-/Blattverlustes (NBV) von 1991 bis 1997



war zudem von 1995 zu 1996 eine Verschiebung zu den stark geschädigten bzw. abgestorbenen Bäumen zu verzeichnen. Der Anteil stark geschädigter und abgestorbener Bäume verdoppelte sich in diesem Zeitraum. Gleichzeitig erhöht sich der Anteil von Bäumen ohne Schadmerkmale.

1997 ist die Tendenz zur Zunahme in den Extrembereichen wieder rück-

läufig. Bei nahezu gleichbleibendem Anteil deutlich geschädigter Bäume (Zunahme um 1 Prozentpunkt) vollzog sich innerhalb dieser Schadgruppe eine leichte Verschiebung von den stark geschädigten bzw. abgestorbenen Bäumen zu den mittelstark geschädigten. Markant ist 1997 die Zunahme der schwach geschädigten Bäume zulasten der gesunden. Eine Betrachtung in den Altersbereichen verdeutlicht, daß sich

der Anteil Bäume in den Schadstufen 2–4 vor allem bei den älteren, über 60jährigen Bäumen kaum verändert hat, bei den jüngeren ist er leicht angestiegen.

Die Bewertung der Entwicklung erfordert eine baumarten- und regional-spezifische Betrachtung.

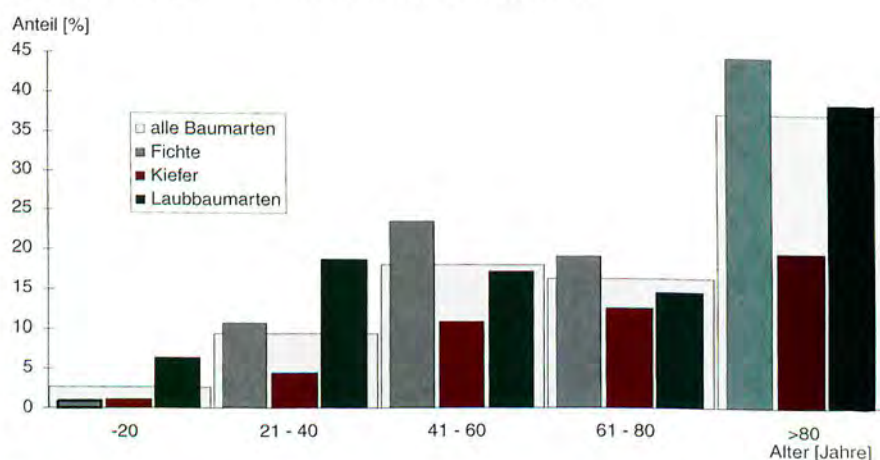
## Schäden an den Hauptbaumarten

Fichte und Kiefer sind die dominierenden Baumarten in den sächsischen Wäldern. Sie prägen somit auch das Gesamtergebnis der Waldschadenserhebung entscheidend. Es finden sich bereits wesentliche Trends, die für diese Baumarten im einzelnen gelten, im Gesamtergebnis wieder. Im Gegensatz zu Fichte und Kiefer sind Buche und Eiche selten, so daß das Stichprobenverfahren zu diesen Baumarten sowie für die Baumartengruppe sonstige Nadelbäume 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 (Abb. 4). Der Anteil deutlich geschädigter Bäume war 1997 z. B. bei Bäumen über 80 Jahren ca. 4mal so hoch wie in der Altersklasse 21–40 Jahre. Dabei ist die Schadzunahme bei der Fichte stärker an das Alter gekoppelt als bei der Kiefer bzw. den Laubbaumarten. Tab. 6 enthält die zusammengefaßten Ergebnisse für die Baumarten.

Abb. 4: Anteil deutlicher Schäden in den Altersklassen



### Fichte

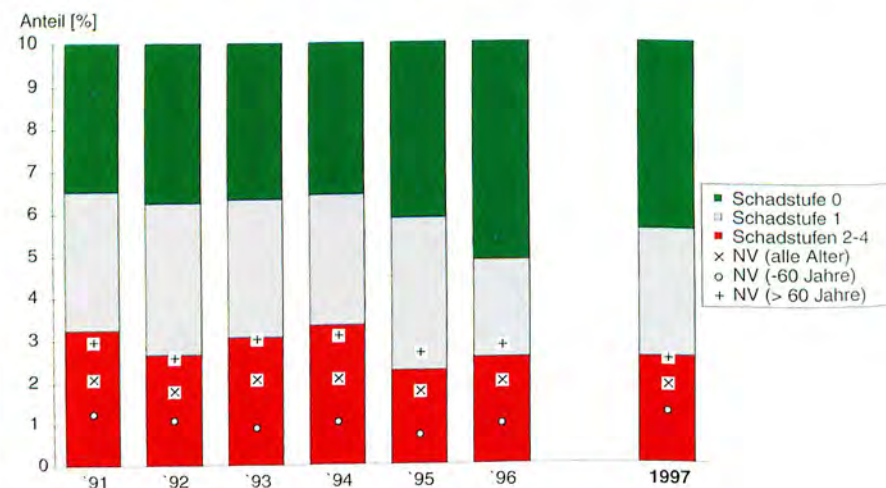
#### Kronenzustand

Die Fichte ist 1997 wiederum die am stärksten geschädigte Nadelbaumart in Sachsen. Mit 25 % deutlichen Schäden liegt sie um 6 Prozentpunkte über dem

Befund für alle Baumarten. 30 % aller Fichten zählen als schwach geschädigt, 45 % als gesund.

Die Fichte bestimmt die Tendenzen des Gesamtergebnisses maßgeblich: ein hohes Ausgangsniveau der Schäden 1991, Rückgang 1992 und erneute

Abb. 5: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Nadelverlustprozentes (NV) der Fichte von 1991 bis 1997



Zunahme bis 1994, Stabilisierung 1995 und Zunahme der stark geschädigten/abgestorbenen sowie der gesunden Fichten 1996 (Abb. 5).

Mit 25 % ist der Anteil deutlich geschädigter Fichten 1997 im Vergleich zu 1996 insgesamt konstant geblieben. Allerdings wird ein um 4 Prozentpunkte erhöhter Anteil deutlicher Schäden bei jüngeren Fichten durch einen um 5 Prozentpunkte niedrigeren bei älteren Fichten ausgeglichen. Für beide Altersbereiche gilt ein Rückgang von Bäumen ohne Schadmerkmale um 7 Prozentpunkte und eine Zunahme schwach geschädigter Fichten – jüngere um 3 Prozentpunkte, ältere um 12 Prozentpunkte.

Die Punktdarstellung des mittleren Nadelverlustes der Fichte (Abb. 6) setzt eindeutige Schwerpunkte im Schadgeschehen. Eine Konzentration stark geschädigter Bäume an den Probenpunkten tritt 1997 – wie bereits auch im vorangegangenen Jahr – vor allem in Süd- bzw. Südostsachsen (mittleres und östliches Erzgebirge) auf, während

Abb. 6: Durchschnittlicher Nadelverlust [%] Fichte an den Stichprobenpunkten des 4x4-km-Rasters (mehr als 5 Fichten/Punkt)

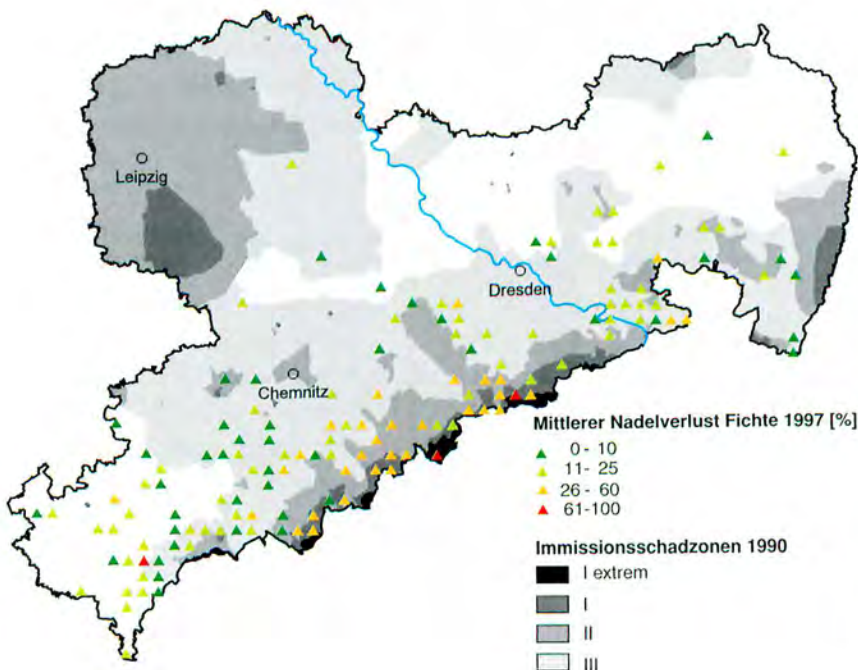
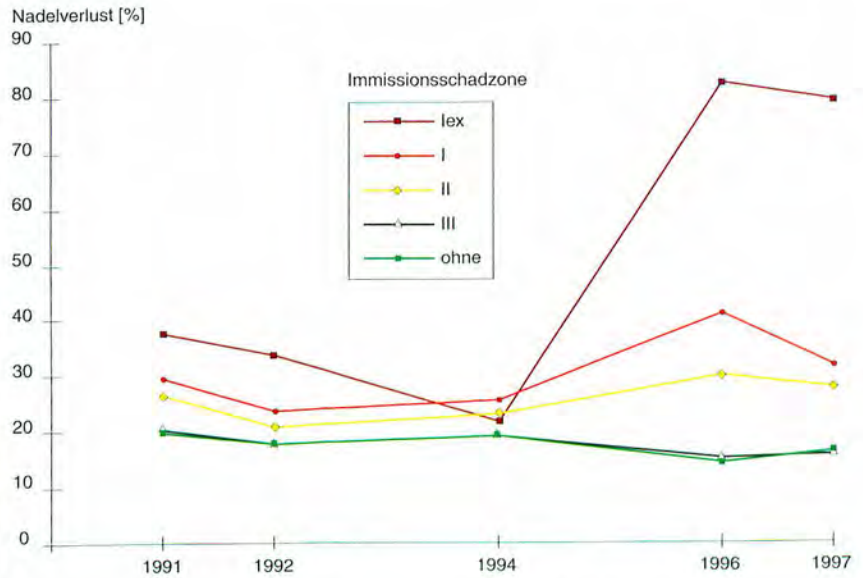


Abb. 7: Veränderung des durchschnittlichen Nadelverlustes [%] von 1991 bis 1997 in den Immissionsschadzonen (Stand: 1990); (identisches Stichprobenkollektiv von 1 702 Fichten)



Immissionsschadzonen: lex – überwiegend katastrophale Schäden  
 I – überwiegend starke Schäden  
 II – überwiegend mittlere Schäden  
 III – überwiegend geringe Schäden

Fichten ohne bzw. mit überwiegend leichter Schädigung sich im südwestlichen Landesteil konzentrieren.

Bereits 1996 hatten sich die Schäden an der Fichte infolge extrem hoher SO<sub>2</sub>-Einträge in Kombination mit Frost regional stark polarisiert. Die o.g. zwei Haupttendenzen in der Schadentwicklung – Zunahme der stark geschädigten und abgestorbenen Fichten sowie Zunahme der gesunden – ließen sich räumlich gut abgrenzen. Die Entwicklung der Schäden an Fichte (Kollektiv von 1 702 Fichten) innerhalb der 1990 ausgewiesenen Immissionsschadzonen im Wuchsgebiet Erzgebirge bestätigte die Schadschwerpunkte in den „klassischen Rauchschadgebieten“ (Abb. 7). 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 Immissionsschadzone I extrem (= überwiegend katastrophale Schäden) um das 4fache des 1994er Wertes und lag damit erheblich höher als zu Beginn der Erhebung 1991. Dieses hohe Schadniveau haben die Fichten

Abb. 8 a, b: Stark geschädigter Fichtenjungbestand in der Immissionsschadzone I und mittelstark geschädigter Fichtenaltbestand



auch 1997 beibehalten. In der Immissionsschadzone I extrem besitzen die Fichten nur noch ca. 1/5 ihrer eigentlichen Nadelmasse. Trotz leichten Rückgangs der Schäden in den Immissionsschadzonen I und II bleibt das Schadniveau auch dort weiterhin sehr hoch. Es liegt damit einerseits klar über dem Durchschnitt in der Immissionsschadzone III bzw. außerhalb der Schadzonen sowie andererseits über dem Ausgangswert im Jahr 1991. Die Fichten in der Immissionsschadzone III und außerhalb der Schadzonen haben das Schadniveau von 1991 beibehalten.

Nadelvergilbungen spielten 1997 bei der Fichte wieder eine größere Rolle als im Vorjahr (Tab. 7). An 21 % aller Fichten wurden Vergilbungen festgestellt. Bei 4 % der Fichten, an denen Nadelvergilbungen in mittlerer Ausprägung registriert wurden, führte diese zur Eingruppierung in eine höhere Schadstufe.

Keine Bedeutung hatte 1997 die Fruktifikation für das Erscheinungsbild der Fichten; nur wenige hatten neue Zapfen ausgebildet (Tab. 9).

### Biotische Schäden

Von den biotischen Schadfaktoren spielten 1997 die Fraßschäden durch Larven der **Fichten-Gespinstblattwespe** (*Cephalcia abietis* L.) die wichtigste Rolle. Das Befallsgebiet konzentriert sich jedoch ausschließlich auf mittelalte und alte Fichtenbestände im Vogtland und Westerzgebirge. Entsprechend dem natürlichen Entwicklungszyklus war 1997 ein Hauptflugjahr dieser Art. Dies deutete sich bereits ab Herbst 1996 anhand einer hohen Schlupfbereitschaft bei den überliegenden Larven an. In einigen Beständen und Bestandeskomplexen waren die Populationsdichten so hoch, daß zur

Vermeidung bestandesbedrohender Fraßschäden Gegenmaßnahmen erforderlich waren. Diese Flächen wurden gezielt ausgewählt und mit einem zugelassenen Präparat aviotechnisch behandelt. Die Befallsentwicklung der letzten Jahre ist in Abb. 9 dargestellt.

Die Abb. 10 a, b, c zeigen die Befallsmerkmale an Ast, Baum und Bestand bei merklich bis starkem Larvenfraß.

Nachdem der Stehendbefall durch **Buchdrucker** (*Ips typographus* L.) 1995 mit landesweit fast 25 000 m<sup>3</sup> Schadholz ein Maximum erreichte, setzt sich offensichtlich 1997 der 1996 begonnene rückläufige Trend im Befall fort (Abb. 11). Per 31.08.97 beläuft sich die registrierte Befallsholzmenge auf etwa 25 % des vergleichbaren Vorjahreswertes. Das insgesamt geringe Schadniveau ist ein Ergebnis der ständig angewandten integrierten Bekämpfungsstrategie. Besonders die schnelle Beräumung des in den letzten beiden Winterhalbjahren gebietsweise in großen Mengen angefallenen bruttauglichen Materials durch Eisbruch und den kombinierten SO<sub>2</sub>/Frost-Einfluß war eine Voraussetzung für diese Trendwende. Neben den oben dargestellten Gegenmaßnahmen spielte aber auch die Witterung eine wichtige Rolle bei dieser Entwicklung. Speziell das kühle Frühjahr hemmte die Populationsentwicklung des Buchdruckers.

Abb. 9: Befallsflächen [ha] durch Fichten-Gespinstblattwespe 1990 bis 1997

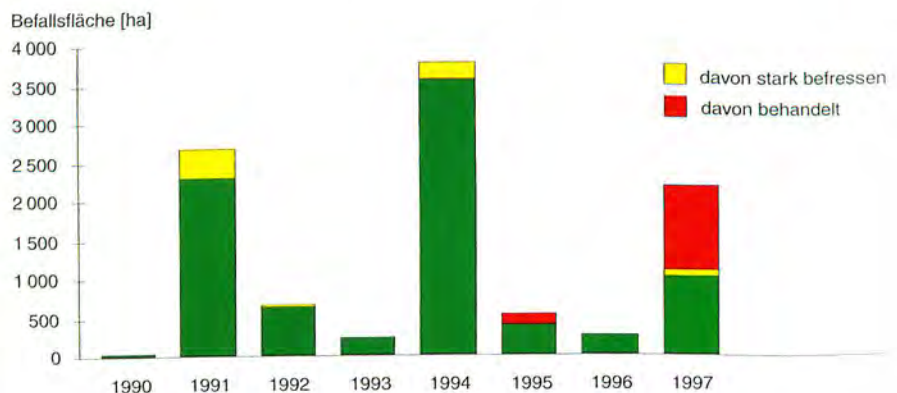
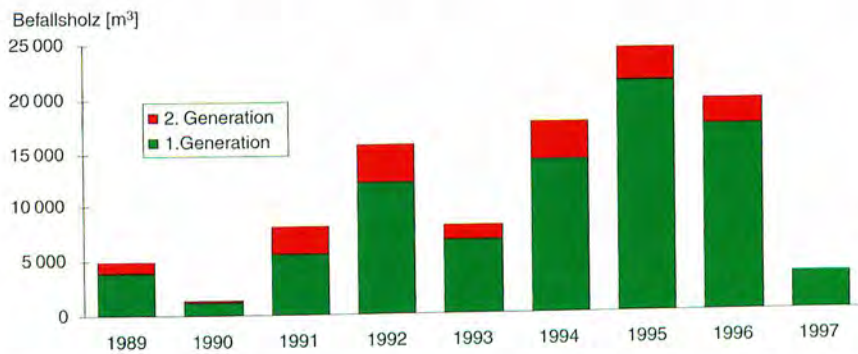


Abb. 10 a, b, c: Durch Larven der Fichten-Gespinstblattwespe befallener Ast, Baum und Bestand



Abb. 11: Durch Buchdrucker befallene Holzmenge von 1989 bis 1997



(Angabe für 1997 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter 97/98 sichtbar)

## Kiefer

### Kronenzustand

Das Schadniveau der **Kiefer** ist im Vergleich zur Fichte wesentlich niedriger. Die Kiefer besitzt einen Anteil deutlicher Schäden von 10 %. Als leicht geschädigt gelten 1997 44 % aller Kiefern und 46 % als gesund (Abb. 12).

Seit 1991 ist eine kontinuierliche Verbesserung bei der Kiefer zu beobachten. Auch wenn der Anteil deutlich

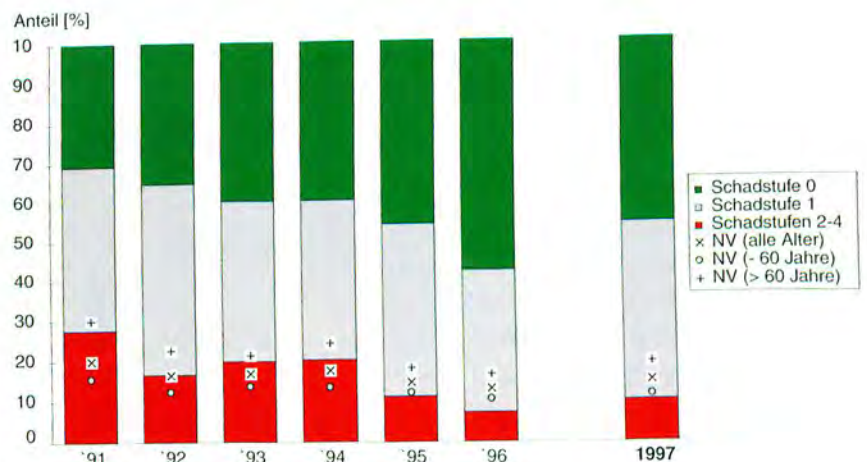
geschädigter Kiefern 1997 gegenüber 1996 wieder etwas zugenommen hat (um 3 Prozentpunkte), so bleibt er doch eindeutig unter dem der Jahre 1991 bis 1994. Gleichfalls erhöhte sich 1997 der Anteil schwach geschädigter Bäume um 9 Prozentpunkte.

Die Kiefer, eine Baumart, für die offensichtlich auf vielen Standorten Wasser der begrenzende Wachstumsfaktor ist, konnte insbesondere 1996 vom reichlichen Wasserangebot zu Beginn der Vegetationsperiode profitieren. Die Niederschlagsmengen fielen im Frühjahr 1997 regional sehr unterschiedlich aus. Wahrscheinlich resultiert die Zunahme deutlich geschädigter Kiefern 1997 aus dem schlechten Zustand der Bäume auf weniger gut mit Niederschlägen versorgten Standorten.

Nadelvergilbung spielt bei der Kiefer zumeist eine untergeordnete Rolle und steht oft in Zusammenhang mit ausgesprochenen Trockenperioden.

1997 wiesen 2 % der Kiefern diese Erscheinung in geringer Intensität auf (Tab. 7). Der überwiegende Teil der älteren Kiefern (60 %) fruktifizierte 1997 erneut, allerdings wurde meist nur geringer Zapfenbehang registriert (Tab. 9).

Abb. 12: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Nadelverlustprozentes (NV) der Kiefer von 1991 bis 1997



## Biotische Schäden

Seit 1994 kommt es in nordsächsischen Kiefernbeständen zu lokal begrenzten Massenvermehrungen des **Kiefernspinners** (*Dendrolimus pini* L.). 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 Tab. 5 sind die in den letzten Jahren befallenen und die behandelten Flächen zusammengestellt.

Tab. 5: Befallsfläche des Kiefernspinners und davon behandelte Fläche (1994–1997)

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

Obwohl die Befallsfläche 1997 im Vergleich zu 1996 wieder zunahm, ist insgesamt davon auszugehen, daß sich die Populationsentwicklung dieser Schmetterlingsart in der Retrogradation befindet.

Im Gegensatz dazu wiesen routinemäßige Überwachungsmaßnahmen auf eine Progradation einer anderen, ebenfalls an Kiefernadeln fressenden Schmetterlingsart hin, des **Kiefernspanners** (*Bupalus piniarius* L.). Im Winter 1996/97 wurden auf über 3 000 ha erhöhte Puppensichten dieser Art festgestellt. Ein merklicher bis starker Schwarmflug der Falter auf etwa 3 400 ha im Frühsommer bestätigte diese Prognose. Im weiteren setzte sich der Populationsanstieg jedoch nicht in dem Maße fort, daß im Herbst stärkere Fraßschäden zu erwarten wären. Ursachen dafür sind neben dem Einfluß von natürlichen Regulationsmechanismen innerhalb dieser

Insektenpopulationen (z. B. Auftreten von Parasiten, Abb. 13) auch die Witterungsbedingungen. Sowohl starke Niederschläge als auch hohe Temperaturen könnten zu einer erheblichen Raupenmortalität geführt haben. 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 Schadholzmenge infolge der Besiedelung durch Larven des **Blauen Kiefernprachtkäfers** (*Phaenops cyanea* L.) nimmt in den letzten Jahren kontinuierlich ab (Abb. 14). Diese

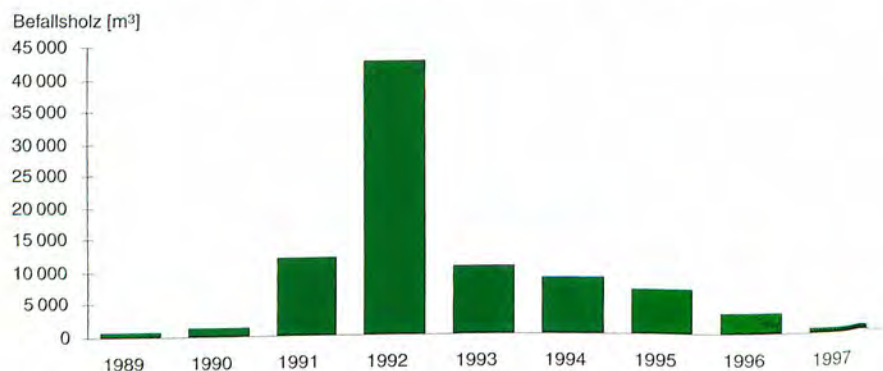
Abb. 13: Eigelege des Kiefernspinners mit parasitierten (schwarz) und gesunden Eiern



des Niederschlagdefizites von März bis Juni am Ende dieser Periode zu einem, etwa 6 Wochen anhaltenden Trockenstreß für die Kiefern (vgl. S. 21 ff.). In diesem Gebiet reagierten offensichtlich besonders die älteren, vorwiegend befallsgefährdeten Kiefernbestände auf diese Situation. Der Anteil deutlich geschädigter Kiefern über 60 Jahre erhöhte sich von 10 % auf 16 %. Da außerdem die überdurchschnittlich hohen Temperaturen im Juli/August die wärmeliebende Käferart in ihrer Entwicklung förderten, könnte es zukünftig zu einer Trendwende im Auftreten von Prachtkäferbefall kommen.

Entwicklung steht in engem Zusammenhang mit der Verbesserung des Kronenzustandes der Kiefern. Die günstigen Witterungsbedingungen in den letzten Jahren, vor allem das ausreichende Wasserangebot jeweils zu Beginn der Vegetationsperioden führten zu einer Vitalitätserhöhung. 1997 kam es in Nordwest-Sachsen infolge

Abb. 14: Durch Prachtkäfer befallene Holzmenge von 1989 bis 1997



(Angabe für 1997 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter 1997/98 sichtbar)

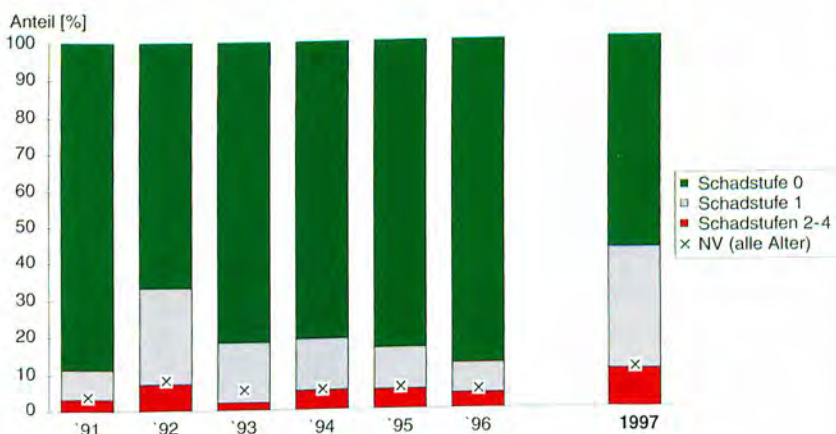
## Sonstige Nadelbäume

### Kronenzustand

Zur Baumartengruppe der **sonstigen Nadelbäume** zählen die Lärchenarten, fremdländische Fichten- und Kiefernarten, Douglasie sowie Tanne. 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 (60 %) 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 hat sich erstmals sowohl der Anteil deutlicher als auch der schwacher Schäden erhöht (Abb. 15). Die deutlichen Schäden stiegen um 6 Prozentpunkte, die schwachen um 24 Prozentpunkte. Ausschlaggebend hierfür sind zum einen der Befall durch die Insekten an den in dieser Baumartengruppe dominierenden Lärchenarten (Tab. 8), zum anderen der im Vergleich zum Vorjahr höhere Anteil vergilbter Bäume (Tab. 7).

Abb. 15: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Nadelverlustprozentes (NV) der sonstigen Nadelbäume von 1991 bis 1997



### Biotische Schäden

Wie bereits im Vorjahr verursachte auch 1997 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

Abb. 16 a, b: Schäden durch die Larven der Rotgelben Kiefern-Buschhornblattwespe



regenerierten die Lärchen diesen Nadelverlust wieder.

In Murray-Kiefernbeständen, die ebenfalls in den Extremschadgebieten des Erzgebirges für die dort abgestorbenen Fichten angebaut wurden, kam es auch 1997 gebietsweise wieder zu einem starken Befall durch die **Rotgelbe Kiefern-Buschhornblattwespe** (*Neodiprion sertifer* Geoff.) (Abb. 16) und damit zu fraßbedingten Nadelverlusten.

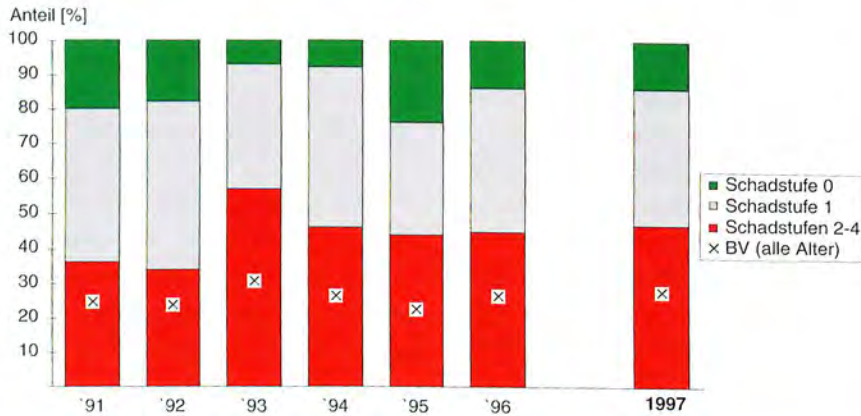


## Eiche

### Kronenzustand

Der Kronenzustand der Eichen ist nach wie vor äußerst kritisch zu bewerten. Fast jede zweite Eiche zeigt deutliche Schäden, nur jede 7. ist gesund (Abb. 17). Die Schäden blieben auf dem hohen Niveau der Vorjahre. Bei gleichbleibendem Anteil gesunder Eichen wechselten sogar noch Bäume von der Schadstufe 1 in die Schadstufen 2 bis 4. Dadurch erhöhte sich der Anteil

Abb. 17: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Blattverlustprozentes (BV) der Eiche von 1991 bis 1997



deutlich geschädigter Eichen um 2 Prozentpunkte. Die Eiche bleibt auch 1997 die am stärksten geschädigte Baumart in Sachsen. 6% der Eichen fruktifizierten.

ziert. Eine Ursache dafür war die mangelnde Koizidenz zwischen Blattaustrieb und Larvalentwicklung infolge der Frühjahrswitterung. Andere populationsreduzierende Faktoren wie z. B.

Parasiten und Krankheiten spielten offensichtlich eine geringe Rolle. Mit dem Ziel einer Sicherung der Saatguternte erfolgten in diesem Jahr Gegenmaßnahmen in ausgewählten Saatgutbeständen mit einem günstigen Blütenansatz und einer hohen Eidichte des Eichenwicklers auf insgesamt 90 ha.

Die geringeren fraßbedingten Blattverluste in diesem Jahr wurden im Frühjahr auch an Eichen der WSE-Probe- punkte registriert (Abb. 20). Am Beispiel dieser Bäume wird deutlich, daß die anschließende Johannistriebbildung wiederum nicht zu einer vollen Belaubung führte. Der Kronenzustand am Ende der Vegetationszeit entspricht im wesentlichen dem der Vorjahre. Damit mobilisierten die Bäume offensichtlich

Abb. 18: Stark geschädigte Alteiche



## Biotische Schäden

Nachdem in den vergangenen 4 Jahren sehr umfangreiche Fraßschäden durch **Eichenwickler** (*Tortrix viridana* L.) und **Frostspanner** (*Operophtera spec.*) auftraten, gingen diese 1997 deutlich zurück (Abb. 19). Dieser Rückgang erfolgte jedoch regional sehr differen-

Abb. 19 a: Befallsflächen [ha] durch Eichenwickler

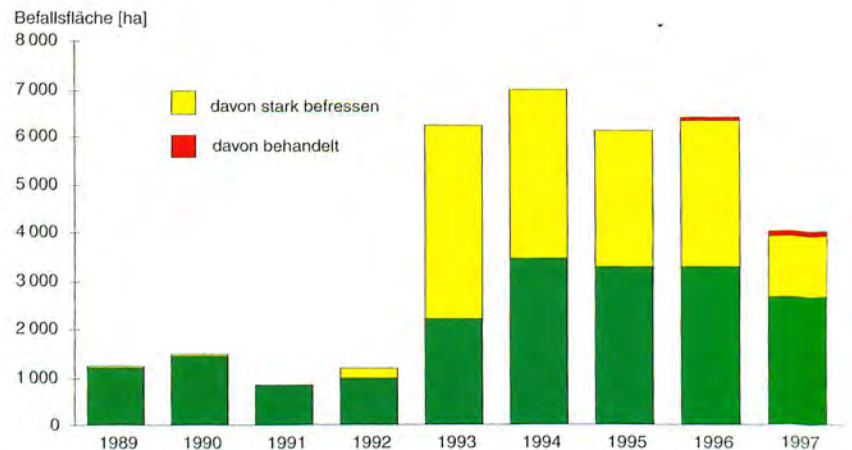


Abb. 19 b: Befallsflächen [ha] durch Frostspanner

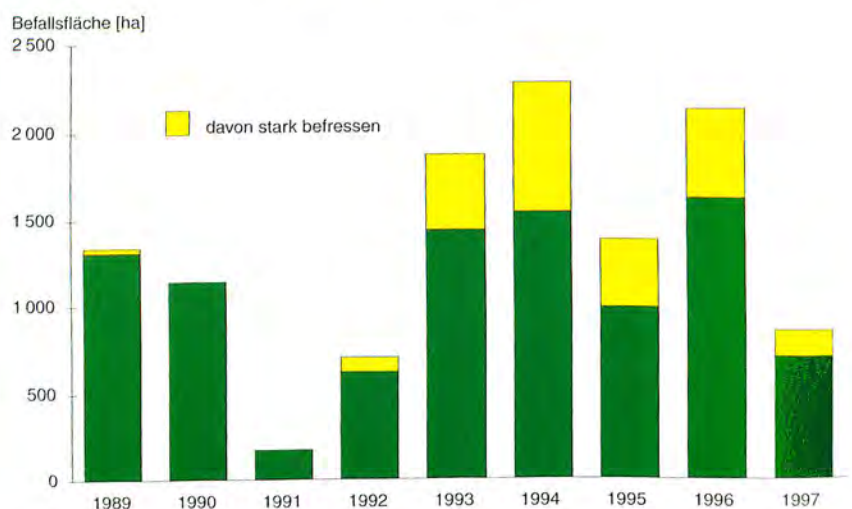
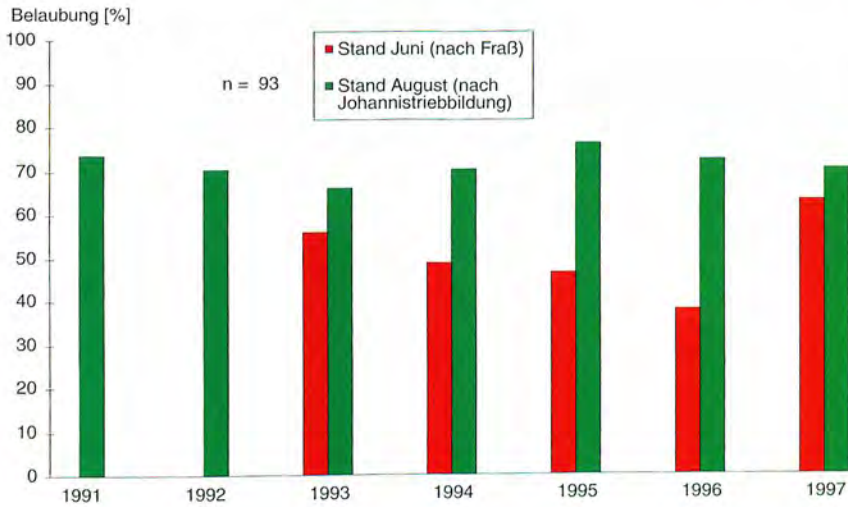




Abb. 20: Vergleich der durchschnittlichen Belaubung der Eichen an den WSE-Probestellen im Juni (nach Fraß) und im August (nach Johannistriebbildung) in den letzten Jahren



weniger Reservestoffe als in den Vorjahren. Unklar ist zunächst, ob die Bäume nicht mehr Reserven freisetzen können, oder ob sich diese „Einsparung“ in den Folgejahren positiv auswirkt.

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 (*Agilus 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 ist 1996 eine leichte Stabilisierung eingetreten, die sich 1997 fortsetzte. 1997 beträgt der Anteil deutlich geschädigter Buchen 12 %, der Anteil schwach geschädigter 59 % und der Anteil gesunder 29 % (Abb. 21).

Die Häufigkeitsverteilung der Buche in 5-%-Blattverluststufen verdeutlicht, daß die Mehrzahl der Buchen im

Abb. 21: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Blattverlustprozentes (BV) der Buche von 1991 bis 1997

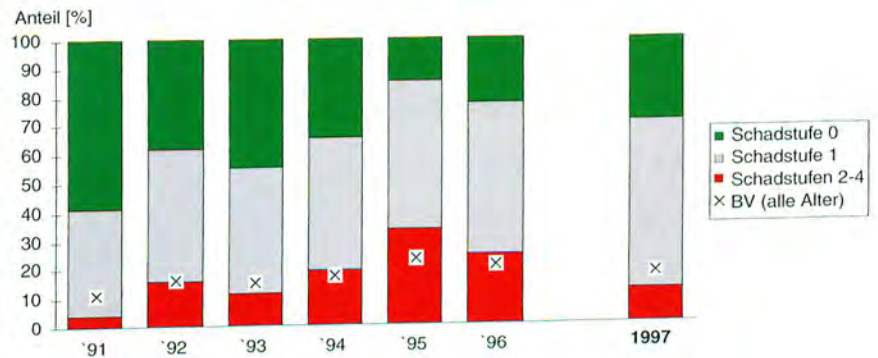
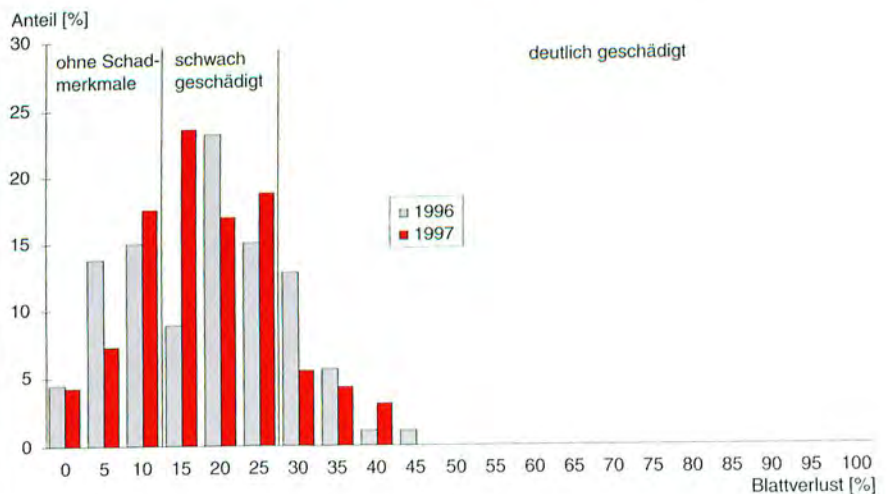


Abb. 22: Häufigkeitsverteilung des Blattverlustes der Buche



Bereich von 10 % bis 30 % verlichtet ist (Abb. 22). Innerhalb dieser Spanne ändern sich die Schadstufen 3mal. Geringe Veränderungen im Kronenzustand können somit bereits zu gravierenden Verschiebungen in der Schadstufenzuordnung führen. Zudem kann aufgrund des geringen Stichprobenumfanges die Zustandsbewertung der Buche nicht abgesichert werden.

Der mittlere Blattverlust, auf den „Schadstufensprünge“ keinen Einfluß haben, sank weniger stark ab: von 20,5 % (1996) auf 17,9 % (1997).

### Biotische Schäden

An der Buche wurden 1997 keine auffälligen biotischen Schäden festgestellt.

## Sonstige Laubbäume

### Kronenzustand

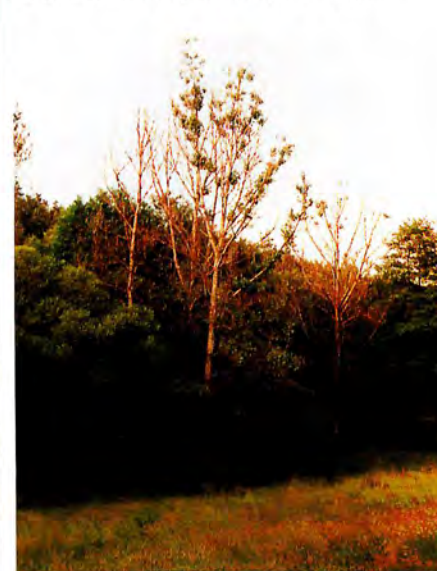
Baumarten, wie z. B. Ahorn, Esche, Birke, werden in der Gruppe der sonstigen Laubbäume zusammengefasst. Sie besitzen das niedrigste Schad-niveau von den Laubbaumarten/-grup-pen. Es schwankt in den Jahren 1991 bis 1997 nur geringfügig im Bereich von 12 % bis 17 %. 1997 haben sich

die deutlichen Schäden gegenüber 1996 etwas erhöht, die schwachen Schäden etwas verringert (Abb. 23). Sie betragen jetzt 15 % (deutliche Schäden) bzw. 40 % (leichte Schäden).

### Biotische Schäden

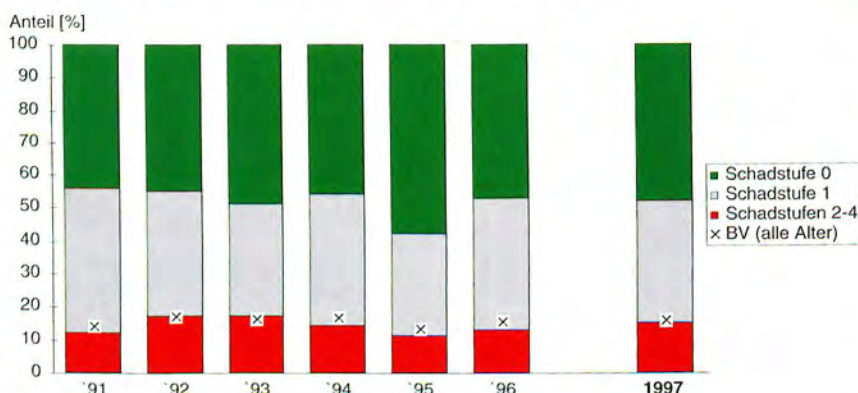
In diesem Jahr wiesen verschiedene Laubbaumarten, so z. B. Pappeln, Eschen und Birken, Schäden in der Krone auf. Diese zeigten sich durch

Abb. 24: Stark geschädigte Pappel



ausbleibenden Blattaustrieb bzw. Absterben einzelner Äste, Kronenteile oder der gesamten Krone (Abb. 24). Die Ursachen für diese z. T. sehr un-spezifischen Symptome sind noch nicht vollständig geklärt. Neben direk-ten Frostschäden trat auch Pilzbefall in Kombination mit vorangegangener Frostschädigung auf.

Abb. 23: Veränderung der Schadstufenverteilung und des mittleren Verlust-prozentes (BV) der sonstigen Laubbäume von 1991 bis 1997



## Tabellarische Übersichten

Tab. 6: Schadstufenverteilung nach Baumarten/Baumartengruppen [%]

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	214 427	45	30	19	6	25
bis 60 Jahre	101 522	71	16	8	5	13
über 60 Jahre	112 905	22	43	28	7	35
Kiefer	143 941	46	44	10	0	10
bis 60 Jahre	85 969	59	35	6	0	6
über 60 Jahre	57 972	25	59	15	1	16
sonstige Nadelbäume*1	21 704	58	32	8	2	10
Nadelbäume	380 072	46	36	15	3	18
Buche*1	11 807	29	59	12	0	12
Eiche*1	20 785	14	39	45	2	47
sonstige Laubbäume	57 336	48	37	14	1	15
Laubbäume	89 928	38	40	21	1	22
alle Baumarten	470 000*2	44	37	16	3	19
bis 60 Jahre	257 906	62	27	9	2	11
über 60 Jahre	212 094	24	47	25	4	29

\*1 keine gesicherte Aussage, \*2 Fläche ohne Nichtholzboden

In Tab. 6 ist die Schadstufenverteilung für einzelne Baumarten, Baumarten-gruppen und bei größeren Stichpro-beneinheiten noch differenziert nach Altersbereichen zusammenfassend dar-gestellt.

Aus den Tab. 7, 8 und 9 ist zu ersehen, mit welchen Anteilen die Merkmale Vergilbung, Insekten-/Pilzbefall und Blüte/Fruktifikation bei den jeweiligen Baumarten vertreten sind.

Tab. 7: Häufigkeit [%] und Intensität des Auftretens von Nadel-/Blattvergilbungen

	Vergilbung		
	11 – 25 %	26 – 60 %	> 60 %
Fichte	17	4	0
Kiefer	2	0	0
sonst. Nadelbäume	19	5	0
Buche	8	0	0
Eiche	3	0	0
sonst. Laubbäume	6	0	0
alle Baumarten	10	2	0

Tab. 8: Häufigkeit [%] und Intensität des Auftretens von Insekten- und Pilzbefall

	Insekten- und Pilzbefall		
	gering	mittel	stark
Fichte	2	1	0
Kiefer	0	0	0
sonst. Nadelbäume	4	0	0
Buche	0	0	0
Eiche	52	11	0
sonst. Laubbäume	8	1	0
alle Baumarten	5	1	0

Tab. 9: Häufigkeit [%] und Intensität von Blüte/Fruktifikation

	Blüte und Fruktifikation alle Alter/über 60 Jahr		
	gering	mittel	stark
Fichte	0/0	0/0	0/0
Kiefer	30/50	5/10	0/1
sonst. Nadelbäume	4/11	3/0	0/0
Buche	4/5	0/0	0/0
Eiche	4/4	1/2	0/0
sonst. Laubbäume	9/12	3/3	2/5
alle Baumarten	11/15	2/3	0/1

## Regionale Ausprägung der Schäden

### Wuchsgebiete

Die Vollstichprobe ermöglicht in diesem Jahr zusätzlich Aussagen zum Schadausmaß in größeren Wuchsgebieten Sachsens. Bei Wuchsgebieten, die über das Territorium Sachsens hinausgehen, beziehen sich die Angaben 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 zusammen-

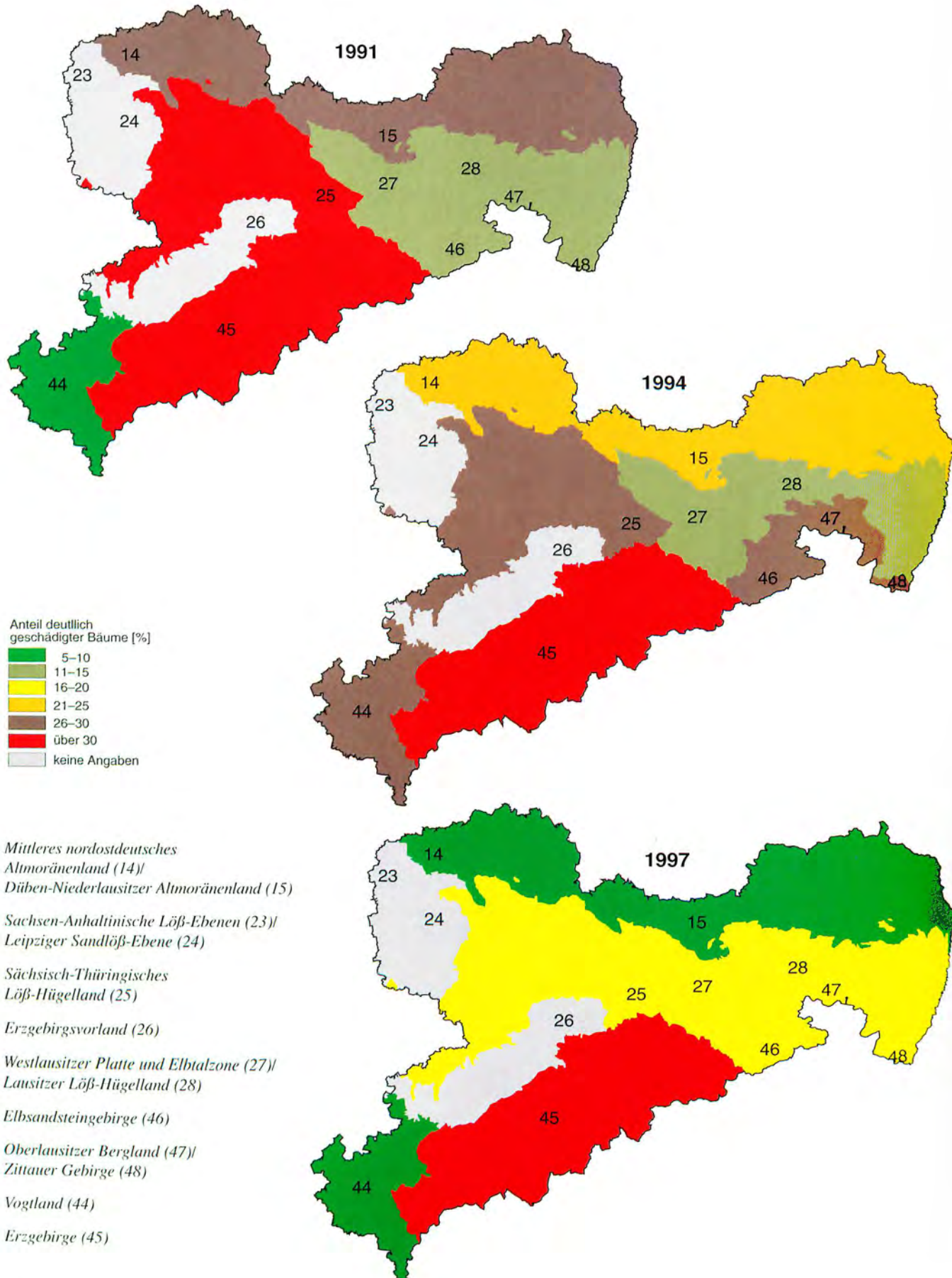
gefaßt. Für die Wuchsgebiete Sachsen-Anhaltinische Löß-Ebenen, Leipziger Sandlöß-Ebene und Erzgebirgsvorland reichte der Stichprobenumfang für eine Auswertung allein mit den sächsischen Daten nicht aus. Die Ergebnisse der Wuchsgebietsauswertung sind in Abb. 25 sowie Tab.10 veranschaulicht.

Die Auswertung der Waldschäden in den Wuchsgebieten läßt erhebliche lokale Unterschiede erkennen. Der Anteil deutlicher Schäden variiert zwischen knapp 10 % in den Wuchsgebieten **Mittleres nordostdeutsches Alt-moränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland** sowie **Vogtland** und reichlich 30 % im Wuchsgebiet **Erzge-**

**birge**. Die Polarisierung der Schäden, die sich 1996 mit der Zunahme gesunder und stark geschädigter bzw. abgestorbener Bäume abzeichnete, steht in einem unmittelbar örtlichen Bezug.

Im **Erzgebirge**, wo sich ca. 1/3 der sächsischen Waldfläche konzentriert, sind die Waldschäden 1997 wieder am stärksten. Seit 1991 wird dort ein gleichbleibend hohes Schadniveau registriert. Durch die Einwirkungen von SO<sub>2</sub> und Frost im Winter 1995/96, die auf 50 000 ha akute Schädigungen verursachten, haben sich die Schäden dort auf weiterhin extrem hohem Niveau gehalten. Eine Trendwende ist nicht erkennbar. Innerhalb des Wuchs-

Abb. 25 a, b, c: Anteil deutlicher Schäden 1991, 1994 und 1997 in den Wuchsgebieten



gebietes zeichnen sich nochmals Schwachpunkte ab (vgl. Abb. 6).

Die Fichte, die im Wuchsgebiet Erzgebirge mit ca. 85 % dominiert und vorrangig von dieser akuten Schädigung betroffen war, liegt mit 32 % deutlichen Schäden noch um 2 Prozentpunkte über dem Wuchsgebietsdurchschnitt.

Die Wuchsgebiete **Sächsisch-Thüringisches Löß-Hügelland und Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge** liegen im mittleren Schadbereich. 19 % der Bäume zeigen dort eine deutliche Kronenverlichtung. Während sich die Schäden im Sächsisch-Thüringischen Löß-Hügelland von einem sehr hohen Ausgangsniveau 1991 allmählich verringerten, vollzog sich im Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge innerhalb des 6jährigen Zeitraumes eine indifferente Entwicklung: von 1991 bis 1994 zunächst eine Zunahme der deut-

lichen Schäden und von 1994 bis 1997 wieder ein Rückgang, wobei das niedrige Ausgangsniveau von 14 % (1991) nicht erreicht wird.

In den Wuchsgebieten **Westlausitzer Platte und Elbtalzone/Lausitzer Löß-Hügelland** betragen die deutlichen Schäden nach geringfügigem Anstieg von 1994 bis 1997 jetzt 15 %. Kontinuierlich verbessert hat sich der Zustand des Waldes in den Wuchsgebieten **Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland**. Vor allem das Erscheinungsbild der dort mit 82 % vorherrschenden Kiefer war 1997 wesentlich günstiger als 1991 bzw. 1994. Der Anteil deutlicher Schäden für alle Baumarten verringerte sich dort auf unter 10 %.

Der Zustand der Wälder im **Vogtland**, wo die Schäden 1994 im Vergleich zu

1991 zunahm, hat sich 1997 wieder stabilisiert. 1997 besitzen die deutlich geschädigten Bäume dort einen Anteil von knapp 10 %.

Tab. 10: Schadstufenverteilung in den Wuchsgebieten [%]

Wuchsgebiet	Baumart/Alter	Schadstufen		
		0	1	2-4
14* Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland	alle	47	43	10
15* Düben-Niederlausitzer Altmoränenland				
23* Sachsen-Anhaltinische Löß-Ebenen	keine Aussage möglich			
24* Leipziger Sandlöß-Ebene	alle	50	31	19
25* Sächsisch-Thüringisches Löß-Hügelland				
26* Erzgebirgsvorland	keine Aussage möglich			
27 Westlausitzer Platte und Elbtalzone	alle	43	42	15
28 Lausitzer Löß-Hügelland				
46 Elbsandsteingebirge	alle	40	41	19
47 Oberlausitzer Bergland				
48 Zittauer Gebirge	alle	61	29	10
44* Vogtland	Fichten	39	29	32
45 Erzgebirge	bis 60 Jahre	65	15	20
	über 60 Jahre	16	42	42
	alle	38	32	30
	bis 60 Jahre	62	19	19
	über 60 Jahre	16	43	41
Sachsen		44	37	19

\* Wuchsgebiet erstreckt sich über mehrere Bundesländer; hier sächsischer Teil

## Forstdirektionen

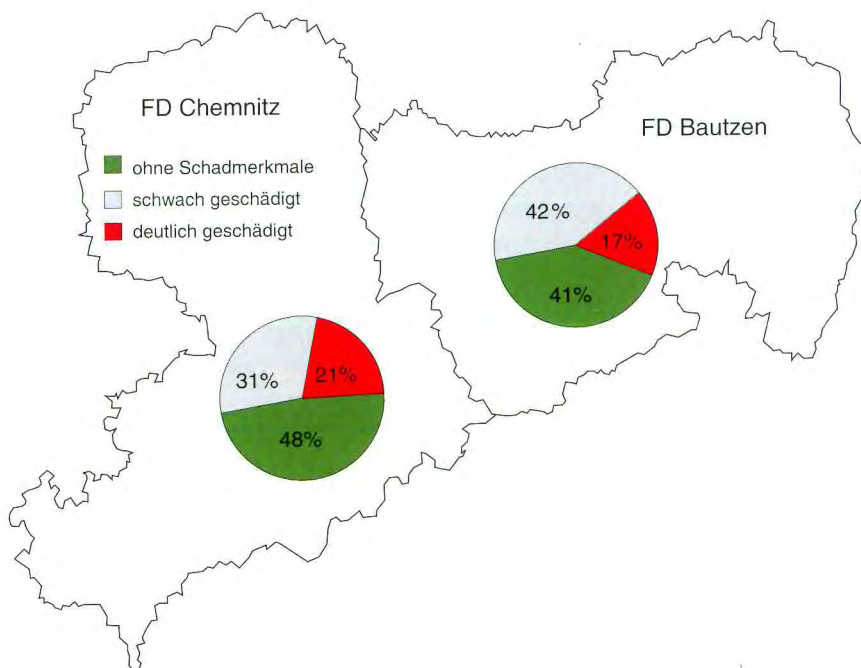
Wie sich bereits bei vorangegangenen Aufnahmen zeigte, ist der Zustand der Wälder in Ostsachsen (FD Bautzen) weniger kritisch einzuschätzen als in Westsachsen (FD Chemnitz). Abb. 26 und Tab. 11 belegen dies.

Der Anteil deutlicher Schäden über alle Baumarten liegt in Westsachsen um 4 Prozentpunkte höher als in Ostsachsen. Im Vergleich zum Vorjahr überwiegt in beiden Forstdirektionen eine Verschiebung von der Schadstufe 0 (ohne Schadmerkmale) zur Schadstufe 1 (schwach geschädigt). Diese Verschiebung konnte bei allen Baumarten/Baumartengruppen beobachtet werden.

Die Unterschiede im Schädigungsgrad zwischen den ostsächsischen und westsächsischen Wäldern sind bei der Fichte im Vergleich zur Kiefer gering. Die Fichte hat stärker ein Schadgefälle von Süd nach Nord – auch im Zusammenhang mit der Höhenlage – ausgeprägt.

In der Summe werden zwischen den Forstdirektionen diese Unterschiede nivelliert. Für die Kiefer betragen die Unterschiede im Anteil deutlicher Schäden zwischen Ost- und Westsachsen 7 Prozentpunkte.

Abb. 26: Schadstufenverteilung in den Forstdirektionen



Tab. 11: Schadstufenverteilung in den Forstdirektionen [%]

Forstdirektion	Baumart/Alter	Schadstufe		
		0	1	2-4
Bautzen	Fichte	42	32	26
	Kiefer	45	47	8
	Laubholz	30	46	24
	<b>alle Baumarten</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>17</b>
	bis 60 Jahre	55	34	11
über 60 Jahre	23	52	25	
Chemnitz	Fichte	47	29	24
	Kiefer	48	37	15
	Laubholz	45	34	21
	<b>alle Baumarten</b>	<b>48</b>	<b>31</b>	<b>21</b>
	bis 60 Jahre	69	20	11
über 60 Jahre	24	44	32	
Sachsen	alle Baumarten	44	37	19

# Zusammenfassung

In Sachsen wurde 1997 zum 7. Mal die Waldschadenserhebung nach bundeseinheitlicher Methode durchgeführt. Im **Vollstichprobennetz von 4 x 4 km** wurden insgesamt 6 648 Bäume begutachtet.

Das Ergebnis der Erhebung weist **19 % aller Bäume als deutlich, 37 % als leicht geschädigt und 44 % als gesund** aus. Der Anteil deutlich geschädigter Bäume erhöhte sich im Vergleich zum Vorjahr nur geringfügig (um 1 Prozentpunkt). Der Anstieg der leicht geschädigten Bäume um 7 Prozentpunkte resultiert vorrangig aus einem Rückgang von Bäumen ohne Schadmerkmale.

Die Baumart **Fichte** bestimmt die Tendenz des Gesamtergebnisses wesentlich. **Der Anteil deutlich geschädigter Fichten liegt gleichbleibend hoch bei 25 %**. Der Anteil leicht geschädigter Fichten hat sich um 7 Prozentpunkte erhöht, der Anteil gesunder in gleichem Maße verringert. In einzelnen Fichtenbeständen des Vogtlandes und im Westerzgebirge wurde der Kronenzustand durch ein Massenaufreten der Fichten-Gespinstblattwespe beeinflusst. Gebietsweise waren gezielte Gegenmaßnahmen erforderlich. Der Befall durch Borkenkäfer ist z. Zt. rückläufig.

Die **deutlichen Schäden** in der Kiefer sind im Vergleich zum Vorjahr – vor allem bei den älteren Kiefern – wieder etwas **angestiegen**. Sie betragen insgesamt 10 % und liegen damit noch unter den Werten von 1991 bis 1994. Auch in Kiefernbeständen kam es zu lokal begrenzten Schäden durch nadelfressende Insekten. Rückläufig ist der Befall durch stamm- und rindenbrütende Insekten.

Das **Schadniveau der Eiche** ist mit 47 % deutlichen und 39 % leichten Schäden weiterhin **extrem hoch**. Nur jede 7. Eiche ist noch gesund. Trotz geringerer Fraßschäden an Eichen als in den vorangegangenen 4 Jahren prägen sie nach wie vor den Belaubungszustand dieser Baumarten. Wiederum leicht rückläufig waren die Schäden in der **Buche**. Der Anteil deutlicher Schäden liegt bei 12 %.

Viele **Laubbaumarten** weisen offensichtlich infolge von Witterungseinflüssen z. T. in Kombination mit Pilzbefall gebietsweise nennenswerte Schäden auf.

Die Auswertung der Waldschäden in den **Wuchsgebieten** läßt **erhebliche lokale Unterschiede** erkennen. **Im Erzgebirge** sind die Waldschäden 1997 erneut **am stärksten**. In den klassischen Rauchschaadgebieten prägen die Folgen des Schadereignisses aus dem Winter 1995/96 das Erscheinungsbild der Bäume wesentlich. Eine Trendwende ist nicht erkennbar. In den Wuchsgebieten Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland stellte sich vor allem das Erscheinungsbild der dort vorherrschenden Kiefer wesentlich günstiger dar.





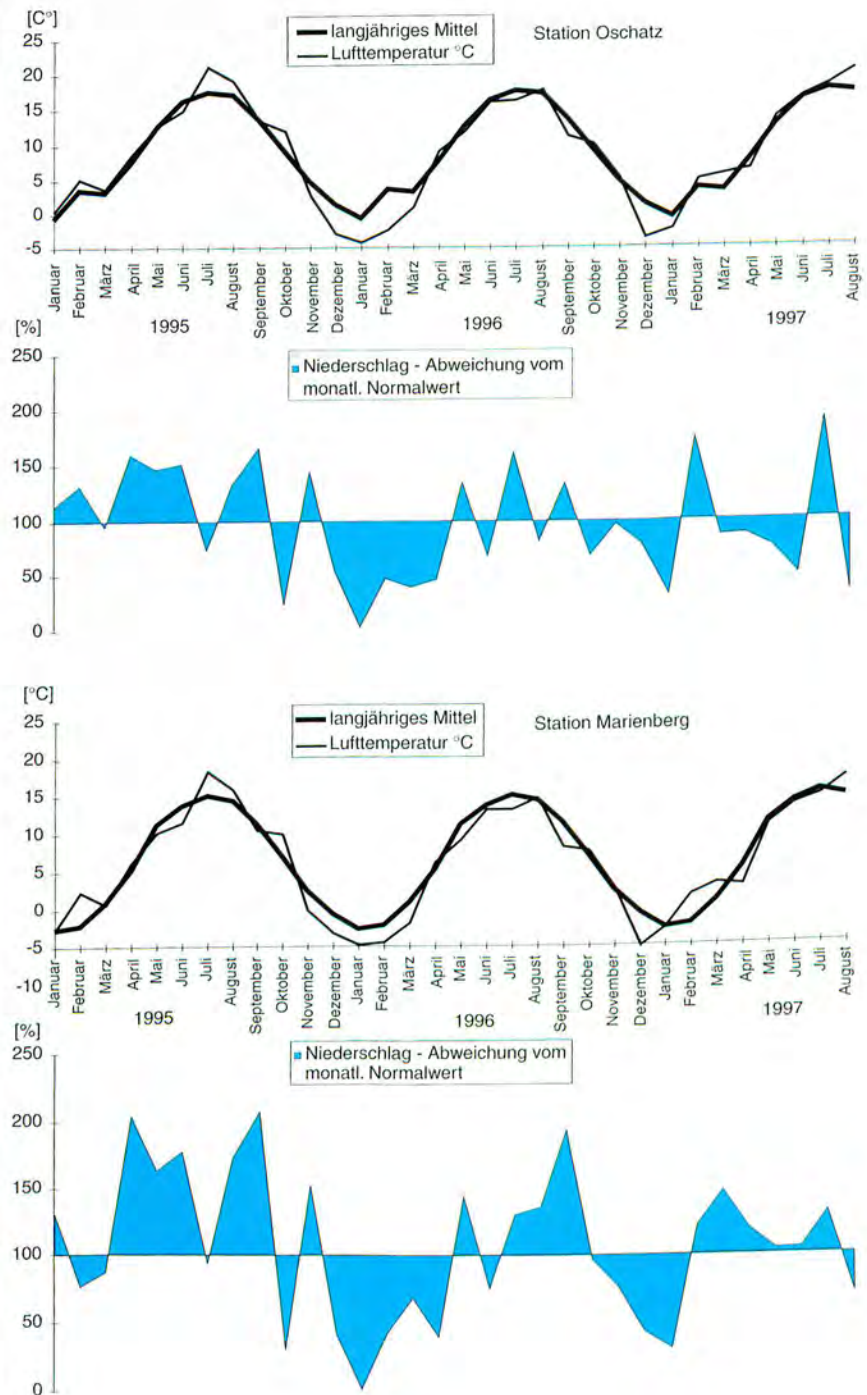
# Rahmenbedingungen für den Waldzustand 1997

## Witterung

Die physiologische Aktivität (Assimilation und Dissimilation) von Waldbäumen wird im wesentlichen von der Witterung gesteuert. Von entscheidender Bedeutung sind dabei u. a. die Temperatur, der Niederschlag und die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR). So leiten z. B. die Temperatur und die Tageslänge im Frühjahr den Beginn der Vegetationsperiode ein (Laubaustrieb und Dickenwachstum), die Tageslänge und Frühfröste im Herbst beenden sie. Sowohl die Luft- und Bodenfeuchtigkeit, als auch die Temperatur regulieren die Transpiration und damit die Wasser- und Nährstoffaufnahme. Die PAR-Strahlung liefert die nötige Energie für die Photosynthese. Neben den angesprochenen direkten Wirkungen nimmt die Witterung auch indirekt Einfluß auf das Pflanzenwachstum (z. B. Steuerung der Ozonkonzentration in der Atmosphäre, Entwicklungsbedingungen für Schadinsekten usw.).

Bäume besitzen wie alle anderen Pflanzen einen mehr oder weniger großen Toleranzbereich, d. h. sie ertragen Schwankungen der Umweltfaktoren in einem bestimmten Rahmen. Wachsen sie am natürlichen Standort, so werden diese Schwankungen in der Regel überstanden, ohne daß es zum Absterben der Bäume führt. Waldbestände, die in der Baumartenzusammensetzung nicht den natürlichen Bedingungen entsprechen (z. B. Fichtenreinbestände auf grundwasserbeeinflussten Standorten) oder die extremen Umweltveränderungen unterworfen sind (z. B. Immissionen), reagieren

Abb. 27 a, b, c, d: Temperaturverlauf und Abweichung der monatlichen Niederschlagsmengen von den langjährigen Mittelwerten für die Meßstationen Oschatz und Marienberg (1995 bis 1997)



besonders stark auf Witterungsextreme.

Die in Abb. 27 a, b, c, d dargestellten Daten der Wetterstationen Oschatz und Marienberg charakterisieren den Witterungsverlauf der Jahre 1995 bis 1997. Sie befinden sich in den Wuchsgebieten Sächsisch-Thüringisches Löß-Hügelland (Oschatz, 150 m über NN) und Erzgebirge (Marienberg, 639 m über NN). Damit repräsentieren sie zwei wichtige Waldregionen Sachsens. Die langjährige Jahresmitteltemperatur beträgt in Oschatz 8,7 °C und 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 und sich in seinem Innern ein spezifisches Klima ausbildet, werden die Wetterdaten von Marienberg und Oschatz durch die Messungen der Waldklimastationen, die von der LAF Graupa 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). Die Daten aus den beiden anderen Stationen in Klingenthal und Laußnitz ermöglichen eine weitere räumliche Differenzierung der Angaben über die Witterungsverhältnisse.

Nach einem relativ milden Oktober und November begann der Winter 1996/97 mit einer sehr kalten Periode. Die Mitteltemperatur für den Dezember lag um ca. 5 °C unter dem langjährigen Mittel. Auch der Januar war deutlich kälter als im langjährigen Mittel. Diese Periode war außerdem durch ein Niederschlagsdefizit charakterisiert. Auf Standorten mit wenig Schneebedeckung drang in dieser Zeit der Bodenfrost bis in eine Tiefe von 100 cm vor. Im Gegensatz zum Vorjahr, in dem diese kontinentale Witterungsperiode bis Mitte April anhält,

wurde sie 1997 bereits durch einen niederschlagsreichen und milden Februar beendet. Der für die Jahreszeit zu warme Witterungsverlauf setzte sich bis Mitte März fort und beschleunigte die Vegetationsentwicklung um 3 bis 4 Wochen.

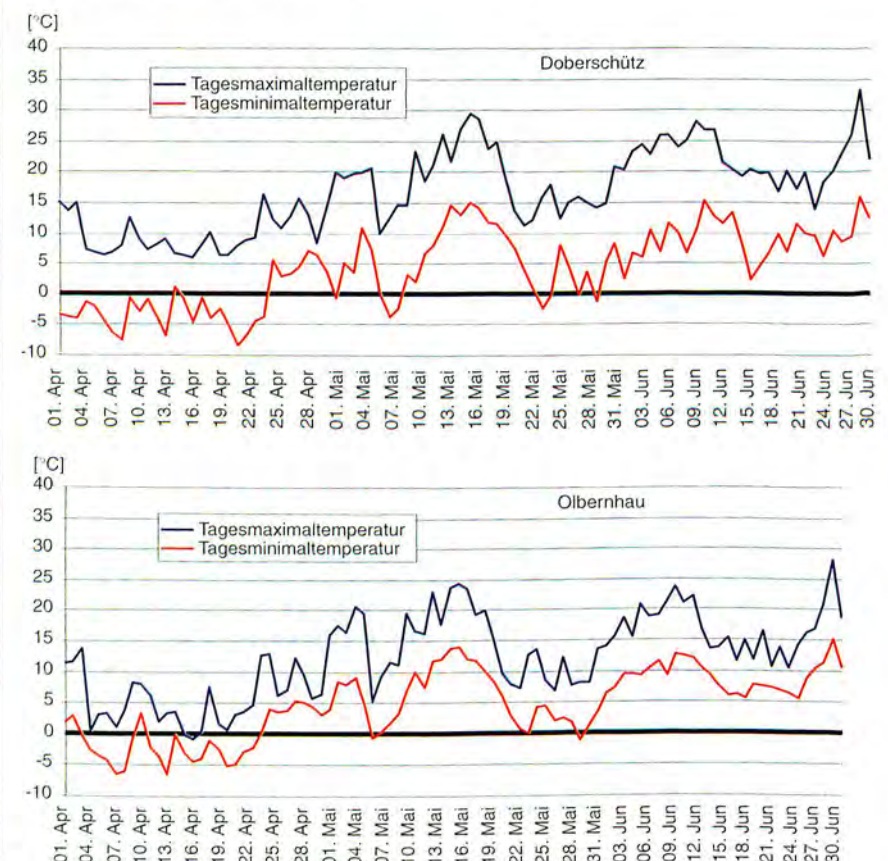
Mitte März folgte ein Kälterückfall mit Tagesmitteltemperaturen von 0 °C. Diese kühle Witterung setzte sich im April fort, so daß im Monatsdurchschnitt die Temperatur unter dem Mittel des Vorjahres lag. Das gilt für Nordwest-Sachsen auch hinsichtlich der Niederschlagssumme. Durch den Witterungsverlauf ging die phänologische Verfrühung z.T. wieder verloren. Speziell die in dieser Zeit aufgetretenen Fröste sind wahrscheinlich die Ursache für Schäden, besonders an Laubbäumen, die erst im Laufe des Jahres sichtbar wurden. In der Vorfrühlingszeit traten Stürme auf, die gebietsweise zu einem erheblichen Bruch-

Abb. 28: Frostschäden an Fichte



und Wurfholzanfall in den Waldbeständen führten. Bis zum Ende des Winters waren es landesweit ca. 36 000 m<sup>3</sup>.

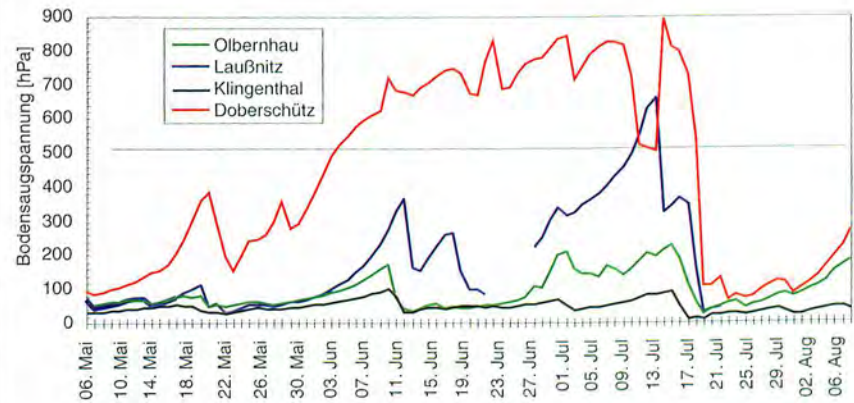
Abb. 29 a, b: Temperaturverlauf an den Waldmeßstationen Doberschütz und Olbernhau (April bis Juni 1997)



Die Vegetationsperiode begann Ende April mit jahreszeittypischen Temperaturen. Obwohl die Mitteltemperatur für Mai fast dem langjährigen Mittel entsprach, war dieser Monat durch Extreme charakterisiert (Abb. 29). Eine erste Nachtfrostperiode am Ende der ersten Maidekade verursachte relativ geringe Schäden. Die zweite Maidekade war überdurchschnittlich warm (z. B. Pfingsten) und dementsprechend erfolgte in dieser Zeit ein intensiver Austrieb der Bäume. Ende Mai traten nochmals ungewöhnlich heftige Nachtfroste auf, die zu massiven Spätfrostschäden führten, auch im Erzgebirge. Davon waren neben Laubholzverjüngungen auch Nadelbaumverjüngungen betroffen (Abb. 28). Frostschäden wurden auf insgesamt etwa 950 ha registriert.

In der ersten Junidekade kam es zu den ersten Sommertagen mit Tagesmaxima von mindestens 25 °C. In Verbindung mit einer hohen Intensität der Sonneneinstrahlung stieg auch die Ozonkonzentration gebietsweise deutlich an. Auf exponierten Standorten wurden nach dieser Witterungsperiode Schäden an den frisch ausgetriebenen Blättern beobachtet. Im Mittel entsprachen die Temperaturen im Juni und Juli dem langjährigen Durchschnitt. Die geringen Niederschlagsmengen, die bis

Abb. 30: Maximale Tageswerte der Bodensaugspannungen (30 cm Tiefe) der Waldmeßstationen Klingenthal und Olbernhau (Mittelgebirge) sowie Doberenschütz und Laufnitz (Tiefeland) 1997



Mitte Juli anhielten, führten vor allem im Tiefland zu einer verbreiteten Abnahme der Bodenwasservorräte. Dieser Prozeß wird anhand der Daten für die Bodensaugspannung in 30 cm Tiefe an einigen Waldklimastationen deutlich (Abb. 30). Die Saugspannung gibt an, wie fest das Bodenwasser im Boden gebunden ist. Bei Bodensaugspannungen über 500 hPa kann es zu temporärem Wasserstreß für die Bäume kommen, da Bodenwasser nicht schnell genug pflanzenverfügbar ist. Derartige Verhältnisse herrschten in Nordwest-Sachsen (Station Doberenschütz) in der Zeit von Anfang Juni bis Mitte Juli permanent vor.

In Gebieten mit Böden höherer Wasserspeicherkapazität (z. B. durch Löß-

auflagen und im Mittelgebirge) und in Nordost-Sachsen, wo die Niederschlagsverhältnisse günstiger waren, trat ein solcher Wasserstreß für die Bäume offensichtlich nicht auf. In der zweiten Julihälfte kam es zu ergiebigen Niederschlägen, so daß insgesamt die langjährige Monatsmenge deutlich überschritten wurde und sich die Wasserversorgung der Waldbestände landesweit normalisierte.

Der Monat August dagegen war überwiegend hochsommerlich mit einer außergewöhnlich großen Anzahl von Tagen mit Temperaturmaxima von mindestens 25 °C (Osschatz: 24 Tage, Vorgebirgslagen: 14 bis 16 Tage). Die Niederschläge blieben unter den Durchschnittswerten.

## Immissionen

### Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

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 SO<sub>2</sub>-Gesamt-

emission in Sachsen sind die Großfeuerungsanlagen (z. B. Heizkraftwerke) mit etwa 77 % beteiligt, während der Anteil des Verkehrs nur etwa 2 % beträgt<sup>1</sup>. SO<sub>2</sub> kann aufgrund seiner hohen Verweildauer in der Atmosphäre von bis zu 2 Tagen über weite Entfernungen (bis zu 500 km) transportiert und großflächig verbreitet werden.

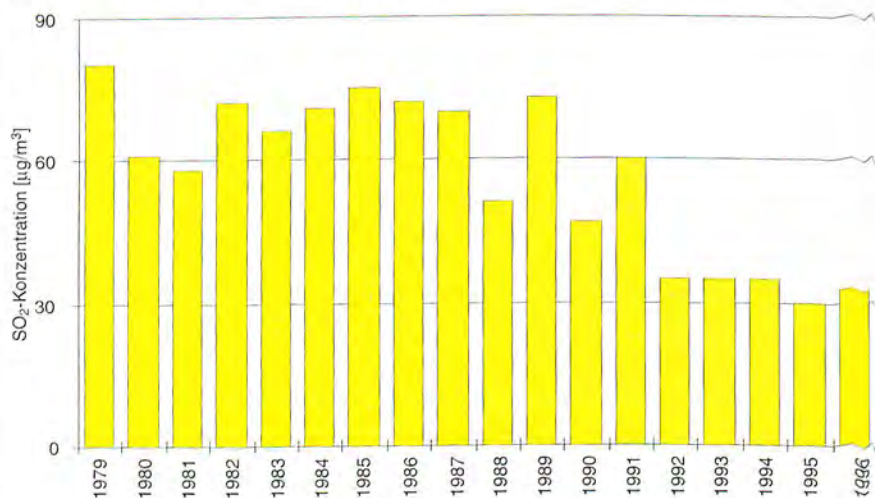
Die direkte Schädigung von SO<sub>2</sub> auf Pflanzen ist bereits seit 1850 bekannt, deren Symptome sind als „Klassische Rauchschäden“ beschrieben worden. Schwefeldioxid schädigt vor allem die Funktion des Spaltöffnungsapparates, beeinträchtigt das Feinwurzelwach-

<sup>1</sup> Quelle: IJUG, Emissionsbericht, 1997

tum und wirkt als Stoffwechselfgift (Assimilationsdepression). In der Folge kommt es zu einem gestörten Wasser- und Nährstoffhaushalt der Pflanzen, verminderter Frosthärte sowie erhöhter Anfälligkeit gegenüber Schadinsekten (z.B. Borkenkäfer). Entscheidend für eine SO<sub>2</sub>-Schadwirkung 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 SO<sub>2</sub>-Immissionen eine deutliche jahreszeitliche Dynamik. Schwefeldioxid ist die Leitkomponente für den Wintersmog. Vor allem bei austauscharmen Wetterlagen treten in einigen Gebieten Sachsens noch immer hohe SO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf.

Die Schadgebiete mit Symptomen „Klassischer Rauchschäden“ sind in Sachsen hauptsächlich die Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges. Seit der Mitte dieses Jahrhunderts führen dort SO<sub>2</sub>-Immissionen zum Absterben ganzer Waldbestände. Während noch in den 80er Jahren häufig SO<sub>2</sub>-Jahres-

Abb. 31: Jahresmittelwerte SO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>] aus Werten der 3 Meßstationen des LfUG (Fichtelberg, Radebeul-Wahnsdorf und Zinnwald)



mittelkonzentrationen im Bereich von 80 µg/m<sup>3</sup> gemessen wurden, zeichnet sich seit 1992 landesweit ein kontinuierlicher Rückgang der SO<sub>2</sub>-Konzentrationen ab. Sie liegen aber immer noch erheblich über dem von der UN/ECE zum Schutz empfindlicher Ökosysteme festgelegten kritischen Konzentrationswert von 20 µg/m<sup>3</sup>. Die Immissionsbelastung im Erzgebirge wird stark von der Windrichtung geprägt. So kam es in Verbindung mit langanhaltenden südöstlichen Winden und Nebellagen während des Winters 1995/96 erneut zu einem großflächigen Waldsterben im mittleren und östlichen Erzgebirge. Demgegenüber waren im Winter 1996/97 besonders das West-

und Mittel Erzgebirge in deutlich geringerem Umfang von hohen SO<sub>2</sub>-Konzentrationen betroffen\*<sup>1</sup>.

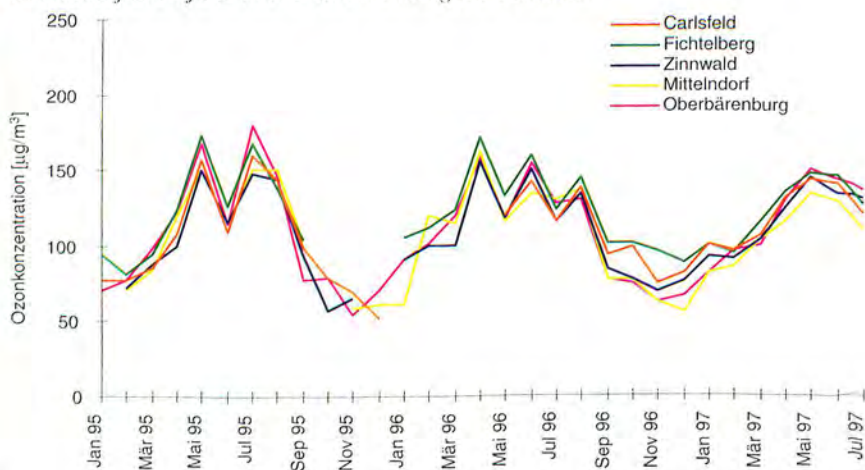
Zwar sind die SO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Luft vor allem wegen der Rauchgasentschwefelung in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen, aber die Belastungen in den Waldökosystemen bleiben sowohl durch aktuelle Schwefeleinträge als auch durch die Nachwirkungen der sehr umfangreichen Schwefeleinträge aus der Vergangenheit weiterhin hoch.

\*<sup>1</sup> Quelle: LfUG, Halbjahresbericht zur SO<sub>2</sub>-Belastung in Sachsen-Winter 1996/97, 1997

## Ozon (O<sub>3</sub>)

Bodennahe Ozon besitzt eine Schlüsselrolle im Ursachenkomplex der „Neuartigen Waldschäden“. Es ist ein gasförmiger sekundärer Luftschadstoff, der in der Atmosphäre photochemisch aus Stickoxiden und Sauerstoff bei starker Sonneneinstrahlung entsteht, wobei flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC) diesen Prozeß beschleunigen. Die Stickoxide entstammen aus Hochtemperaturverbrennungsprozessen, insbesondere dem Straßenverkehr. Die Kohlenwasserstoffe sind auf den Verkehr und den

Abb. 32: 98%-Perzentile der monatlichen Ozonkonzentration [µg/m<sup>3</sup>] Januar 1995 bis Juli 1997, Meßstationen Carlsfeld, Fichtelberg, Zinnwald und Mittelndorf des LfUG und Oberbärenburg/TU Dresden



Einsatz von Lösungsmitteln in der Industrie zurückzuführen. Die aus den besiedelten Gebieten über größere Entfernungen anströmenden stickoxidhaltigen Abgase können in den bewaldeten Mittelgebirgsregionen unter dem Einfluß der dort intensiveren UV-Strahlung sehr effektiv zu Ozon umgesetzt werden. Der Abbau von Ozon erfolgt bei der Reaktion von Ozon und Stickstoffmonoxid vor allem in den Nachtstunden. Diese Rückreaktion verläuft in Mittelgebirgslagen schwächer als in Ballungszentren, da weniger Stickstoffmonoxid vorhanden ist. Im Ergebnis werden in den betroffenen Waldgebieten höhere Ozon-Konzentrationen gemessen als in den Städten. Auch der nächtliche Rückgang

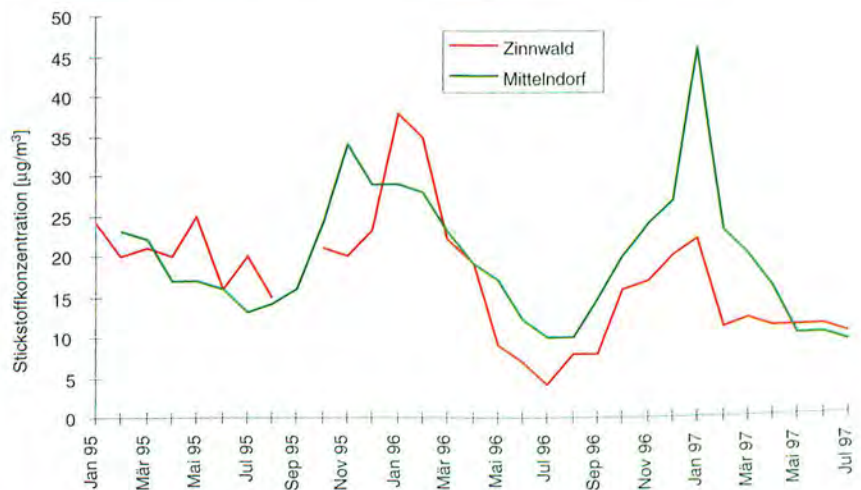
fällt wesentlich geringer aus. In Abhängigkeit von der Strahlungsintensität unterliegt auch Ozon einem typischen Jahresgang mit Maximalwerten in den Sommermonaten. Es ist ein wesentlicher Bestandteil des sogenannten „Sommersmogs“. Die O<sub>3</sub>-Konzentrationen erreichten bis Juli 1997 in etwa das Niveau von 1995 und 1996 (Abb. 32), wobei die höchsten Werte des Jahres 1997 im Mai auftraten. Ozon gelangt über die Spaltöffnungen in die Blätter und wirkt in der Regel nicht direkt, sondern in Verbindung mit Pathogenen, Witterungsextremen und anderen Luftschadstoffen. Bereits nach wenigen Stunden können sich letztlich aufgrund einer Bleichung

von Chlorophyll punkt- oder fleckenförmige bis gelblich/braunliche Verfärbungen an den Blattoberflächen zeigen, die sich von Nährstoffmangelsymptomen deutlich unterscheiden. Man geht davon aus, daß Pflanzen das Ozon bis zu einer Konzentration von 40 µg/m<sup>3</sup> entgiften können und es dann eine Frage der Dosis über die Zeit ist, ob es zu einer Schadreaktion kommt. Folgen chronischer Ozonbelastungen über 40 µg/m<sup>3</sup> sind vor allem eine Verringerung der Spaltöffnungsweite der Blattoberfläche, eine verminderte Photosynthese sowie Wachstumshemmungen. Ozon scheint zudem die Abwehrmechanismen gegenüber Pathogenen (z. B. Rotfäulepilze) zu stören bzw. deren Angriff zu erleichtern.

## Stickstoff (N)

Stickstoff kann in Form von Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) oder als Ammoniumverbindung (NH<sub>4</sub>) schadrelevant werden. Während die Stickoxide fast ausschließlich Hochtemperaturverbrennungsvorgängen entstammen (in Sachsen etwa 51 % aus dem Verkehr und 49 % aus Feuerungsanlagen<sup>1</sup>) und eine wesentliche Vorläufersubstanz der Ozonbildung darstellen (s. o.), sind die Ammoniumverbindungen in der Luft zu etwa 80 % auf die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem landwirtschaftlichen Bereich zurückzuführen (Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel und Tierhaltung mit Gülleausbringung<sup>2</sup>). Das durch N-Verbindungen induzierte verstärkte Pflanzenwachstum kann eine Verminderung der Frosthärte und Mangelerscheinungen an anderen wichtigen Pflanzennährstoffen hervorrufen, die

Abb. 33: NO<sub>x</sub>-Monatsmittelwerte [µg/m<sup>3</sup>] Januar 1995 bis Juli 1997 für die Meßstationen Zinnwald und Mitteldorf des LfUG



direkt oder indirekt (z. B. durch Veränderung der Nahrungsqualität für nadel- und blattfressende Insekten) die Anfälligkeit gegenüber weiteren Stressfaktoren erhöhen. Zwar ist seit 1991 insgesamt ein Absinken der NO<sub>x</sub>-Emissionen aus der Industrie festzustellen

(Abb. 33), die durch den Verkehr hervorgerufene NO<sub>x</sub>-Freisetzung steigt aber weiterhin an<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Quelle: LfUG, Emissionsbericht, 1997

<sup>2</sup> Quelle: LfUG, Emissionssituation in Sachsen, 1996

## Fluor

Hinsichtlich einer möglichen Schädigung der Waldbestände durch Fluorverbindungen ist zwischen dem elementaren Fluor (F<sub>2</sub>), Fluorwasserstoff

– in der flüssigen Phase als Fluorwasserstoffsäure bzw. Flußsäure (HF) – und Fluorid-Salzen zu unterscheiden. Fluor ist ein stark ätzendes giftiges Gas, das auch in niedriger Dosis

organische Gewebe zerstört oder das Lungengewebe schädigt. Aufgrund seiner hohen Reaktivität – von sämtlichen chemischen Elementen ist es das reaktionsfähigste – verbindet es

sich allerdings sehr schnell mit der Feuchtigkeit der Luft unter Bildung von Sauerstoff und Ozon zu Fluorwasserstoffgas. Dieses Gas von ebenfalls hoher Reaktivität bildet zusammen mit Wasser (Luftfeuchtigkeit) Fluorwasserstoffsäure bzw. Flußsäure (HF). Flußsäure reagiert wiederum mit Metalloxiden, aber auch mit den silikatischen Stäuben zu Fluoriden (Salzen). Demzufolge ist eine Ätzwirkung von Fluor- und Fluorwasserstoff nur in unmittelbarer Nähe der Quelle bzw. von Emittenten bei Abwesenheit basischer oder silikatischer Stäube belegt.

Auch eine ätzende Wirkung von nach Ferntransport und Deposition abgelagerten Fluorid-Salzen ist vor dem Hintergrund der durch die LAF in den Niederschlägen festgestellten Calcium-Konzentrationen und der bevorzugten Bindung des Fluoridanions (F-) an Calcium als  $\text{CaF}_2$  (Calciumfluorid) auszuschließen. Für Calciumfluorid wurde bisher keine phytotoxische Wirkung nachgewiesen. Von Bedeutung sind eher die Fluorakkumulationen in der Äsung des Wildes bzw. im Rahmen der Viehwirtschaft.

Aus Sicht der LAF sind die Schwefel- und Stickstoffverbindungen die bestimmenden atmorene Schadstoffe für Waldökosysteme, die über Ferntransportprozesse großflächig wirken. Aufgrund der oben beschriebenen hohen Reaktionsfähigkeit verhält sich das Fluor, insbesondere in Form des Fluorwasserstoffes (HF), auch bei Transport und Verteilung anders als sonstige Luftverunreinigungen und ist kein entscheidender Faktor beim großflächigen Auftreten der Waldschäden.

## Stoffeinträge und ihre Wirkungen

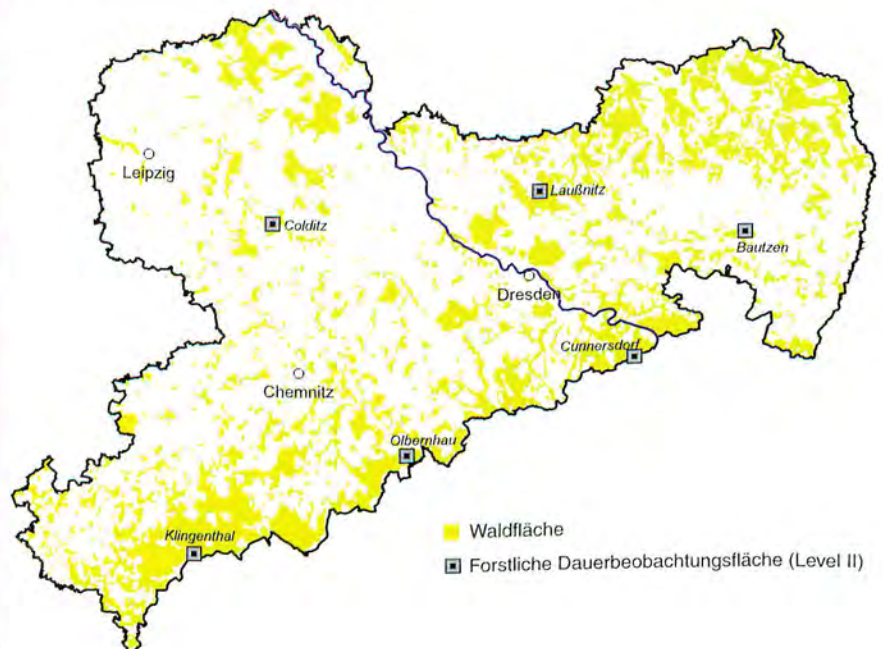
Während insbesondere im Bereich der sächsischen Industrie- und Siedlungsgebiete ein Rückgang der  $\text{SO}_2$ - und Staubimmissionen in den letzten Jahren zu verzeichnen ist (z. B. Meerane bei  $\text{SO}_2$  auf 14 % im Vergleich zu 1989), ist in den Waldschadensgebieten im mittleren und östlichen Erzgebirge noch kein eindeutiger Trend erkennbar. Akute Belastungen bei ungünstigen meteorologischen Verhältnissen im Erzgebirge waren durch Schadstoffeinträge aus dem nordböhmischen Industriegebiet geprägt. Als besonders auffällig wurde der starke Rückgang der  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalte im Niederschlag auf < 25 % des Vorwendewertes, des Sulfatgehaltes auf etwa 50 % und der  $\text{Cl}^-$ -Konzentration auf < 50 % festgestellt. Demgegenüber **stieg der Säuregrad der Niederschläge** (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 momentane **Reaktion der Waldökosysteme auf diese veränderten Stoffeinträge** ist vielfältig und muß **für die Stabilität der meisten Waldökosysteme Sachsens** auch auf lange

Sicht als **ungünstig** eingeschätzt werden. Dies zeigen die Ergebnisse auf den 6 Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level II, s. Abb. 34) der LAF. 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

Abb. 34: Verteilung der Meßflächen



repräsentativ und kontinuierlich erfaßt. Sämtliche Stationen sind seit 1994 in das Dauerbeobachtungsflächenprogramm 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 Waldböden ein Programm zur kontinuierlichen Umweltkontrolle in den sächsischen Waldökosystemen.

Der zunehmende Säureeintrag in Waldökosysteme seit Beginn der Industrialisierung im letzten Jahrhundert hat auch in Sachsen großflächig den Prozeß der natürlichen Bodenversauerung um Größenordnungen beschleunigt. Hauptquellen dieses Säureintrages sind Schwefel- und Stickstoffverbindungen. **Da der gegenwärtige**

### **Säureeintrag in die Wälder die Pufferfähigkeit der meisten sächsischen Waldstandorte übersteigt, ist auch weiterhin mit einem Fortschreiten der Bodenversauerung zu rechnen.**

Auf den häufig bis in den Grundwasserkörper versauerten Böden kommt es fortlaufend zum Verlust von Nährstoffvorräten mit dem Sickerwasser und ihre Neutralisierungskapazität geht weiter zurück. Bei pH-Werten des Bodens unter 5,0 und gleichzeitig weniger als 15 % Basensättigung (= Anteil von Ca+K+Mg+Na am gesamten verfügbaren Kationenvorrat des Bodens) steigt zudem die Gefahr von Säuretoxizität für die Bodenorganismen infolge der Freisetzung potentiell toxischer Elemente (Aluminium, Schwermetalle) im Wurzelraum. Dies kann selbst bei den relativ säuretoleranten einheimischen Baumarten wie Buche, Eiche, Tanne, Fichte und Kiefer zu **Säurestreß** und zu einer weiteren **Einschränkung der Nährstoffaufnahme** führen. Die Bäume reagieren mit Wurzelschäden aufgrund von Calciummangel oder zeigen Blattverfärbungen, die durch Magnesium-, Kalium- und Spurennährstoffmangel bedingt sein können. Wegen des sauren Sickerwassers sind auch die **Untergrund- und Oberflächengewässer im**

**Wald versauert.** Die Qualität des Trinkwassers ist entsprechend gefährdet. Zwischen den Stoffeinträgen auf freier Fläche (Freilandniederschlag = FN) und denen unter dem Kronendach am Waldboden (Bestandesniederschlag = BN) 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 Pufferprozessen 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 Freilandes. In Laubwäldern sind die Unterschiede aufgrund fehlender Belaubung während der Wintermonate weniger ausgeprägt.

## **pH-Werte im Niederschlag**

Der Säuregrad nicht belasteter Niederschläge im Gleichgewicht mit dem CO<sub>2</sub>-Partialdruck der Luft beträgt pH 5,6. Die pH-Werte im Niederschlag der Meßstandorte liegen, bedingt durch regional unterschiedliche Schadstoffgehalte, meist erheblich tiefer (Abb. 35). Sowohl der Freiland- als auch der Bestandesniederschlag in einem Fichtenaltbestand des mittleren Erzgebirges (SäFoA Olbernhau) sind beispielswei-

se überwiegend deutlich saurer als in einem Kiefernaltbestand der Laußnitzer Heide (SäFoA Laußnitz).

Ursache sind die relativ hohen Konzentrationen von Schwefel- und Stickstoffverbindungen im Niederschlag, die stark von den speziellen meteorologisch-orographischen Bedingungen der Standorte beeinflußt werden.

**So bestimmen in den Hochlagen des Erzgebirges häufige und langanhaltende Nebelereignisse entscheidend den Säuregrad des Niederschlages im Waldbestand.**

Dementsprechend zeigen die Sulfat- und Nitratkonzentrationen im Bestandesniederschlag eine deutliche Jahresrhythmik: Die Werte unterhalb der Baumkronen steigen im Herbst und in den Wintermonaten auf das 3–10fache der übrigen Jahreszeit an, was häufig mit dem Antransport von mit den Schadgasen Schwefeldioxid und Stickoxiden hochangereicherten Luftmassen aus südöstlichen Richtungen und den genannten Nebelperioden in Verbindung steht. Unter diesen Verhältnissen vervielfachen sich die Auskämrraten von Schadstoffen durch die Fichten-

Abb. 35 a, b: Entwicklung der pH-Werte im Freiland- und Bestandesniederschlag der 6 Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level II)

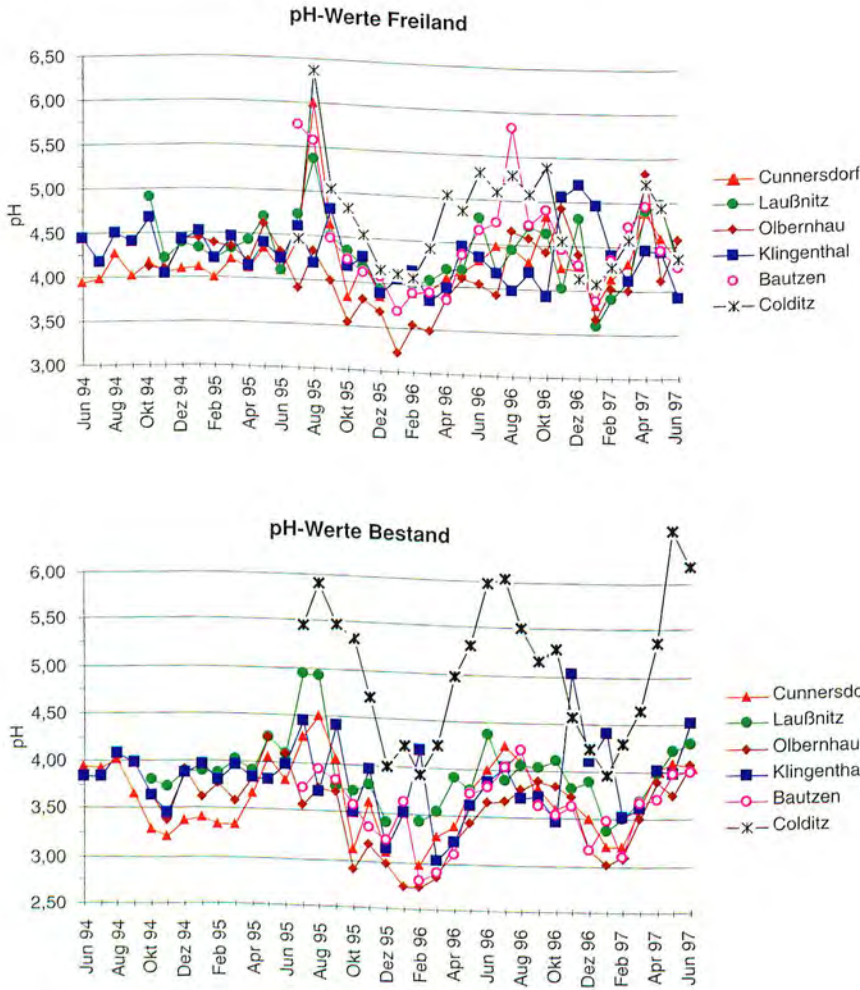


Abb. 36: Forstliche Dauerbeobachtungsfläche (DBF = Level II der EU, Meßfeld Klingenthal)



Abb. 37: Freilandmeßfläche mit meteorologischer Station (Meßfeld Klingenthal)



kronen und führen zu entsprechend hohen und langanhaltenden 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 im Verlauf des

Winters 1996/97 nicht registriert. Im Vergleich zum Winter 1994/95 lagen die pH-Werte im Bestandesniederschlag allerdings meist deutlich niedriger. Eine Ausnahme stellt die Fläche Klingenthal dar, deren Werte durch eine benachbarte Kalkungsmaßnahme vor Wintereinbruch beeinflusst wurden.

tar [1 kmol Säure = 1,01 kg H<sup>+</sup>] **fast verdoppelt!** Da durch die Pufferreaktionen im Kronenraum der Bestandesniederschlag aber bereits eine um etwa 1,3 kg Protonen reduzierte Säurebelastung aufweist, errechnet sich ein jährlicher Gesamtsäureeintrag in den Bestand von ca. 5,3 kg H<sup>+</sup> pro Hektar. Ähnlich, aber auf einem anderen Belastungsniveau, stellen sich

## Schwefel, Stickstoff und andere Elemente

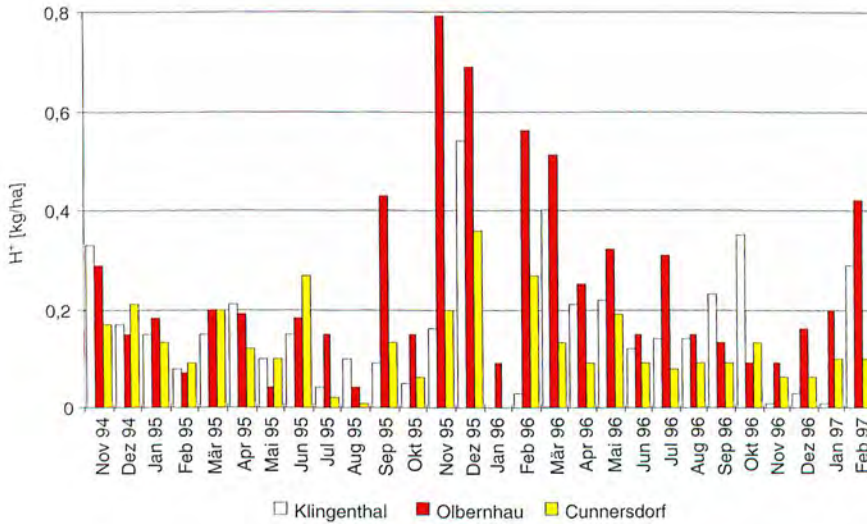
Als Folge der zeitlich gegenläufigen Entwicklung von Niederschlagsmengen und Schadstoff- bzw. Elementkonzentrationen sind die monatlichen Eintragsraten der Elemente meist stark nivelliert und die Tendenz erhöhter

S-Einträge in den Herbst- und Wintermonaten ist normalerweise schwach ausgeprägt.

Der **Säureeintrag des Fichtenaltbestandes an der Station Olbernhau (mittleres Erzgebirge)** hat sich im Meßjahr 1996 (11/95–10/96) gegenüber dem Vorjahr – trotz geringerer Niederschläge – mit etwa 4 kmol pro Hek-



Abb. 38: Entwicklung der monatlichen Protoneneinträge ( $H^+$ ) mit dem Bestandesniederschlag in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen Cunnersdorf, Olbernhau und Klingenthal.



tauschreaktionen an den Blattoberflächen.

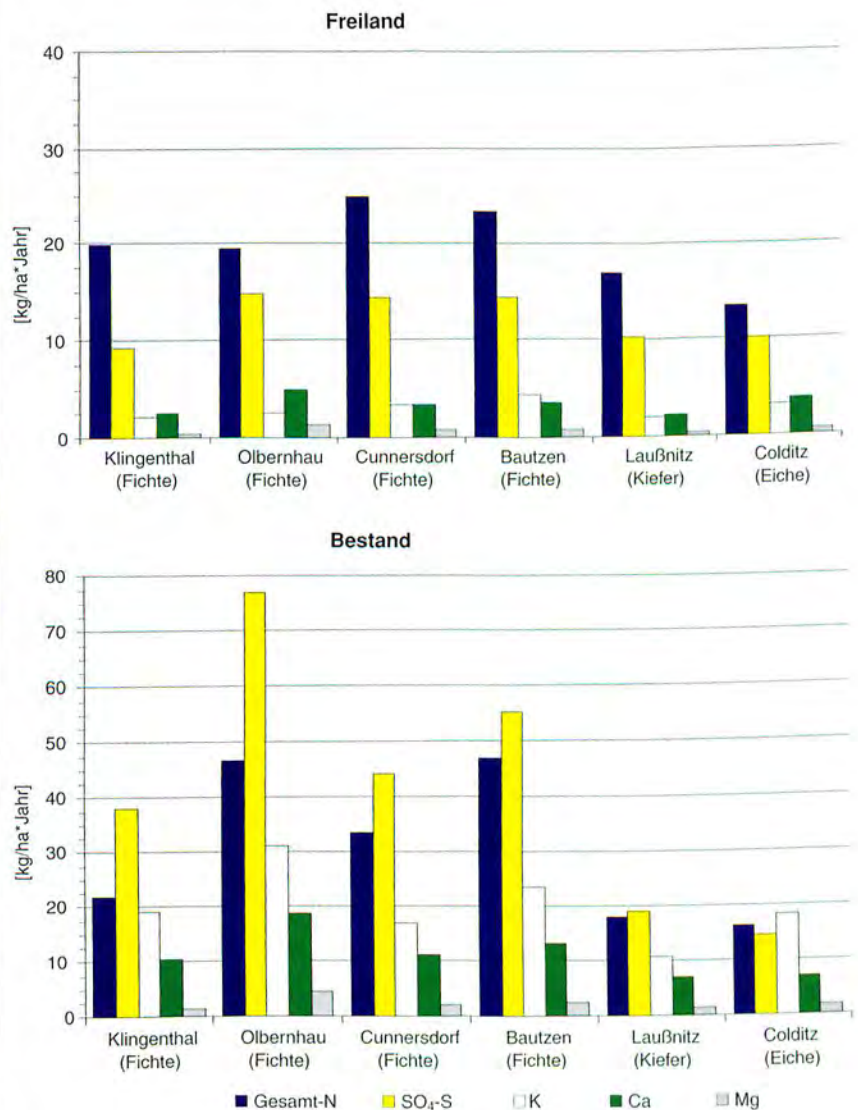
Die für das hydrologische Jahr 1996 (11/95–10/96) ermittelten Elementeinträge von Gesamt-N (=  $NO_3-N + NH_4-N$ ),  $SO_4-S$ , K, Ca und Mg sind in Abb. 39 und Tab. 12 dargestellt.

Es wird deutlich, in welchem Maße vor allem die Schwefel- und Stickstoffdepositionen mit den Niederschlägen die Belastungen in den sächsischen Wäldern bestimmen. **Bei den Stickstoffeinträgen überwiegt in sämtlichen Meßflächen der Anteil von Ammonium-Stickstoff ( $NH_4-N$ ).**

diese Verhältnisse auch in den anderen Meßflächen dar.

1996 hatten auch die Altfichten der Station Klingenthal im westlichen Erzgebirge die bisher höchsten jährlichen Säureeinträge seit Beginn der Messungen 1993 zu verzeichnen. Sie stiegen im Bestandesniederschlag gegenüber 1994 von 1,5 kg  $H^+$  auf 2,5 kg  $H^+$  pro Hektar an, während die Werte des Fichtenbestandes in Cunnersdorf (Elbsandsteingebirge) während der drei Meßjahre mit 1,5 kg  $H^+$  bis 1,8 kg  $H^+$  pro Hektar relativ konstant blieben. Auffällig an der **Station Olbernhau** ist ferner ein nochmaliger Anstieg des **Schwefeleintrages** von etwa 67 kg/ha (1995) auf **77 kg/ha 1996** und vor allem des **Stickstoffeintrages** von 28 kg/ha auf ca. **47 kg/ha** mit einem Schwergewicht beim Ammonium-Stickstoff ( $NH_4-N$ ). Demgegenüber verbleiben die basischen Bestandeseinträge (Ca, K und Mg) auf einem eher niedrigen Niveau. Dies muß einerseits als Ausdruck einer nur noch geringen Neutralisierung der Säuren in der Atmosphäre angesehen werden, andererseits zeugt es von einer stark eingeschränkten Fähigkeit und Überforderung der Blattoorgane zur Pufferung der eingetragenen Säure durch Aus-

Abb. 39 a, b: Jährliche Elementeinträge mit den Niederschlägen im Freiland und im Bestand (Kronentraufe) für das hydrologische Jahr 11/95–10/96



Er erreicht im Freiland einen Anteil von 66 % (Meßfeld Bautzen) und im Bestand von 65 % (Meßfeld Colditz) am gesamten Stickstoffeintrag. Bereits die im Freiland eingetragenen Stickstoffmengen (Gesamt-N) liegen erheblich über den von Waldbeständen jährlich verwertbaren Mengen von etwa 10–15 kg N/ha. Wie bei den anderen Elementen sind auch die N-Einträge im Bestand deutlich bis mehrfach erhöht. Dabei ist zu berücksichtigen, daß erhebliche Stickstoffmengen bereits im Kronenraum von den Nadeln und Blättern aufgenommen werden können, so daß der tatsächliche N-Eintrag in zahlreichen Waldbeständen noch beträchtlich höher anzusetzen ist, als dieser mit jährlich etwa 17 kg N (Colditz) bis 47 kg N (Bautzen und Olbernhau) pro

ha und Jahr erfaßt wird (vgl. S. 31 ff.). Die Aufnahme von NH<sub>3</sub> aus der Luft kann zu schweren Wachstumsstörungen führen. Stickstoffeinträge fördern zudem das Sproß- gegenüber dem Wurzelwachstum, so daß ein erhöhter oberirdischer Zuwachs nicht unbedingt auf eine höhere ökologische Stabilität der Bestände schließen läßt, zumal meist ihre Frosthärte vermindert und die Anfälligkeit gegenüber biotischen Schaderregern verstärkt wird.

Der weit überwiegende Teil des Kaliums 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 Blattoberflächen zugerechnet werden. Ähnlich sind die Verhältnisse beim Calcium zu bewerten.

Die außerordentlich starke Filterwirkung der Fichtenkronen hinsichtlich der Schwefeleinträge zeigt sich besonders für die Hochlagen des Erzgebirges. Hier führen die häufigen Nebellagen zu einer langanhaltenden Benetzung der Nadeloberflächen. Dieser Feuchtigkeitsfilm stellt eine sehr effektive Senke für die SO<sub>2</sub>-Konzentrationen der Luft dar. Mit 77 kg Schwefeleintrag pro ha im Fichtenbestand in Olbernhau (11/95–10/96) wurde ein Vielfaches der Freilandwerte festgestellt.

Tab.12: Elementeinträge mit dem Freilandniederschlag (FN) und dem Bestandesniederschlag (BN) im hydrologischen Jahr 1996 (11/95–10/96)

Meßfläche [kg/ha*Jahr]	H		K		Ca		Mg		NH <sub>4</sub> -N		NO <sub>3</sub> -N		SO <sub>4</sub> -S		mm	
	FN	BN	FN	BN	FN	BN	FN	BN	FN	BN	FN	BN	FN	BN	FN	BN
Klingenthal (Fi)	1,04	2,54	2,2	19,2	2,6	10,5	0,5	1,5	10,8	11,7	9,2	11,5	9,4	38,2	1 332	976
Olbernhau (Fi)	1,14	4,05	2,5	31,2	4,9	18,9	1,5	4,5	11,0	24,8	8,4	21,9	14,8	77,1	1 051	854
Cunnersdorf (Fi)	0,64	1,70	3,6	17,1	4,1	11,1	1,1	2,3	12,3	18,2	7,5	15,5	14,3	44,2	1 168	801
Bautzen (Fi)	0,47	2,13	4,4	23,5	3,6	13,4	0,8	2,7	15,4	26,4	8,0	20,7	14,4	55,4	1 006	636
Laußnitz (Ki)	0,41	0,81	1,9	10,8	2,2	7,1	0,4	1,5	10,6	9,6	6,3	8,4	10,3	19,3	705	503
Colditz (Ei)	0,14	0,11	3,1	18,5	3,8	7,2	0,6	1,9	8,2	10,7	5,3	5,8	10,1	14,6	687	501

## Säurepufferung und Gesamtsäurebelastung

Die Säurebelastung in Waldökosystemen wird durch die Ermittlung der sauren Deposition mit dem Bestandesniederschlag nur teilweise erfaßt (s. o.). **Vielmehr tragen depositionsbedingte ökosysteminterne Prozesse der Protonen-Freisetzung entscheidend zur wirksamen Gesamtsäuremenge in den Waldökosystemen bei.** Reaktionspartner dieser Säurebelastung ist aber letztlich immer der Boden, auf dessen Festphasenoberfläche die frei-

gesetzten Protonen wirken und chemische Veränderungen auslösen – der Boden versauert.

Eine über den Säureeintrag mit dem Bestandesniederschlag hinausgehende Säurebelastung des Bodens ergibt sich aus der Fähigkeit des Kronenraumes von Waldbeständen, einen Teil der Säuredeposition zu neutralisieren und somit den Bestandesniederschlag zu entsäuern. Um aber diese Pufferkapazität in den Blättern aufrecht erhalten zu können, müssen entsprechend den dabei ausgewaschenen Kationen die Nährelemente Ca, Mg und K wieder in den Kronenraum transportiert werden.

Im Gegenzug erfolgt die Freisetzung einer äquivalenten Protonen- und damit Säuremenge im Boden. Dieser Anteil einer zusätzlichen bodeninternen Säurebelastung bewegt sich in den Meßfeldern Klingenthal und Olbernhau zwischen etwa 10 % und 30 %. Im Meßfeld Cunnersdorf erreicht er sogar etwa die Hälfte des direkten Säureeintrages mit dem Bestandesniederschlag (siehe Abb. 40).

**Eine zunehmende Bedeutung für die Säurebelastung der Waldökosysteme geht ferner von den anhaltend hohen Stickstoffdepositionen aus.** In stickstoffunterversorgten Wäldern wirkt der

Stickstoff zwar als Dünger und hat zu einem gesteigerten Waldwachstum geführt, allerdings wurden vielfach aufgrund einer ansonsten unzureichenden Nährelementausstattung der Standorte Nährstoffungleichgewichte bei der Pflanzenernährung festgestellt. **Der hohe Eintrag von  $\text{NH}_4$ -Ionen führt zu weiteren Störungen in der Nährstoffversorgung**, indem einerseits die  $\text{NH}_4$ -Ionen bei der Wurzelaufnahme mit den anderen Nährelement-Kationen konkurrieren. Andererseits induziert die besonders von der Fichte bevorzugte Ammonium-Aufnahme eine Protonenabgabe an den Boden und damit zusätzlichen Versauerungsdruck. Zudem verdrängen  $\text{NH}_4$ -Ionen im Boden andere Nährelemente von den Tonmineraloberflächen ( $\text{NH}_4$ -Fixierung).

**Bei der mikrobiellen Umsetzung von Stickstoffverbindungen** (Mineralisation, Nitrifikation) kann ebenfalls eine **erhebliche bodeninterne Säureproduktion** stattfinden, falls ein Überangebot mobiler Nitrat-Ionen im Boden auftritt und diese verstärkt mit dem

Sickerwasser ausgetragen werden. Das Nitrat-Anion wirkt dabei als „Schlepper“ für die Nährelement-Kationen (z. B.  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$ ), so daß der Boden weiter an Puffer- und Säureneutralisierungskapazität verliert. Die Gefährdung des Grund- und Trinkwassers als Folge eines erhöhten Nitrataustrages, der sich mittlerweile in zahlreichen stickstoffgesättigten Waldökosystemen abzeichnet, ist bereits aus den landwirtschaftlich genutzten Gebieten hinlänglich bekannt.

Über Bilanzierungsverfahren des Ammonium- und Nitrat-Stickstoffs aus den jeweiligen jährlichen Einträgen mit dem Niederschlag und den jährlichen Austrägen mit dem Sickerwasser läßt sich die durch die Stickstoffdeposition induzierte Säureproduktion abschätzen (Abb. 40). Während in Klingenthal im Verlauf der 3 Meßjahre eine Verringerung dieses Anteils aufgrund vor allem zurückgehender Nitratausträge zu verzeichnen ist, nehmen gleichzeitig die direkten Säureinträge und die Gesamtsäure-

belastung zu. Die Fichtenbestände in Bautzen und Olbernhau zeigen bei etwa gleicher Gesamtsäurebelastung sehr deutliche Unterschiede hinsichtlich der stickstoffinduzierten Versauerungsanteile. Dies erklärt sich aus dem momentan sehr hohen Eintrag und Verbleib von Ammonium (ca. 28 kg  $\text{NH}_4\text{-N}$  pro ha in 1996) im Fichtenökosystem des Meßfeldes Bautzen bei gleichzeitig hohem Nitrataustrag.

Gegenüber diesen depositionsbedingten Säurebelastungen spielt die an den Standorten durch den Zuwachs hervorgerufene Protonenfreisetzung bei der Kationenentnahme aus dem Boden nur eine untergeordnete Rolle. Die Wirkung organischer Säuren ist ebenfalls als gering einzuschätzen. Somit wird deutlich, daß die **Säurebelastung der Böden auch weiterhin eindeutig von der Säure-Deposition und den nachfolgenden internen Versauerungsvorgängen beherrscht** wird. Die saure Deposition ist die treibende Kraft der Bodenversauerung, die in ihrer Wirkung – und darauf verweisen die Ergebnisse – möglicherweise noch zunimmt. Es zeigt sich ferner, daß der hohe Säureeintrag mit dem Niederschlag in den Mittel- und Hochlagen bereits die maximal mögliche Pufferkapazität der Böden durch Silikatverwitterung – die bezogen auf eine Bodentiefe von 80 cm in Cunnersdorf 0,45 kg  $\text{H}^+$ , in Bautzen 1,6 kg  $\text{H}^+$ , in Klingenthal 1,9 kg  $\text{H}^+$  und in Olbernhau 2,6 kg  $\text{H}^+$  Konsumtion je Hektar und Jahr beträgt – erheblich überschreitet.

Vor dem Hintergrund der Versickerung eines sauren, nur unzureichend gepufferten und zunehmend calciumarmen Niederschlages in Humusaufgabe und Mineralboden sowie der hohen bodeninternen Säureproduktion lassen sämtliche Flächen deutliche Anzeichen eines langfristigen, in tiefere Bodenbereiche verlagerten Versauerungsschubes erkennen (vgl. S. 34 ff.). Die vormals in Form spezifischer und un-

Abb. 40: Komponenten der Säurebelastung in ausgewählten Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level II der EU)

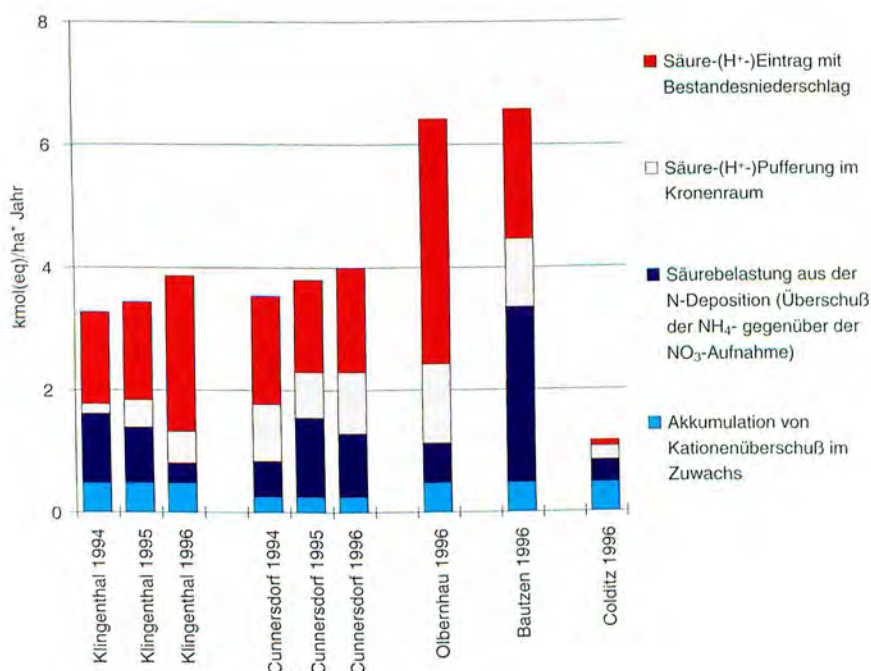
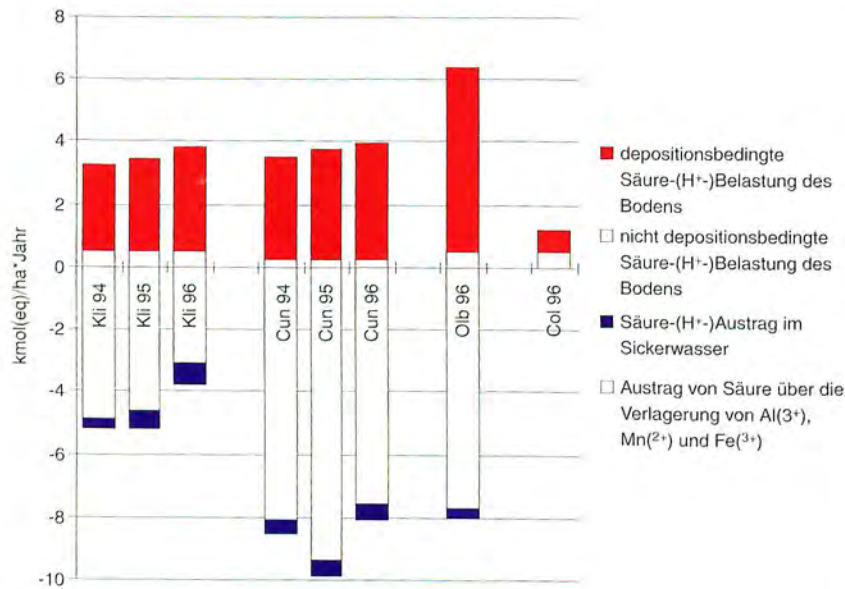


Abb. 41: Jährliche Gesamt-Säurebilanz in ausgewählten Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level II der EU)

Kli = Klingenthal, Cun = Cunnersdorf, Olb = Olbernhau, Col = Colditz



spezifischer Aluminium-Hydroxid-Verbindungen in den Böden aufgespeicherten hohen Schwefel- und Säurevorräte werden in die Pufferprozesse einbezogen und mobilisiert. Als Folge dessen treten größere Mengen von SO<sub>4</sub> und Al – in Cunnersdorf,

Olbernhau und Bautzen auch Mangan – in die Bodenlösung bzw. das Sickerwasser ein und die Protonenbildung im Boden steigt an (vgl. folgender Abschnitt „Chemischer Zustand der Waldböden“).

Die hohen Sulfat- und teilweise erheblichen Nitratausträge (Cunnersdorf und Bautzen) werden begleitet von entsprechenden Basenverlusten. Der Protonenaustrag und die hohen Transportraten von Al<sup>3+</sup> und Mn<sup>2+</sup> im Aluminium-Pufferbereich (vgl. folgender Abschnitt „pH-Werte“) verdeutlichen die Weitergabe der oben skizzierten Säurelast an den Sickerwasserleiter und damit an tiefere Bodenschichten. Die Tiefenverlagerung dieser sogenannten Kationsäuren bedeutet den Verlust von Säureneutralisierungskapazität bis in den Unterboden und zeigt an, daß diese Böden – mit Ausnahme der Fläche Colditz – keine vollständige Säureneutralisation mehr leisten können.

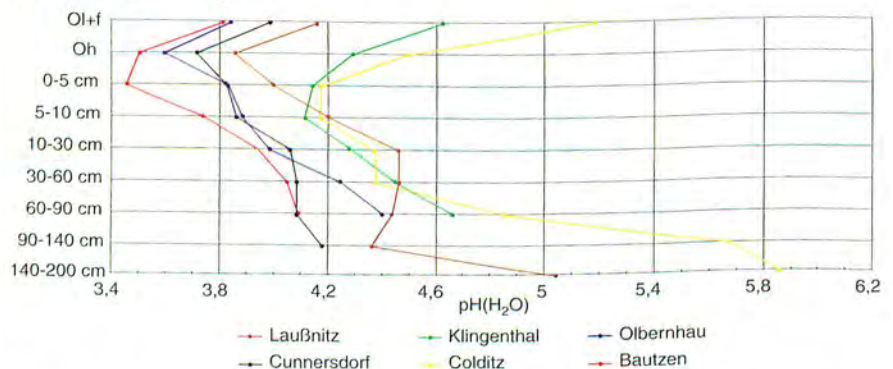
Die Abb. 41 gibt einen Eindruck von dem Ausmaß dieser Tiefenverlagerung einer zunehmenden Bodenversauerung und deren Anteil an der Gesamt-Säurebilanz der Waldökosysteme, die zusammengefaßt die eigentliche ökosystemar wirksame Gesamtsäurebelastung darstellt.

## Chemischer Zustand der Waldböden

### pH-Werte

Die pH(H<sub>2</sub>O)-Werte kennzeichnen den aktuellen Säurezustand des Bodens. Demnach sind die Böden in den Dauerbeobachtungsflächen Bautzen, Olbernhau und Cunnersdorf stark und tiefreichend versauert; es dominieren der Aluminium-(Al-) und der Aluminium/Eisen-(Al/Fe)-Pufferbereich (pH: 3,8–4,2 bzw. 3,0–3,8). Gleiches trifft für die Oberböden in den Meßflächen Klingenthal, Laußnitz und Colditz zu, während sich deren Unterböden noch selten bis häufig (Colditz) im Austausch-Pufferbereich (pH: 4,2–5,0) befinden (Abb. 42).

Abb. 42: pH(H<sub>2</sub>O) in der Humusauflage (Ol+f und Oh) und nach Tiefenstufen im Mineralboden der Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level II; Mittelwerte aus je 3 Profilen)

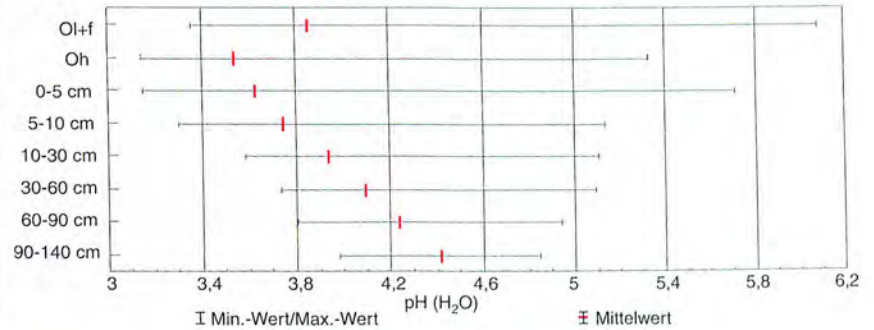


Damit entsprechen die in den Monitoring-Flächen festgestellten chemischen Bodenreaktionen weitgehend dem Spektrum der von der Bodenzustands-

erhebung (BZE) für die sächsischen Waldböden ermittelten Verhältnisse, wonach die überwiegende Anzahl der untersuchten Standorte dem Alumi-

um- bzw. Aluminium/Eisen-Pufferbereich zuzuordnen ist. Dies verdeutlicht die linksschiefe, zu den Minimalwerten hin orientierte Verteilung der mittleren pH-Werte in der Abb. 43 und unterstreicht die **großflächige Bedeutung der Bodenversauerung in den sächsischen Wäldern.**

Abb. 43: Minimal-Werte, Maximal-Werte und Mittel-Werte von  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  in den Tiefenstufen der BZE-Profile Sachsens (1992; 67 Punkte; ohne Bodenprofil auf Basalt)



## Basensättigung und Nährstoffvorräte

Entsprechend dem hohen Versauerungsgrad stellt sich die **Basensättigung** (= Anteil von  $\text{Ca}+\text{K}+\text{Mg}+\text{Na}$  an der effektiven Kationenaustauschkapazität (Ake) im Mineralboden der DBF Klingenthal dar. Nur im Unterboden ab 30 cm Tiefe des Meßfeldes Colditz werden die ansonsten **sehr geringen Werte von weniger als 10 %** übertroffen, während austauschbares Aluminium eindeutig die Oberflächen der Bodenkolloide beherrscht (Abb. 44 und 45). Dies ist der normale Fall in den sächsischen Waldböden über Gneis, Phyllit, Schiefer, Granit und Sandstein, was durch die zunehmenden Ergebnisse von Bodenanalysen im Rahmen der Verdichtung des Erhebungsnetzes der Bodenzustandserhebung im 4 x 4-km-Raster (ca. 280 Bodenprofile) bestätigt wird.

Die Hauptwurzelzone des Mineralbodens bis in 30 cm Tiefe weist in sämtlichen Meßflächen nur sehr geringe bis geringe austauschbare Nährelementvorräte auf (Abb. 46): Die Kaliumvorräte schwanken zwischen 93 kg/ha (Klingenthal) und 172 kg/ha (Colditz) und die Magnesiumvorräte der gleichen Tiefenstufe erreichen auch nur 18 kg/ha (Olbernhau) bis 43 kg/ha (Colditz; nicht dargestellt). Nur der tiefgründige Lößlehm über der Grundmoräne in Colditz

Abb. 44: Beispiel für die Anteile [%] der Kationen an der effektiven Kationenaustauschkapazität (Ake) im Mineralboden der DBF Klingenthal

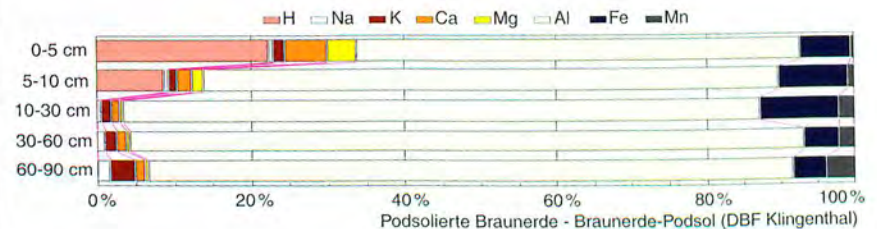
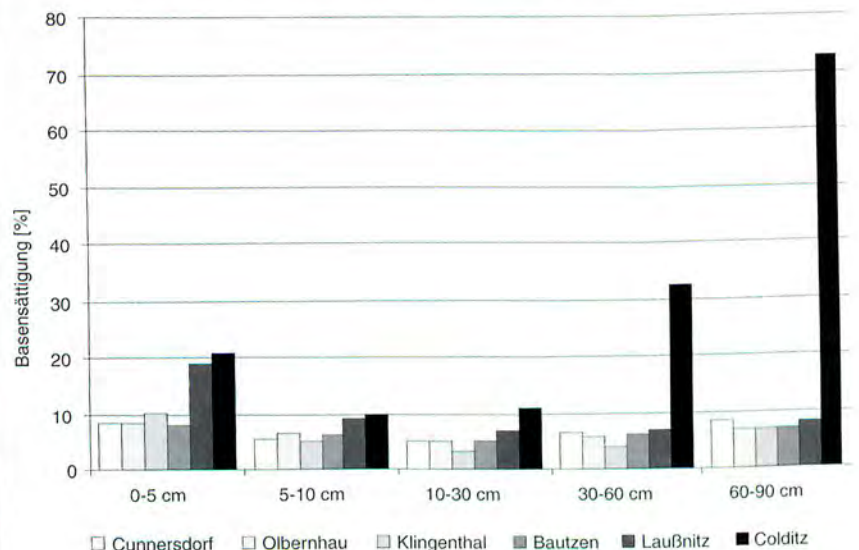


Abb. 45: Basensättigung [%] in den Tiefenstufen der Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level II der EU; Mittelwerte aus 3 Profilen)



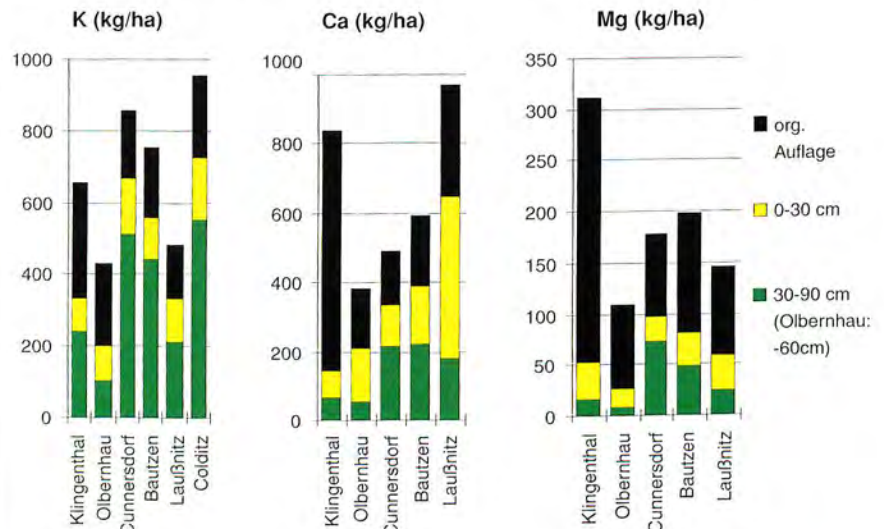
besitzt im Unterboden noch erhebliche austauschbare Calciummengen (ca. 7 000 kg/ha) und Magnesiumvorräte (ca. 760 kg/ha). Auffällig sind die im Vergleich zum Mineralboden weit höheren Magnesiumvorräte der teilweise mächtigen Humusaufgaben, in denen pro Hektar zwischen 111 t (Olbernhau) und 137 t (Klingenthal) an organischer Trockensubstanz gebunden sind.

Diese offensichtliche Elementanreicherung im Auflagehumus bzw. die **Umverteilung von Nährstoffvorräten aus dem Mineralboden in die organische Auflage** stellt einen Entzug der Nährelemente aus dem Stoffkreislauf dar. Ihre Einschleusung in den Nährstoffkreislauf über die Mineralisierung findet infolge einer eingeschränkten mikrobiellen Tätigkeit nur unvollständig statt. Dieses Mißverhältnis betrifft

insbesondere die Fichtenbestände der Meßflächen Klingenthal und Olbernhau. In diesen Flächen werden – wie in etwa 70 % der im Rahmen der Bodenzustandserhebung von 1992/93 beprobten Waldböden – Bodenvorräte von weniger als 400 kg Ca bzw. 60 kg Mg pro Hektar angetroffen (Abb. 46), die für den Aufbau eines Altholzes als notwendig anzusehen sind. Wegen der vielfach nicht tiefreichenden Durchwurzelung können die Bestände auch nur eingeschränkt auf das im Unterboden vorhandene Nährstoffkapital zugreifen.

Damit zeigt sich, daß die Nährstoffversorgung der Bestände bzw. der Aufbau einer neuen Bestandesgeneration aus den im Boden derzeit austauschbar gebundenen Nährelementvorräten vielfach gefährdet ist, wenn diese nicht aus

Abb. 46: K-, Ca- und Mg-Vorräte (kg/ha) in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level II der EU; Mittelwerte aus 3 Profilen)



der Silikatverwitterung und Humusmineralisierung bzw. durch Stoffeinträge (Deposition, Kalkung) aufgefüllt werden. Das trifft in besonderem Maße

für anspruchsvollere Laubbölder wie z. B. Rotbuche und Bergahorn zu, die im Rahmen des Waldumbaus verstärkt eingebracht werden.

## Chemische Parameter in der Bodenlösung

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. Im **Meßfeld Klingenthal** führen massive Säureeinträge in Verbindung mit Starkregenereignissen in den Herbstmonaten sowie die Schneeschmelze im Frühjahr zu ausgeprägten pH-Einbrüchen bis in den Unterboden (Abb.47). Aufgrund der Überforderung der **nur noch geringen Pufferkapazitäten der Böden** und des Grundwasserleiters lassen sie sich mit etwa einmonatiger Verzögerung auch im Quellwasser feststellen. Zur Wahrung der Elektroneutralität in der Bodenlösung wurden in der Anfangsphase verstärkt austauschbare Nährelementvorräte mobilisiert oder über die Mineralisierung organischer Bindungsformen in die Lösungs-

Abb. 47: Entwicklung des pH-Wertes in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Klingenthal (westliches Erzgebirge)

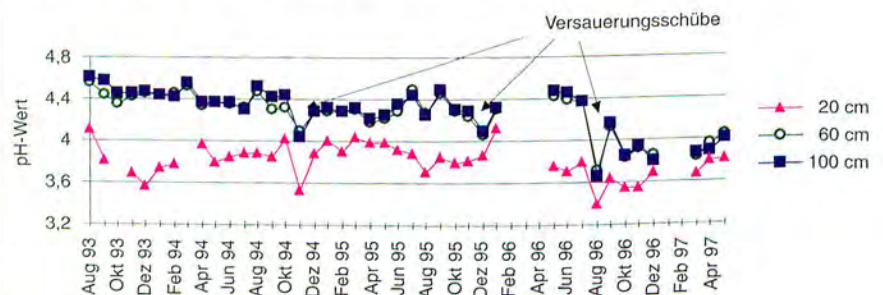
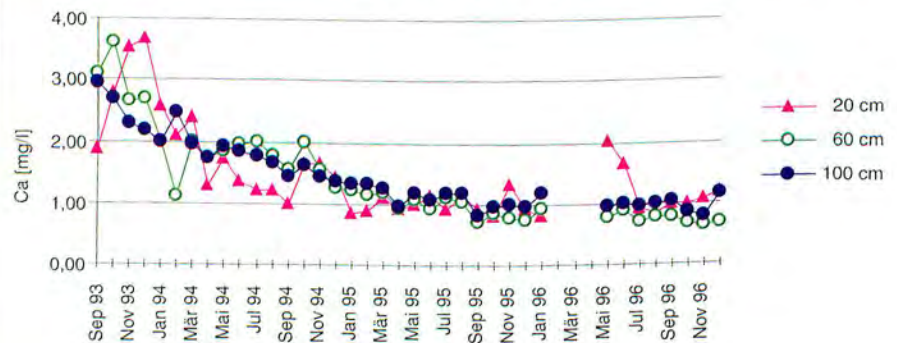


Abb. 48: Entwicklung der Ca-Konzentration in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Klingenthal (westliches Erzgebirge)



phase transferiert. Dies erklärt die relativ hohen Ca-Gehalte (Abb. 48) in der Bodenlösung und deren erhöhte Aus-

waschungsraten zu Beginn der Untersuchung. Zu diesem beschleunigten Basenverlust tragen erhebliche Nitrat-

Abb. 49: Entwicklung der Al-Konzentration in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Klingenthal (westliches Erzgebirge)

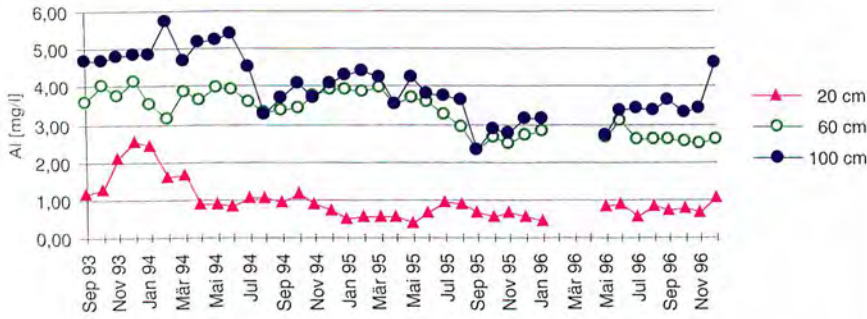
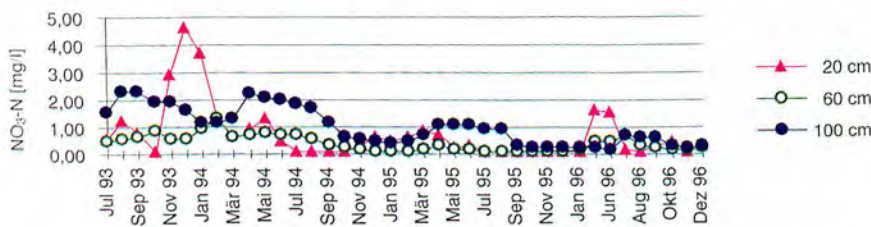


Abb. 50: Entwicklung der NO<sub>3</sub>-N-Konzentration in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Klingenthal (westliches Erzgebirge)



austräge (Abb. 50) in den ersten beiden Meßjahren bei, die möglicherweise auf die Mineralisierung eines verstärkten Feinwurzelumsatzes als Reaktion auf die verschlechterten bodenchemischen Bedingungen zurückgehen.

Ferner kann eine frühere Kalkungsmaßnahme aufgrund ihrer abklingenden Wirkung nur noch eingeschränkt zur Säureneutralisierung des Niederschlages und damit zur Entlastung des Bodens beitragen. Die starke Einbeziehung von Al-Verbindungen in die Pufferprozesse wird durch den zeitlichen Verlauf der Al-Konzentrationen in der Bodenlösung deutlich (Abb. 49). Seit dem Sommer 1996 scheinen die **Pufferkapazitäten im Aluminiumpufferbereich aber weitgehend erschöpft** zu sein. Es verbleiben dann zunehmend Protonen in der Bodenlösung, und der pH-Wert bricht auch im Unterboden langfristig ein (Abb. 47).

Die chemische Qualität der Boden-

lösung geht folglich sowohl im Ober- als auch Unterboden kontinuierlich zurück, was sich auch in den ökochemischen Streßparametern ausdrückt (Abb. 51 und 52). Das Ca/H-Verhältnis fällt zum kritischen Bereich (zunehmende bis starke Gefährdung bei Ca/H < 0,1) hin ab und überlagert mittlerweile die bereits starke Gefährdung des Feinwurzelsystems der Fichten im Unterboden (siehe Tiefenstufe 60 cm) durch Al-Toxizität bei Ca/Al 0,3–0,1 sowie die eingeschränkte Mg-Aufnahme bei Mg/Al < 0,2.

Da die **Versauerung des Bodens bereits bis in den Grundwasserleiter fortgeschritten** und die Pufferfähigkeit bei der momentanen Säurebelastung hoffnungslos überfordert ist, schlägt der Säureeintrag verstärkt und direkt bis in die Quellgewässer durch. Neben einem allgemeinen Trend des

Abb. 51: Entwicklung der Jahresmittelwerte der ökochemischen Streßparameter (molares Ca/H-, Ca/Al- und Mg/Al-Verhältnis) in der Bodenlösung des Meßfeldes Klingenthal (westliches Erzgebirge; Tiefenstufe 20 cm)

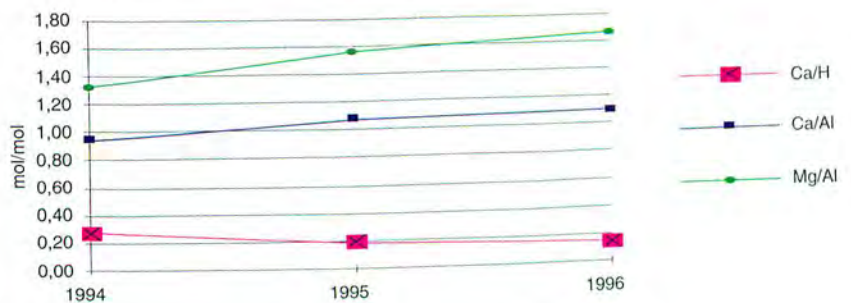
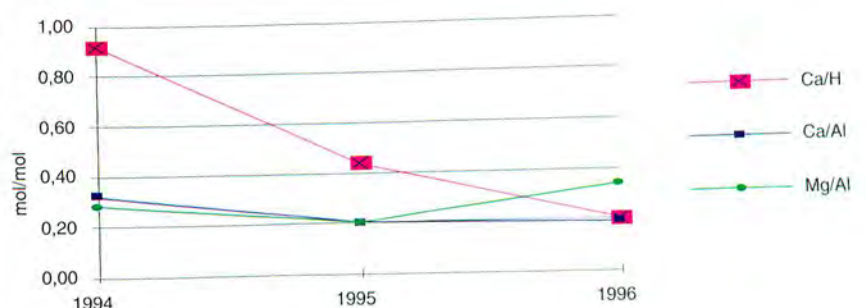


Abb. 52: Entwicklung der Jahresmittelwerte der ökochemischen Streßparameter (molares Ca/H-, Ca/Al- und Mg/Al-Verhältnis) in der Bodenlösung des Meßfeldes Klingenthal (westliches Erzgebirge; Tiefenstufe 60 cm)



Anstiegs der Säurestärke (geringere pH-Werte) zeichnen sich Belastungsspitzen immer auffälliger ab (siehe Waldschadensbericht 1996).

Die pH-Werte (3,9–4,9) und Al-Gehalte (1–4 mg/l) der Quellwässer 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.

Am **Standort Cunnersdorf** verlaufen die aufgezeigten bodenchemischen Reaktionen auf einem deutlich höheren Konzentrationsniveau. Verantwortlich dafür sind die verhältnismäßig hohen Elementvorräte und eine größere Säurespeicherkapazität in den lehmigen Substraten. Aber auch hier zeigt sich, daß  $\text{SO}_4\text{-S}$  (Sulfat-Schwefel) mehr oder weniger stark die Konzentrationsverläufe der Kationen bestimmt. Der Unterschied zur Fläche Klingenthal liegt in der noch vollen Wirksamkeit des Aluminium-Puffersystems (Abb. 53 bis 55), über dessen Austauschreaktionen der pH-Wert stabilisiert werden kann; die Säurelast wird aber in Form von Aluminium- und Manganverlagerungen verstärkt an den Unterboden weitergegeben (s. o.). Dadurch haben sich auch hier die ökochemischen Rahmenbedingungen der Böden bzw. des gesamten Waldökosystems in einer relativ kurzen Zeitspanne verändert und sind auf ein Niveau geringerer Elastizität abgesunken, während von einer ansteigenden Schadensdisposition der Waldbestände ausgegangen werden kann.

Auch im Meßfeld Cunnersdorf wird der Versauerungsdruck der Böden durch mindestens gleichbleibend hohe Nitrat-Konzentrationen verstärkt (Abb. 56). Die höhere Nitrataufnahme während der Vegetationszeit durch die

Abb. 53: Entwicklung des pH-Wertes in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Cunnersdorf (Elbsandsteingebirge)

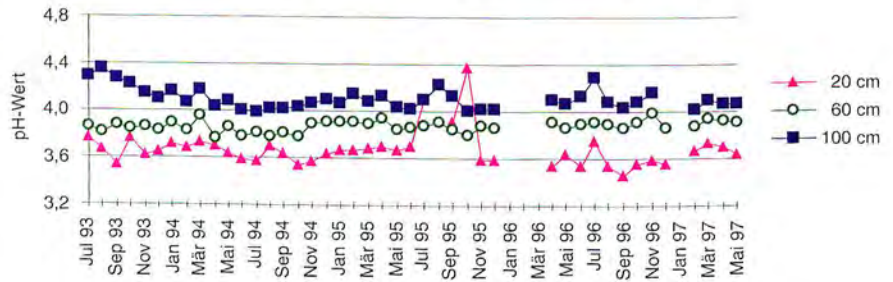


Abb. 54: Entwicklung der Al-Konzentration in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Cunnersdorf (Elbsandsteingebirge)

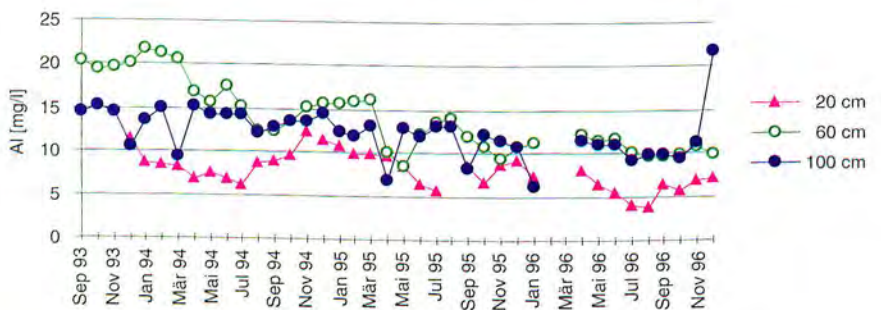


Abb. 55: Entwicklung der Ca-Konzentration in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Cunnersdorf (Elbsandsteingebirge)

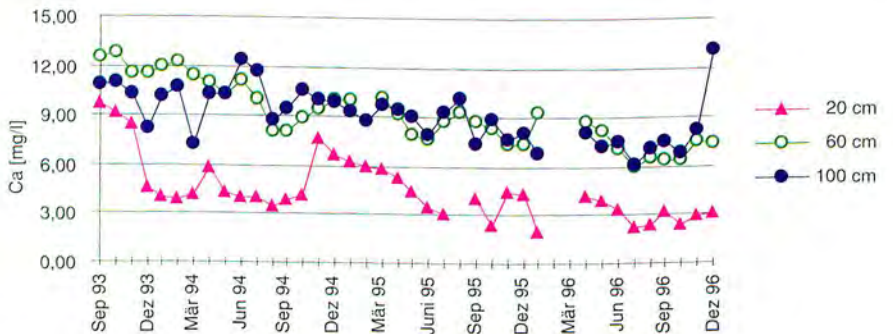


Abb. 56: Entwicklung der  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Cunnersdorf (Elbsandsteingebirge)

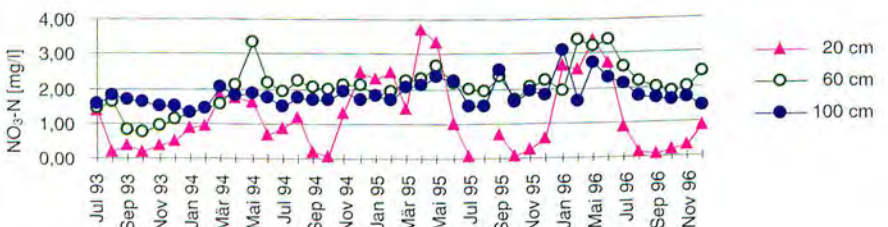




Abb. 57: Entwicklung der Jahresmittelwerte der ökochemischen Streßparameter (molares Ca/H-, Ca/Al- und Mg/Al-Verhältnis) in der Bodenlösung des Meßfeldes Cunnnersdorf (Elbsandsteingebirge; Tiefenstufe 20 cm)

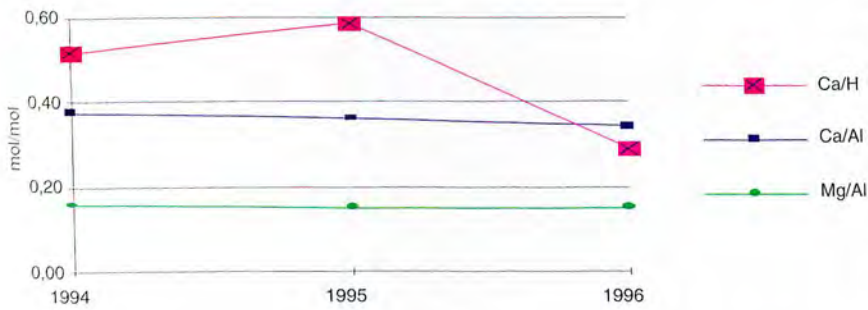


Abb. 58: Entwicklung der Jahresmittelwerte der ökochemischen Streßparameter (molares Ca/H-, Ca/Al- und Mg/Al-Verhältnis) in der Bodenlösung des Meßfeldes Cunnnersdorf (Elbsandsteingebirge; Tiefenstufe 60 cm)

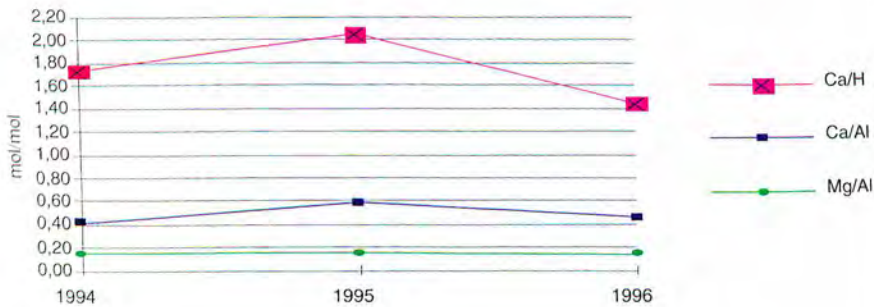


Abb. 59: Entwicklung des pH-Wertes in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Olbernhau (mittleres Erzgebirge)

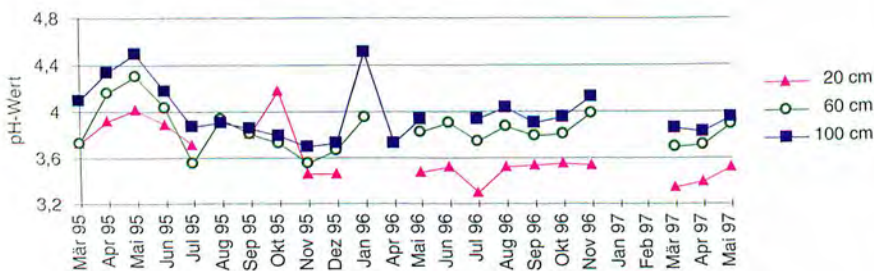
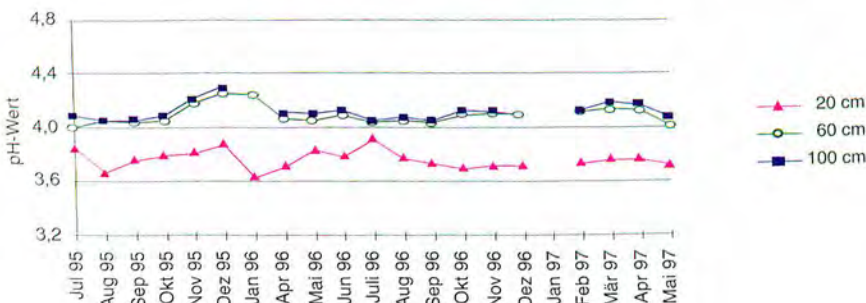


Abb. 60: Entwicklung des pH-Wertes in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Bautzen (Oberlausitzer Bergland)



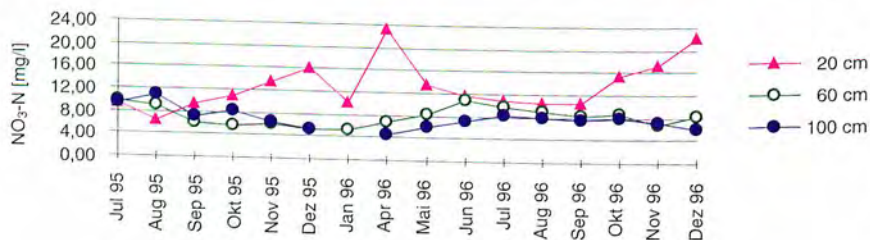
Bestandesvegetation wird im Oberboden (Tiefenstufe 20 cm) deutlich. Die **Nitratausträge mit dem Sickerwasser entsprechen in etwa den Einträgen mit dem Bestandesniederschlag**, während hauptsächlich infolge der Mobilisierung aufgespeicherter Säurevorräte die **jährlich ausgetragenen Schwefelmengen** mit durchschnittlich etwa 200 kg/ha die momentanen **Schwefeleinträge um das 4–5fache überschreiten**.

Entsprechend den im Vergleich zum Meßfeld Klingenthal sehr unterschiedlichen Elementrelationen in der Bodenlösung stellen sich die ökochemischen Gefährdungsparameter dar (Abb. 57 und 58): Die Magnesiumaufnahme der Fichten ist demnach bei Mg/Al-Verhältnissen unterhalb 0,2 durchweg behindert. Das Ca/H-Verhältnis im Oberboden ist zwar deutlich und im Unterboden – allerdings auf wesentlich höherem Niveau – nur leicht eingebrochen. In beiden Tiefen liegen die Werte jedoch erheblich außerhalb des kritischen Bereiches.

Ähnliche bodenchemische Reaktionen zeigen auch die Meßflächen Olbernhau und Bautzen (Abb. 59 bis 61), jedoch wird der Versauerungsdruck der Böden im Fichtenbestand Bautzen von sehr hohen Nitrat-Austrägen (ca. 30 kg Nitrat pro Hektar und Jahr) bestimmt, was hohe Al- und Mn-Verlagerungen induziert (vgl. S. 30 ff.).

Die günstige Basensättigung und Nährstoffausstattung der Böden in Colditz (s.o.) verhindert negative Folgen eines Versauerungsschubes 1996 für das Sickerwasser (Abb. 62). Die im Vergleich zu den Erzgebirgsstandorten geringere Säurebelastung (Abb. 40 und 41) kann vollständig neutralisiert und abgepuffert werden, ohne daß es zur Al-Freisetzung im Unterboden kommt (Abb. 63). Hohe Ca-Konzentrationen in der Bodenlösung (Abb. 64), zusammen mit erheblichen

Abb. 61: Entwicklung der  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Bautzen (Oberlausitzer Bergland)



Sulfatverlagerungen, verweisen allerdings auf erhebliche Verluste an basischen Nährelementen und damit auf einen verstärkten Abbau von Neutralisierungskapazität in den Böden.

Abb. 62: Entwicklung des pH-Wertes in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Colditz (Sächs.-Thüring. Löß-Hügelland)

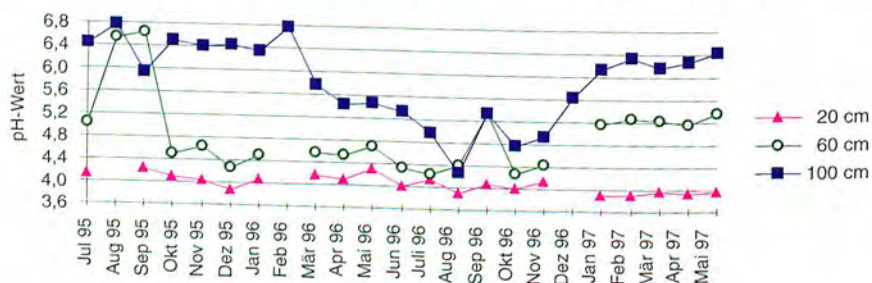


Abb. 63: Entwicklung der Al-Konzentration in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Colditz (Sächs.-Thüring. Löß-Hügelland)

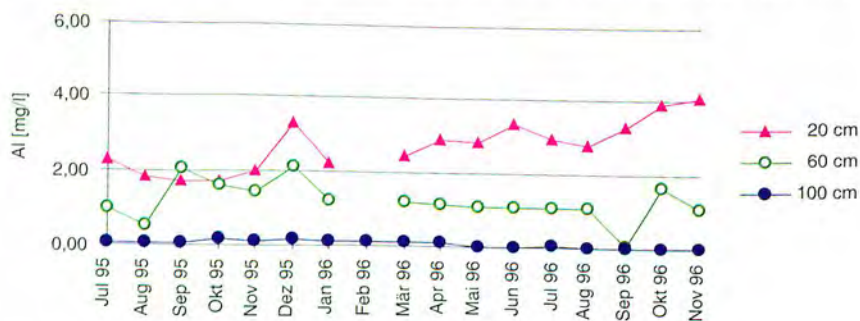
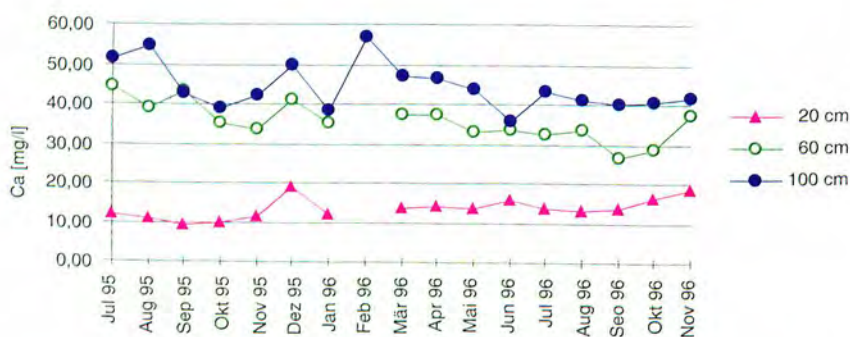


Abb. 64: Entwicklung der Ca-Konzentration in der Bodenlösung der Tiefenstufen 20 cm, 60 cm und 100 cm im Meßfeld Colditz (Sächs.-Thüring. Löß-Hügelland)



# Zusammenfassung

Die forstlich genutzten **Böden** Sachsens lassen hauptsächlich infolge der seit Jahrzehnten anhaltenden Säureeinträge einen **hohen Versauerungsgrad** erkennen, der zu einem erheblichen Verlust an Nährstoffkationen im Zuge des Versauerungsprozesses geführt hat. Seit 1988 haben großflächig die durch den Ferntransport bedingten **Schwefeleinträge** in die sächsischen Waldökosysteme deutlich abgenommen. Sie liegen aber dennoch auch **weiterhin auf hohem Niveau**. Die **höchsten Schwefel-Belastungen** treten **weiterhin im Bereich des mittleren Erzgebirges** auf.

Die **Säureeinträge in Fichtenbeständen des Erzgebirges** haben sich nach 1989 als Folge einer veränderten Zusammensetzung der Emissionen **stark erhöht und teilweise sogar verdoppelt**. Verschärft wurde dieser Trend durch die hohen Schadstoffbelastungen im Winter 1995/96.

Die hohen **Stickstoffeinträge** – insbesondere auch von Ammonium – und deren Umsetzungen in den Waldökosystemen **tragen entscheidend und zunehmend zur Gesamtsäurebelastung in den sächsischen Waldökosystemen bei**.

Die gegenwärtig stärker versauerten Niederschläge haben **in den Böden sämtlicher 6 Monitoringflächen langanhaltende Versauerungsschübe** ausgelöst. Sie werden z. Zt. durch bodeninterne Mobilisierungsprozesse vormals gespeicherter Säurevorräte verstärkt und haben **teilweise zu sehr hohen Gesamtsäurebelastungen der Ökosysteme geführt**.

In zahlreichen Waldökosystemen Sachsens zeichnen sich neben einem verstärkten Nährelementverlust der Böden erhöhte Austragsraten von Sulfatschwefel, Stickstoff und Aluminium mit dem Sickerwasser ab. Daraus ergeben sich für die Wasserwirtschaft **erhöhte Aufwendungen für die Sicherung der Trinkwasserqualität** aus bewaldeten Wassereinzugsgebieten.



# Waldschadenserfassung 1996 mit CIR-Luftbildern

## Grundlagen der Luftbildauswertung des Schadgebietes 1996

Im Interesse einer zügigen Erhebung und Sanierung der im Frühjahr 1996 im Erzgebirge aufgetretenen Waldschäden (Rotfärbungen an Fichte) wurde im Auftrag der LAF eine Befliegung des Schadgebietes im mittleren Erzgebirge, Osterzgebirge bis zum Elbbogen (Abb. 65) mit Color-Infra-rot-Film (CIR) im Juli/August 1996 im Maßstab 1:7 000 vorgenommen. Die im Rahmen dieses Befliegungsauftrages erstellten Colorvergrößerungen 1:5 000 wurden den Sächsischen Forstämtern im Befliegungsgebiet im Oktober/ November 1996 zur Unterstützung ihrer Arbeit zur Verfügung gestellt.

Zur Erfassung der Schadsituation erfolgte durch eine Luftbildinterpretationsfirma die Auswertung der Aufnahmen nach der von der LAF vorgegebenen Methodik. Dafür wurden alle Teilflächen einbezogen, die Fichten-Reinbestände oder Fichten-Mischbestände mit einem Fichtenanteil  $\geq 50\%$  enthalten und deren Fichten älter als 19 Jahre sind.

Für Fichtenflächen  $\geq 60$  Jahre erfolgte eine einzelbaumweise Schadansprache nach dem Anspracheschlüssel der Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpretieren (VDI-Richtlinie 3793) auf Stichprobenbasis.

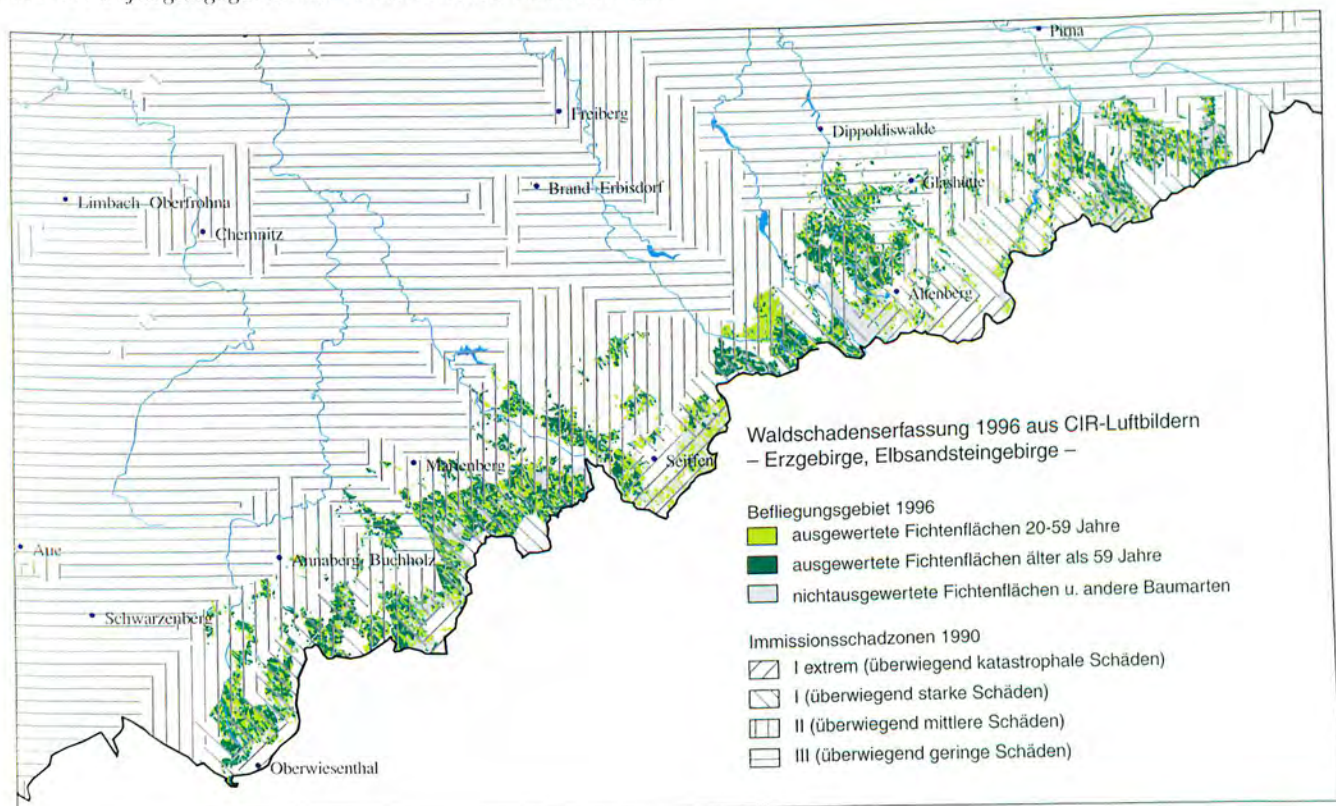
In Abhängigkeit von der Größe des zu interpretierenden Fichtenbestandes wurden pro Fläche mindestens 20 Fichten (Fläche  $\leq 1,5$  ha) bzw. 40 Fichten (Fläche  $\geq 1,5$  ha) einzelbaumweise nach dem auftretenden Nadelverlust erfaßt.

Einzelbaumschadstufen nach Nadelverlust (NV):

- 0 = 0 – 10 %
- 1 = 11 – 25 %
- 2 = 26 – 60 %
- 3 = 61 – 99 %
- 4 = tot

Nach dem Anteil von Fichten mit einem Nadelverlust  $\geq 25\%$  konnten mit Hilfe dieser Einzelbaumschadstufen die 4 Flächenschadstufen berechnet werden:

Abb. 65: Befliegungsgebiet der Winterschäden 1996 an Fichte



- Flächenschadstufe 0  
0–10 % Fichten mit NV ≥ 25 %
- Flächenschadstufe 1  
11–33 % Fichten mit NV ≥ 25 %
- Flächenschadstufe 2  
34–66 % Fichten mit NV ≥ 25 %
- Flächenschadstufe 3  
> 66 % Fichten mit NV ≥ 25 %.

Der Zustand der Fichtenbestände zwischen 20 und 59 Jahren wurde nach dem Anteil von Fichten mit Nadelverlust ≥ 25 % in den o. g. 4 Flächenschadstufen eingeschätzt, da für diese Fichten keine gesicherte einzelbaumweise Schadansprache aus dem Luftbild möglich ist.

Die in einer Datenbank verwalteten o. g. Flächenschadstufen und die digitalisierten Geometrien der Waldeinteilung der Forsteinrichtung gestatten unter Nutzung Geographischer Informationssysteme weitere Auswertungen sowie die Ausgabe von thematischen Karten.

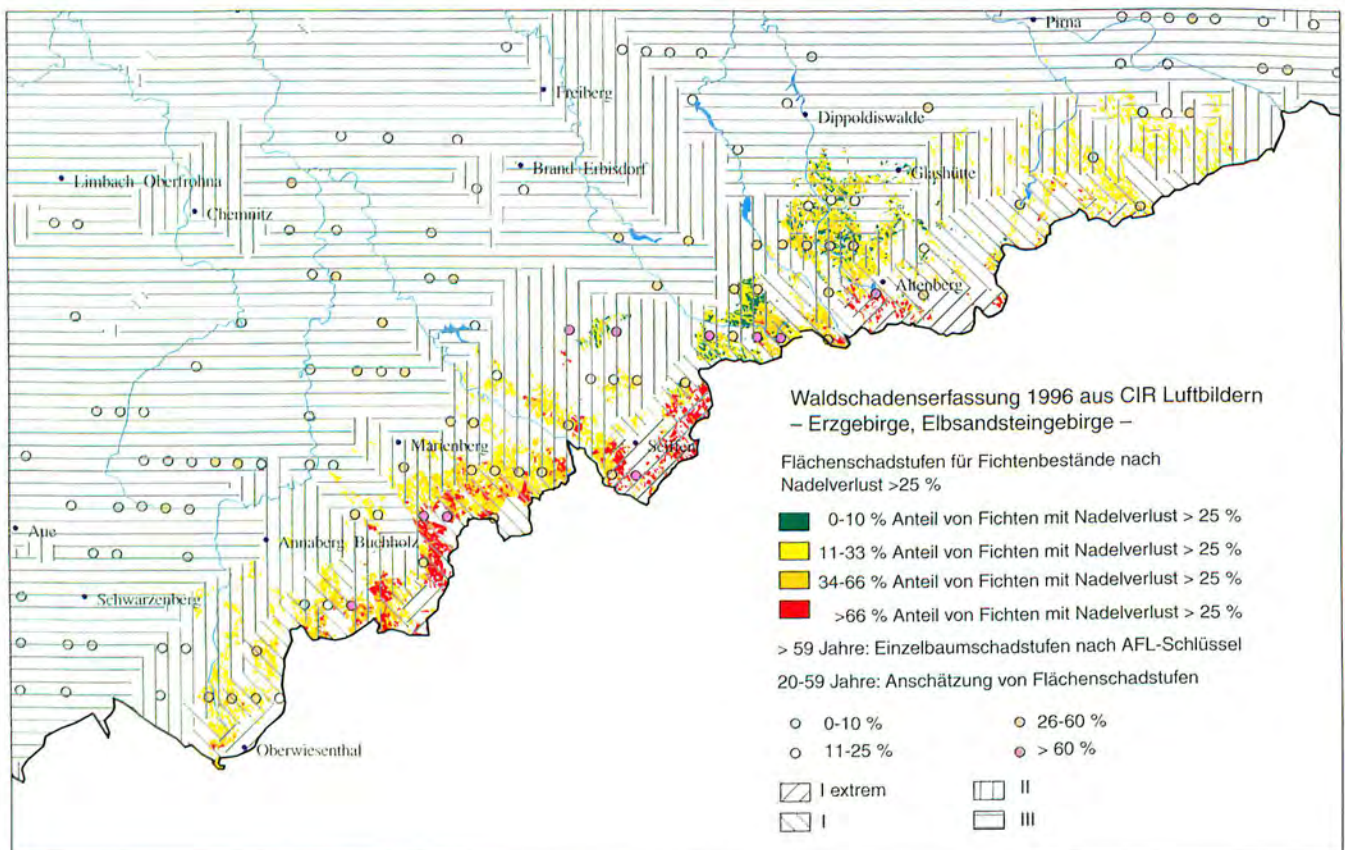
## Ergebnisse der Luftbildinterpretation

Die Flächenschadstufen aller einbezogenen Fichtenflächen im Befliegungsgebiet sind zusammenfassend in Abb. 66 dargestellt. Danach liegen die Schadschwerpunktgebiete im Raum Altenberg, Seiffen und Marienberg (Kühnhaide, Reitzenhain, Schmalzgrube). Sie sind nahezu identisch mit der Schadzonierung von 1990, d. h., die sich bis dahin ausgebildeten Schad-

Tab. 13: Verteilung der Flächenschadstufen laut Luftbildinterpretation 1996 über die Immissionserschadzonen 1990

Schadzone 1990 Schadstufe 1996	I extrem	I	II	III	Gesamtzahl der Fi-Bestände
0	919	3 187	4 983	2 357	11 446
1	178	1 740	3 338	831	6 087
2	333	1 563	2 036	366	4 298
3	534	689	387	21	1 631
Gesamt	1 964	7 179	10 744	3 575	23 462

Abb. 66: Flächenschadstufen für Fichte ≥ 20 Jahre, basierend auf CIR-Luftbildinterpretation des Schadgebietes 1996



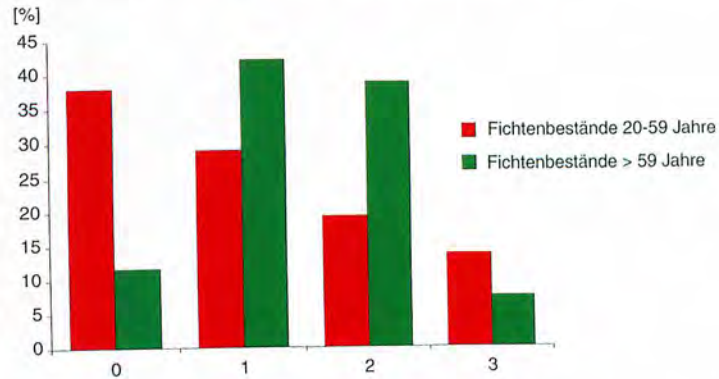
flächen wurden im Winter 1995/96 erneut geschädigt (Tab. 13).

Es befinden sich 75 % der interpretierten Fichtenbestände mit der Flächenschadstufe 3 (> 66 % Anteil von deutlichen Schäden) und 44 % Fichtenflächen mit der Flächenschadstufe 2 in den Immissionsschadzonen I extrem (überwiegend katastrophale Schäden) und I (überwiegend starke Schäden). Die Ergebnisse der Luftbildinterpretation wurden den betreffenden Sächsischen Forstämtern als rechnergestützt erstellte **Waldzustandskarten**

**1:10 000** zur Verfügung gestellt. Die Waldzustandskarten veranschaulichen die o.g. Flächenschadstufen aller ausgewerteten Fichtenflächen  $\geq 20$  Jahre mit einem Anteil von Mischbaumarten unter 50 %, bezogen auf die gesamte Teilfläche im Blattschnitt des Forstlichen Blanketts 1 : 10 000.

Andererseits zeichnet sich lokal begrenzt ab (Abb. 66), insbesondere im Raum Marienberg, daß eine Aktualisierung der Schadzonen von 1990 unerlässlich ist.

Abb. 67: Flächengewogene Verteilung der Flächenschadstufen für Fichte laut Luftbildinterpretation getrennt nach Altersbereichen



Im Ergebnis der Luftbildinterpretation kann festgestellt werden, daß von dem letztjährigen Schadereignis sowohl die über 60jährigen Fichten als auch die jüngeren Bestände betroffen waren.

Abb. 67 veranschaulicht die flächengewogene Verteilung der Flächenschadstufen für Fichte laut Luftbildinterpretation in Abhängigkeit von den beiden getrennt interpretierten Altersbereichen 20–59 Jahre bzw. Fichte älter 59 Jahre. Für Fichtenbestände zwischen 20 und 59 Jahren ist mit

33 % der Anteil der Flächenschadstufen 2 und 3 relativ hoch (über 33 % aller Fichten im Bestand haben einen Nadelverlust von mehr als 25 %). Laut WSE-Bericht wiesen 1993 im Erzgebirge nur 10 % der Fichten jünger als 60 Jahre deutliche Schäden (Nadelverlust > 25 %) auf. Der vergleichsweise geringe Anteil der Flächenschadstufe 3 bei den über 59jährigen Fichten ist auf den bereits erfolgten schadbedingten Abtrieb der Bestände in den letzten Jahren zurückzuführen.

# Zusammenfassung

Die Befliegung des Schadgebietes Juli/August 1996 diente sowohl der Dokumentation als auch der Analyse der Winterschäden 1995/96 an der Baumart Fichte. Die großmaßstäbigen CIR-Luftbilder 1 : 5 000 und die Waldzustandskarten 1 : 10 000 unterstützen die Arbeit der Sächsischen Forstämter im Schadgebiet.

Die Ergebnisse der Luftbildinterpretation **bestätigen einerseits die klassischen Schadschwerpunktgebiete**. Andererseits führte das Schadereignis auch **verstärkt zu Schäden in nördlicheren Gebieten**, die bislang in die Immissionsschadzone II eingestuft wurden.

An der Sächsischen Landesanstalt für Forsten wird deshalb derzeit, u. a. gestützt auf die Ergebnisse der vorliegenden Luftbildinterpretation, auf die WSE- und BZE-Daten der letzten Jahre sowie Ergebnisse des DARA-Projektes „Waldzustandserfassung im Erzgebirge und Fichtelgebirge mit Hilfe der Fernerkundung“ im Rahmen eines umfassenden Waldmonitorings an einer **Aktualisierung der Schadzonen von 1990** gearbeitet.



# Maßnahmen gegen Waldschäden

Die Fortsetzung der Arbeiten zur Sanierung der im Winterhalbjahr 1995/1996 im Erzgebirge eingetretenen Immissions- und Winterschäden nahm 1997 eine zentrale Stellung ein. Auf der Grundlage eines Beschlusses

der Sächsischen Staatsregierung wurden der Forstwirtschaft 1996 zur Behebung der Schäden im Landes-, Treuhand-, Privat- und Körperschaftswald kurzfristig Sondermittel in Höhe von insgesamt 60 Mio. DM zur Ver-

fügung gestellt. Die Laufzeit des Sonderprogramms erstreckt sich im Landeswald über den Zeitraum von 1996 bis 1998, im Treuhand-, Privat- und Körperschaftswald bis 1999.

Tab. 14: Arbeiten im Immissionsschadgebiet – Stand 30.09.97

			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
	<b>Summe</b>	<b>fm</b>	<b>238 025</b>	<b>12 198</b>	<b>79 286</b>	<b>329 509</b>
Bodenschutzkalkung (aviotechnisch bearbeitete Fläche)	1996	ha	15 365	639	33	16 037
	1997	ha	4 630	581	6 748	11 959
	<b>Summe</b>	<b>ha</b>	<b>19 995</b>	<b>1 220</b>	<b>6 781</b>	<b>27 996</b>
Bodenvorbereitung inkl. Kalkbeigabe (bearbeitete Fläche)	1996	ha	206	3	–	209
	1997	ha	130	8	27	165
	<b>Summe</b>	<b>ha</b>	<b>336</b>	<b>11</b>	<b>27</b>	<b>374</b>
Wiederaufforstung	1996	ha	8,00	–	–	8,00
	1997	ha	134,45	8,15	28,98	171,58
	<b>Summe</b>	<b>ha</b>	<b>142,45</b>	<b>8,15</b>	<b>28,98</b>	<b>179,58</b>
Voranbau	1996	ha	11,00	–	–	11,00
	1997	ha	257,47	5,22	28,32	291,01
	<b>Summe</b>	<b>ha</b>	<b>268,47</b>	<b>5,22</b>	<b>28,32</b>	<b>302,01</b>
Wegebau	Grundhafte Erneuerung					
	1996	lfm	17 480	–	1 120	18 600
	1997	lfm	10 422	–	–	10 422
	<b>Summe</b>	<b>lfm</b>	<b>27 902</b>	<b>–</b>	<b>1 120</b>	<b>29 022</b>
	Wegeinstandsetzung					
	1996	lfm	79 640	2 300	2 670	84 610
	1997	lfm	34 399	210	4 510	39 119
	<b>Summe</b>	<b>lfm</b>	<b>114 039</b>	<b>2 510</b>	<b>7 180</b>	<b>123 729</b>
	Anlage von Rückewegen					
	1996	lfm	11 902	4 000	–	15 902
	1997	lfm	6 640	–	500	7 140
	<b>Summe</b>	<b>lfm</b>	<b>18 542</b>	<b>4 000</b>	<b>500</b>	<b>23 042</b>
Waldschutz	Zaunneubau	lfm	31 854	1 170	13 670	46 694
	Einzelerschutz	ha	25,89	–	–	25,89
	sonstige Maßnahmen		Aufarbeitung Stehendbefall, Entrindung Befallshölzer			

Tab. 15: Kalkungsplanung 1997 [ha]

	Landeswald	Treuhandwald	Körperschafts- u. Privatwald	Summe
Waldschadenssanierungsprogramm	10 946	337	3 292	14 575
Schadgebiet Erzgebirge	7035	781	10 886	18 702
Sachsen gesamt	17 981	1 118	14 178	33 277

Die Gelder werden zur Realisierung folgender Maßnahmen verwendet:

1. Aufbereitung und Rückung abgestorbener und absterbender Bäume
2. Bodenschutzkalkung (Kompensationskalkung)
3. Bodenbearbeitung mit Kalkeimischung (Meliorationskalkung)
4. Waldumbau durch Wiedereinbringung der Buche als Hauptbaumart der natürlichen Waldgesellschaft im Schadgebiet
5. Ständige Überwachung des Schadgebietes in Hinblick auf eine mögliche Massenvermehrung forstlicher Schadinsekten und Durchführung notwendiger Maßnahmen des Waldschutzes
6. Erneuerung und Instandsetzung von Waldwegen sowie Anlage von Rückwegen als Voraussetzung zur Durchführung forstbetrieblicher Arbeiten

In Tab. 14 sind die im Schadgebiet bislang realisierten Maßnahmen ausgewiesen (Stand 30.09.97).

Das 1994 begonnene Sonderprogramm des Sächsischen Staatsministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten zur Sanierung der Waldschäden in Gebieten der Immissionsschadzonen I bis III mit seinen Bestandteilen Bodenschutzkalkung, Voranbau in verlichteten jungen und mittelalten Beständen, Unterbau in Kiefernbeständen zur Verbesserung der Humussituation und der forstsanitären Verhältnisse sowie mit dem Umbau von Übergangsbestockungen in den oberen Gebirgslagen wurde 1997 planmäßig fortgesetzt.

Den Mitte der 80er Jahre begonnenen und nach der Wende weitergeführten

Bodenschutzkalkungen wurde auch 1997 besondere Bedeutung beigegeben. 1997 wird die vorjährige Kalkungsfläche im Schadgebiet Erzgebirge voraussichtlich auf 18 702 ha erneut gesteigert (Tab. 15).

Bodenverbessernde Maßnahmen sind auch zukünftig erforderlich, da sich gezeigt hat, daß der Versauerungsgrad der Waldböden nach wie vor ein hohes Niveau hat. Mit den großflächigen Kalkungen wird bezweckt, dem Vorschreiten des Versauerungsprozesses entgegenzuwirken und die Nährstoffversorgung zu stabilisieren. Zur Anwendung kamen ausschließlich magnesiumhaltige Kalke.

Mit insgesamt 26 728 ha wurde 1996 die seit 1990 größte Fläche in Sachsen gekalkt. Diese Zahl beinhaltet neben den 16 037 ha Kalkungsfläche im Rahmen des Programms zur Sanierung der Immissions- und Winterschäden im Erzgebirge auch den Flächenanteil, der auf der Grundlage des 1994 begonnenen Waldschadenssanierungsprogramms gekalkt wurde.

Ebenso bedeutsam wie die Sanierung der Waldschäden ist die Überwachung der Immissionsbelastung in repräsentativen Waldgebieten des Erzgebirges. Daher wurde 1997 auf Anregung des Sächsischen Staatsministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten beschlossen, zwei zusätzliche walddnahe Luftmeßstationen in das amtliche Meßnetz des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung zu integrieren. Eine dieser Meßstationen wird im Zentrum des Immissionsschadgebietes errichtet und

voraussichtlich noch 1997 in Betrieb genommen.

Bemerkenswert ist, daß es neben dem standardmäßigen Meßprogramm zum Nachweis der bedeutendsten Luftschadstoffe (punktuelle Messungen) möglich sein wird, die Belastung der Luft – durch ein im Freistaat bislang nicht eingesetztes neuartiges Meßverfahren – großräumig zu ermitteln. Mit der Entscheidung zur Realisierung dieses Projektes setzten die Ressortchefs des SML und des SMU ein Zeichen dafür, gemeinsam für die Erhaltung des Waldes in Sachsen einzutreten.

**Herausgeber**

Sächsisches Staatsministerium  
für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten (SML)  
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 01.10.97  
Auflage 3 000

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

Bezug über FDD Sachsenwerbung, SML 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.

# Summery on the forest condition in 1997

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 1997. In comparison with the previous year, the percentage of visibly damaged trees increased only slightly. Nevertheless, the percentage of slightly damaged ones increased by 7 points. This increase is caused by a decrease of trees without damages.

For the main tree species and growth areas, it can be noted:

- The percentage of visibly damaged trees of *Picea abies* (L.) KARST. remained on the same level of 25 % in 1997. The percentage of slightly damaged spruce trees increased by 7 points, the percentage of not damaged trees decreased by the same extent. In some spruce stands in the „Vogtland“ and the western Ore mountains, the crown condition was influenced by a mass reproduction of *Cephaeleia abietis* L.
- In comparison with the previous year, the visible damages of *Pinus sylvestris* L. increased again slightly. They are now 10 %, hence, they remain below the values assessed from 1991 to 1994. Locally, limited damages could be observed by needle defoliating insects in pine stands.
- The level of damages of *Quercus* spp. is still extremely high with 47 % of visible and 39 % of slight damages. Although the feeding on the leaves of oak decreased especially in intensity, the crowns remained similarly severely defoliated as in the previous years.
- The damages of *Fagus sylvatica* L. decreased slightly. 12 % of the beech trees had visible damages. However, the values from 1991 to 1995 showed a tendency of a damage increase.
- Regionally, many **broadleaved species** showed significant damages obviously as a result of a combination of climatical influences with an infection by fungis.
- In 1997, significant differences occurred in the level of damages among the **growth areas**: In the **Ore mountains**, the forest damages are again on a very high level. In the heavily SO<sub>2</sub>-polluted regions, the consequences of the damages in winter 1995/1996 characterize significantly the phenotype of the trees. A change of direction cannot be assumed. In the growth areas **„Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland“**, the phenotype of pine trees, which are dominant in this area, is significantly better.

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 highest sulphurloads can be found in the middle part of the Ore mountains. Totally, the **acidic** inputs have increased significantly. High inputs of **nitrogen** contributed significantly to the total acidic load.

In Saxony, the **soils** used by forestry show a high degree of acidity, which had led to a considerable loss of nutrient ions. Moreover, increased output rates of sulphate-sulphur, nitrogen and aluminium can be observed in the water seeping through the ground.

# Der Waldzustand 1997 im Überblick

Die Waldschadenserhebung 1997 weist in Sachsen **19 %** aller Bäume **als deutlich**, **37 %** als **leicht geschädigt** und **44 %** als gesund aus. Der Anteil deutlich geschädigter Bäume erhöhte sich im Vergleich zum Vorjahr nur unwesentlich, allerdings stieg der Anteil leicht geschädigter Bäume um 7 Prozentpunkte an. Dieser Anstieg resultiert aus einem Rückgang von Bäumen ohne Schadmerkmale.

Für die Hauptbaumarten und Wuchsgebiete gilt:

- Der Anteil deutlich geschädigter **Fichten** liegt 1997 gleichbleibend hoch bei 25 %. Der Anteil leicht geschädigter Fichten hat sich um 7 Prozentpunkte erhöht, der Anteil gesunder in gleichem Maße verringert. In einzelnen Fichtenbeständen des Vogtlandes und im Westerzgebirge wurde der Kronenzustand durch ein Massenaufreten der Fichten-Gespinstblattwespe beeinflusst.
- Die deutlichen Schäden in der **Kiefer** sind im Vergleich zum Vorjahr wieder etwas angestiegen. Sie betragen nun 10 % und liegen damit jedoch noch unter den Werten von 1991 bis 1994. In Kiefernbeständen kam es zu lokal begrenzten Schäden durch nadelfressende Insekten.
- Das Schadriveau der **Eiche** ist mit 47% deutlichen und 39 % leichten Schäden weiterhin extrem hoch. Nur jede 7. Eiche ist noch gesund. Obwohl der Blattfraß von Schadinsekten an der Eiche 1997 vor allem in der Intensität abgenommen hat, blieben die Kronen ähnlich stark verlichtet wie in den Vorjahren.
- Leicht rückläufig waren die Schäden in der **Buche**. Der Anteil deutlicher Schäden liegt bei 12 %. Die Zeitreihe für die Buche zeigt von 1991 bis 1995 jedoch tendenziell eine Schadzunahme.
- Viele **Laubbaumarten** weisen offensichtlich infolge von Witterungseinflüssen, z. T. in Kombination mit Pilzbefall gebietsweise nennenswerte Schäden auf.
- Zwischen den **Wuchsgebieten** treten erhebliche Unterschiede im Schadausmaß auf: Im **Erzgebirge** sind die Waldschäden 1997 erneut am stärksten ausgeprägt. In den klassischen Rauchschadgebieten bestimmen die Folgen des Schadereignisses aus dem Winter 1995/1996 das Erscheinungsbild der Bäume wesentlich. Eine Trendwende ist nicht erkennbar. In den Wuchsgebieten **Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland** stellt sich das Erscheinungsbild der dort vorherrschenden Kiefer wesentlich günstiger dar.

Die durch Ferntransport bedingten **Schwefeleinträge** in die sächsischen Waldökosysteme haben großflächig abgenommen, liegen aber weiterhin auf hohem Niveau. Die höchsten Schwefel-Belastungen treten im Bereich des mittleren Erzgebirges auf. Insgesamt haben sich die **Säureeinträge** in den letzten Jahren regional stark erhöht. Hohe **Stickstoffeinträge** tragen entscheidend zur Gesamtsäurebelastung bei.

Die forstlich genutzten **Böden** Sachsens lassen einen hohen Versauerungsgrad erkennen, der zu einem erheblichen Verlust an Nährstoffkationen geführt hat. Zudem zeichnen sich erhöhte Austragsraten von Sulfatschwefel, Stickstoff und Aluminium mit dem Sickerwasser ab.

# Stan zdrowotny lasów saksońskich w roku 1997

## – podsumowanie

Ocena stanu zdrowotnego lasów w Saksonii w roku 1997 wykazuje u **19 %** ogólnej liczby drzew **szkody wyraźne**, a u **37 % lekkie**; 44 % drzew oceniono jako zdrowe. Udział drzew z wyraźnymi szkodami wzrósł w porównaniu z rokiem poprzednim tylko nieznacznie, procent drzew z lekkimi szkodami podwyższył się jednak wyraźnie, bo o 7 %. To podwyższenie jest rezultatem obniżenia się procentu drzew zdrowych.

Dla głównych gatunków drzew i stref klimatycznych można podsumować:

- Udział wyraźnie uszkodzonych **świerków** pozostał w roku 1997 nadal wysoki wykazując 25 %. O 7 % wzrósł udział lekko uszkodzonych drzew, natomiast równocześnie obniżył się w tej samej mierze procent zdrowych świerków. W niektórych drzewostanach świerkowych w rejonie Vogtland oraz w zachodnich Górach Rudawskich gradacja *Cephalcia abietis* miała wpływ na wygląd koron świerków.
- Wyraźne szkody u **sosny** podwyższyły się nieco w porównaniu z rokiem poprzednim. Ich udział wynosi aktualnie 10 %, co oznacza niższy poziom szkód niż w latach 1991–1994. Lokalnie w drzewostanach sosnowych doszło do szkód wyrządzonych przez owady igłozerne.
- Poziom szkód u **dęba** jest nadal skrajnie wysoki – rezultaty oceny w 1997 r wykazują 47 % wyraźnych i 39 % lekkich szkód. Tylko co 7. dąb został oceniony jako zdrowy. Mimo że szkody wyrządzone przez owady liściozerne były w roku 1997 mniej intensywne, korony drzew pozostały tak samo przejrzyste jak w latach poprzednich.
- Lekkie polepszenie sytuacji nastąpiło u **buka**. Udział wyraźnych szkód wynosi 12 %. Tendencja w latach 1991 do 1995 wykazuje wzrost szkód.
- Liczne gatunki **drzew liściastych** ukazują silne objawy szkód, wywołane prawdopodobnie przez niekorzystne warunki pogodowe, częściowo w kombinacji z infekcją spowodowaną przez różne gatunki grzybów.
- Znaczne różnice intensywności szkód istnieją pomiędzy **strefami klimatycznymi: w Górach Rudawskich** zarejestrowano najsilniejsze szkody lasów. W klasycznych rejonach zanieczyszczenia powietrza skutki szkodliwych wydarzeń z zimy 1995/96 mają nadal znaczny wpływ na wygląd drzew. Nie ma tutaj zmiany trendu. W rejonach **“Środkowy północno-wschodni krajobraz morenowy starszy”** oraz **“Düben-Dolnołużycki krajobraz morenowy starszy”** wygląd dominującej tam sosny jest wyraźnie lepszy.

Długodystansowe imisje związków **siarki** w ekosystemy leśne Saksonii zmalały na rozległych obszarach, ich poziom jest jednak nadal wysoki. Najwyższe obciążenia zarejestrowano w środkowych Górach Rudawskich. Imisje **kwasów** w ostatnich latach istotnie się podwyższyły. Przede wszystkim związki **azotu** mają decydujący udział w ogólnym obciążeniu związkami kwaśnymi.

**Gleby leśne** Saksonii są w wysokim stopniu zakwaszone, co doprowadza do istotnego ubytku kationów odżywczych. Poza tym obserwuje się podwyższony stopień wymycia siarczanów, azotu oraz aluminium przez wody wsiąkające.

# Přehled zdravotního stavu lesů v roce 1997

Evidence poškození lesů Saska 1997 vyznačuje **19 %** veškerých stromů jako **znatelně, (zřetelně) 37 % lehce poškozených** a 44 % stromů zdravých. Podíl znatelně poškozených stromů se ve srovnání s loňským rokem nepodstatně zvýšil, naproti tomu se však zvýšil podíl lehce poškozených stromů o 7 %. Toto zvýšení je důsledkem snížení počtu zdravých stromů.

Pro hlavní dřeviny a jejich stanoviště platí:

- Podíl znatelně poškozených **smrků** se 1997 nezvýšil a dosahuje kolem 25-ti %. Podíl lehce poškozených stromů se zvýšil o 7 % podíl zdravých stromů ve stejném měřítku snížil. V jednotlivých smrkových porostech Vogtlandu a západního Krušnohoří byly koruny stromů poškozeny výskytem ploskohřbetky smrkové která se zde přemnožila.
- Znatelné škody na **borovicích** se ve srovnání s loňským rokem nepatrně zvýšily. Poškození bylo zjištěno u 10-ti % stromů, to ale ještě leží pod údaji z let 1991–94. V porostech borovic došlo k lokálním škodám listožravým hmyzem.
- Úroveň škod na **dubech** – 47 % znatelně a 39 % lehce poškozených stromů – je nadále extrémně vysoká. Pouze každý sedmý dub je zdravý. Přestože žír listů na dubu v roce 1997 pokles, je prosvětlení korun stejné jako v minulých letech.
- Lehce klesají škody na **buku**. Znatelné škody byly zjištěny u 12-ti %. Časová křivka z let 1991–1995 ale tendenčně ukazuje na stálé zvýšení škod u buku.
- Mnoho **listnáčů** ukazuje lokálně v důsledku extrémních povětrnostních podmínek ve spojitosti s houbovými chorobami znatelné škody.
- Mezi jednotlivými **stanovišti** jsou znatelné značné rozdíly ve stupních poškození. V **Krušných horách** bylo toto poškození v roce 1997 opět nejmarkantnější. V klasických imisních oblastech vykazují následky zimy 1995/96 podstatně obraz poškození stromů. Zvrat v této tendenci toho času není znatelný. V růstovém areálu borovice **Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland** (severovýchodní nížozemí Německa) je stav lesních porostů daleko příznivější.

Zanášení sírových zplodin do lesních ekosystémů se velkoplošně snížilo, jeho hladina je přesto stále na vysoké úrovni. Největší zatížení je na území středních Krušných hor. Celkově se zanášení kyselin v posledních letech zvýšilo. Vysoké hodnoty dusíkových zplodin toto zatížení přidavně doplňují.

Na lesních půdách Saska se zjišťuje vysoké zakyselení které způsobuje vysokou ztrátu přijatelných živin. Dále dochází k vyplavení solí kyseliny sirové (SO<sub>4</sub>-S), Dusíku (N) a hliníku (Al) prosikávající vodou.