



Das Lebensministerium



Waldzustandsbericht 2003

Freistaat  Sachsen

Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

Inhalt Waldzustandsbericht 2003

(Waldschadensbericht nach § 58 SächsWaldG)

	Seite
Waldzustand im Überblick (D, GB, CZ, PL)	1
Vorbemerkungen	5
Rahmenbedingungen für den Waldzustand	6
Witterung	6
Stoffeinträge	9
Waldzustand 2003	11
Kronenzustand und biotische Schäden	11
Schältschäden	22
Chemischer Bodenzustand	23
Baumwachstum	26
Klimaveränderung in Sachsen – Auswirkungen auf die Forstwirtschaft	28
Anhang	34
Forstliches Monitoring	34
Wirkungen von Luftschadstoffen	35
Tabellarische Übersichten	37
Literaturverzeichnis	40



Im Jahr 2003 weisen **15 % der sächsischen Waldfläche deutliche**, 48 % leichte und 37 % keine erkennbaren **Schäden** auf. Damit hat sich im Vergleich zum Vorjahr der Kronenzustand nur geringfügig verändert, während für den zurückliegenden 13-jährigen Beobachtungszeitraum eine Verbesserung feststellbar ist.

Es wurden 6 816 Bäume in 284 Beständen begutachtet.

Die Situation der einzelnen Hauptbaumarten stellt sich wie folgt dar:

- Die in sächsischen Wäldern dominierende Baumart **Fichte** ist zu 14 % deutlich geschädigt. Dieser Wert liegt im Schwankungsbereich der Vorjahre, ist aber wesentlich niedriger als zu Beginn der Erhebung. Ausschlaggebend für diese positive Entwicklung ist vorrangig der gravierende Rückgang der „klassischen“ Belastung durch Schwefeldioxid. Der warm-trockene Sommer 2003 löste jedoch in Fichtenbeständen großräumig eine Massenvermehrung von Borkenkäfern, insbesondere dem Buchdrucker, aus.
- Die **Kiefer** als zweithäufigste Baumart in den sächsischen Wäldern hat auch im Jahr 2003 ihr niedriges Schadniveau beibehalten. Mit einem Anteil deutlicher Schäden von 10 % ist sie gegenüber den anderen Baumarten vergleichsweise gering geschädigt. Auswirkungen der Trockenheit, wie etwa Nadelvergilbungen oder vorzeitiger Verlust älterer Nadeln, konnten im Sommer noch nicht festgestellt werden. Allerdings setzte sich im kieferndominierten nordöstlichen Landesteil die Massenvermehrung der Nonne fort. Diese Schmetterlingsart verursachte teilweise erhebliche Fraßschäden und musste auf 2 100 ha bekämpft werden.
- Die **Eiche** liegt mit 42 % deutlichen Schäden um 27 Prozentpunkte über dem Befund aller Baumarten. Gesund sind die Eichen nur noch auf 17 % der Fläche. Im Vergleich zum Vorjahr haben die Schäden wieder zugenommen. Die angespannte Wasserversorgung während der diesjährigen Vegeta-

tionsperiode dürfte hierfür maßgeblich sein. Fraßschäden durch Wickler- und Frostspanner-Arten hatten kaum Einfluss auf den diesjährigen Belaubungszustand der Eichen.

- Die deutlichen Schäden bei der **Buche** erhöhten sich seit 1991 von 4 % auf heute 33 %. Allein gegenüber dem Vorjahr stieg dieser Anteil um weitere 8 Prozentpunkte an. Es ist davon auszugehen, dass die Vitalität der Buche neben der Schadstoffbelastung auch durch Witterungseinflüsse und wiederholte Fruktifikation stark beeinträchtigt wurde.

Der Anteil deutlicher Schäden in den einzelnen **Wuchsgebieten** schwankt von 6 % im Vogtland bis 20 % im Erzgebirge. Die zwischen den Wuchsgebieten wiederholt festgestellte starke regionale Differenzierung war damit 2003 geringer ausgeprägt.

Die Erfassung der **Schältschäden** zeigt, dass gebietsweise die Bestände an Rot- und Muffelwild in Bezug zu ihrem aktuellen Lebensraum zu hoch sind. Höhe und Entwicklungstrend der Schäden sind landesweit unterschiedlich. Dies erfordert eine Anpassung der Bejagungsmethoden in einer vielfältig genutzten Kulturlandschaft.

Die warm-trockene **Witterung** führte im Verlauf der Vegetationsperiode 2003 landesweit zu einer kontinuierlichen Bodenaustrocknung. Damit erhöhte sich auch die **Waldbrand**gefährdung in den Wäldern. Trotz der außergewöhnlichen Situation brannten bei 145 Zündungen/Bränden lediglich 31 ha Wald (Stand 31.08.2003). Die hohe Strahlung begünstigte ebenfalls die Bildung von **Ozon**. Beispielsweise wurde im Erzgebirge während des letzten Sommerwochenendes der Schwellenwert zum Schutz der Vegetation um ein Vielfaches überschritten.

Die **Schwefeleinträge** sind besonders in den vormals hoch belasteten Regionen des Erzgebirges stark zurückgegangen. Demgegen-

über sind die **Stickstoffeinträge** weiterhin sehr hoch, sodass vielfach die Eutrophierung der Waldökosysteme gegenüber der Säurebelastung an Bedeutung gewonnen hat.

Im letzten Jahrzehnt wurde ein verstärkter **Holzzuwachs** in den Wäldern Sachsens festgestellt, dessen Ursache vor allem in den hohen Stickstoffeinträgen zu sehen ist.

Indikatoren des Bodenchemismus belegen, dass die **Versauerung der Waldböden** in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen hat und damit die Nachhaltigkeit der Bodenfunktionen nicht gewährleistet war. Trotz der aktuell verminderten Säureeinträge werden nach wie vor die kritischen Säurebelastungsraten in den Wäldern zumeist überschritten, sodass Bodenschutzkalkungen weiterhin eine wichtige Maßnahme zur Stabilisierung der Waldökosysteme darstellen. Dementsprechend wurden im Jahr 2003 auf etwa 15 000 ha Waldfläche Kalkungen durchgeführt.

Modelle zur regionalen **Klimaänderung** verweisen prognostisch auf erhebliche Verschiebungen der potenziell natürlichen Baumartenverteilung: In der Tieflandsregion wird der Wasserhaushalt, in den Mittelgebirgen vor allem die Wärme zum limitierenden Umweltfaktor für die Struktur und Baumartenzusammensetzung der Wälder. Anpassungsstrategien der Forstwirtschaft sollten auf Risikominimierung und -verteilung ausgerichtet sein.



In the current year 15 % of the Saxon forest area are visibly damaged, 48 % slightly damaged and another 37 % remained apparently undamaged. These figures mean that the state of foliation has changed only slightly since the previous year. However, in comparison with the first assessment 13 years ago an improvement is obvious.

The investigation included 6 816 trees and 284 forest stands.

With regard to the different principal tree species the following features were found:

- For **spruce**, being the main tree species of Saxon forests, the proportion of visibly damaged stands amounts to 14 %. This value is covered by the variation of the last years, however, it lies considerably below the level given at the beginning of the assessed period. The decisive reason for this positive development is the enormous decrease of "classic" stress by sulphur dioxide. On the other hand, the hot, dry summer 2003 triggered a mass propagation of bark beetles, in particular of bark-scarabee (*Ips typographus*), on spruce stands.
- **Pine**, which holds the second-largest proportion of all tree species in Saxon forests, kept its low level of damage also in 2003. With the visible damage amounting to 10 % it is better off than other tree species. Possible consequences of the drought such as yellowing of needles or early loss of older needles were not yet seen at the time of assessment in summer. However, in north-eastern Saxony, where pine is predominant, the mass propagation of nun (*Lymnantria monacha*) continued. This lepidopterous species caused partly considerable damage by feeding and, therefore, it had to be controlled on an area of 2 100 ha.
- **Oak** shows a visible damage of 42 %, that is 27 % above the average of all tree species. Only 17 % of the oak stand area are still without symptoms of damage. Compared to the previous year damage has increased once again. This development is most probably due to the tense water regime in this

year's growing season. Feeding by insects (leaf-roller, winter-moth) was insignificant for this year's foliation.

- For **beech** the level of visible damage went up from 4 % in 1991 to 33 % in 2003. From 2002 alone there was an increase by 7 %. Most likely vitality of beech was heavily impaired not only by immission, but also by weather and repeated fruiting.

The proportion of visibly damaged stands depends on the **growth area**. It varies between 6 % in the Vogtland and 20 % in the Ore Mountains (Erzgebirge). Thus, the pronounced regional differences of other years did not fully return.

Registration of **bark-peeling damage** shows red-deer and mufﬂon populations being regionally too dense for the given habitat. Level and tendency of damage vary across the country.

Due to the hot, dry **weather**, soil desiccation advanced during the growing season 2003 all over the country. Accordingly, the danger of forest fires increased. In spite of the extraordinary situation there were only 145 ignitions and **fires**, respectively, damaging a forest area of 31 ha (registration up to 31 August 2003). Intense insolation promoted the formation of **ozone**. For example, at the last summer weekend in the Erzgebirge the legal threshold for the protection of the vegetation was surpassed by many times.

Sulphur input has considerably fallen, particularly in the formerly polluted areas of the Erzgebirge. On the other hand, **nitrogen input** is still very high, and, therefore, eutrophication of forest communities gained in importance compared to acid deposition.

In the last decade **timber increment** accelerated in the Saxon forests. This development can be mainly contributed to abundant nitrogen input.

Indications of soil chemism prove a severe **acidification of forest soils** over the last decades. From this the sustainability of the soil function is put at risk. Although the acid input is easing, the critical rate of acidification is still being surpassed in most forests. Therefore, soil protection liming remains essential for the stabilisation of forest ecosystems. Accordingly, on a forest area of 15 000 ha liming was carried out in 2003.

Models simulating regional **changes of climate** suggest considerable alterations of the potentially natural tree species distribution. In the lowland region the water regime will be the limiting environmental factor, in the lower mountain ranges the thermal regime will have a similar function. Silvicultural strategies meeting this situation should aim at minimisation and distribution of risks. In this way it should become possible to secure stable productive forests even if the supposed climatic changes do not (fully) take place.



V roce 2003 vykazuje 15 % lesní plochy v Sasku silné, 48 % slabé a 37 % žádné zjevné známky poškození. V průběhu třináctiletého období pozorování bylo zaznamenáno zlepšení zdravotního stavu koruny, i když v porovnání s předchozím rokem se zdravotní stav korun jen nepatrně změnil.

Celkem bylo hodnoceno 6816 stromů v 284 porostech.

Stav jednotlivých hlavních druhů dřevin je možno popsat následovně:

- **Smrk**, dominantní dřevina saských lesů, je ve 14 % výrazně poškozený. Tato hodnota leží v oblasti kolísání hodnot předchozích let, je však podstatně nižší než na počátku sledovaného období. Rozhodující pro tento pozitivní vývoj je především značný ústup klasického znečištění oxidem siřičitým. Suché a teplé léto 2003 vyvolalo však ve smrkových porostech rozsáhlé masové rozmnožení kůrovce, zejména druhu *Ips typographus*.
- **Borovice**, druhá nejrozšířenější dřevina v saských lesích, si i v roce 2003 udržela nízký stupeň poškození. S podílem 10 % silného poškození je v porovnání s ostatními druhy dřevin poškozena jen velmi málo. Vliv sucha, jako například žloutnutí jehlicí nebo předčasná ztráta jehlicí, nebyl v tomto roce zjištěn. V severovýchodní části země, kde je borovice dominantním druhem, se však masově rozšířila bekyně mniška (*Lymantria monacha*). Tento motýl způsobil v některých oblastech značné škody a muselo se proti němu zakročit na celkové ploše 2100 ha.
- **Dub** se 42 % silného poškození překračuje o 27 procentních bodů stav poškození všech ostatních druhů dřevin. Zdravý dub se vyskytoval jen na 17 % plochy. V porovnání s předchozím rokem se poškození dále zhoršilo. Rozhodující vliv na tento stav mohlo mít v tomto vegetačním období nedostatečné zásobení vodou. Poškození hmyzem, způsobené obalečem a píďalkou, má na celkový stav dubu jen nepatrný vliv.
- U **buku** vzrostlo silné poškození ze 4 %, zjištěných v roce 1991, na dnešních 33 %. Jen v porovnání s loňským rokem se stav opět

zhoršil o 7%. Tento stav je patrně způsoben tím, že vitalita buku byla, kromě vlivu škodlivin, negativně ovlivněna rovněž počasím a často se opakujícími semenými roky.

Podíl silného poškození v jednotlivých oblastech se pohybuje od 6 % v oblasti Vogtland po 20 % v oblasti Krušných hor. Zjištěné opakující se výrazné regionální rozdíly mezi jednotlivými oblastmi byli i v roce 2003 nepatrné.

Evidence škod způsobených loupáním ukazuje, že v některých oblastech jsou stavy jelení a mufloní zvěře stále příliš vysoké. Stupeň a trend tohoto typu poškození je v jednotlivých oblastech Saska rozdílný.

Teplé a suché počasí vedlo v průběhu vegetačního období 2003 v Sasku k postupnému vysychání půdy. Tím se zvýšilo i nebezpečí **lesních požárů**. Přes tuto vyjímečnou situaci shořelo pouze 31 ha lesa (stav k 31.8.2003) v celkem 145 registrovaných případech požáru. Vysoký stupeň slunečního záření podporoval rovněž tvorbu **přízemního ozónu**. Například v Krušných horách byla během posledního letního víkendu hodnota ozónu, kritická z hlediska vegetace, několikanásobně překročena.

Depozice síry značně poklesla, zejména v oblasti dříve silně zatížených Krušných hor. Naopak **depozice dusíku** je nadále vysoká, do té míry, že eutrofizace lesních ekosystémů začíná být stejně významná jako kyselá depozice.

V posledním desetiletí byl zaznamenán významně **vyšší dřevní přírůst**, což je spojováno právě s vysokou depozicí dusíku.

Indikátory chemizmu půdy ukazují, že **acidifikace lesních půd** v posledních deseti letech značně vzrostla. Tím je ohrožena trvale udržitelná funkce lesních půd. Přes současný významný pokles kyselých depozic jsou kritické hodnoty v lesních porostech stále překračovány. Ochranné **vápnění** lesních půd bude tak i nadále důležitou součástí stabilizace lesních ekosystémů. Vápnění bylo proto v roce 2003 aplikováno na ploše přibližně 15 000 ha lesních půd.

Modely, simulující regionální **změny klimatu**, předpokládají značné posuny v přirozeném rozšíření dřevin: v nížinách bude limitujícím faktorem vodní režim, ve středních polohách to pak bude hlavně teplota, která bude rozhodující pro dřevinné složení lesů. Strategie lesního hospodářství by se měla tomuto předpokládanému vývoji přizpůsobit a zaměřit se na minimalizaci případného rizika. Tímto způsobem bude možné zajistit stabilní rozvoj lesních porostů, i v případě, že k předpokládaným změnám klimatu nedojde v plném rozsahu.



W 2003 roku 15 % powierzchni leśnej lasów w Saksonii wykazywało średnie uszkodzenia, 48 % powierzchni - uszkodzenia słabe, na 37 % powierzchni nie stwierdzono symptomów uszkodzeń. Taki obraz oznacza, że stan ulistnienia koron w drzewostanach uległ tylko niewielkiej zmianie w porównaniu z 2002 rokiem. Jakkolwiek, w porównaniu z pierwszą oceną, dokonaną 13 lat temu, poprawa jest wyraźna.

W 2003 roku badaniami objęto 6 816 drzew w 284 drzewostanach.

Odnosnie głównych gatunków drzew leśnych poczyniono następujące obserwacje:

- **U świerka**, głównego gatunku drzewiastego lasów Saksonii, udział uszkodzeń średnich wyniósł 14%. Ten wynik pokrywa się ze zmiennością obserwowaną w ostatnich latach, jakkolwiek, znajduje się znacznie poniżej poziomu uzyskanego na początku cyklu pomiarowego. Decydującą przyczyną tego pozytywnego kierunku zmian jest olbrzymi spadek „klasycznego” stresu powodowanego przez dwutlenek siarki. Z drugiej strony, gorące, suche lato 2003 wyzwoliło masowe pojawy korników, w szczególności kornika drukarza (*Ips typographus*), w drzewostanach świerkowych.
- **Sosna**, której udział w lasach Saksonii jest na drugim po świerku miejscu, utrzymała niski poziom uszkodzenia również w 2003 roku. Z uszkodzeniami średnimi wynoszącymi 10 % jest gatunkiem o wyższej zdrowotności, w porównaniu z innymi gatunkami. Możliwe konsekwencje suszy, takie jak żółknięcie igieł lub wcześniejsza niż zwykle utrata starszych roczników igliwia nie były jeszcze widoczne w czasie przeprowadzanej latem oceny. W północno-wschodniej Saksonii, gdzie sosna jest gatunkiem panującym był kontynuowany masowy pojaw brudnicy mniszki (*Lymnantria monacha* L.). Lokalnie ten gatunek motyla spowodował swym żerowaniem znaczne uszkodzenia i dlatego był zwalczany na powierzchni 2 100 ha.

• **Dąb** wykazywał 42 % uszkodzeń średnich, to jest 27 % powyżej średniej odnoszącej się do wszystkich badanych gatunków drzew. Jedynie 17 % powierzchni drzewostanów dębowych nadal nie wykazuje symptomów uszkodzeń. W porównaniu do roku poprzedniego uszkodzenie wzrosło. Najbardziej prawdopodobnym powodem tego wzrostu był napięty bilans wodny podczas tegorocznego okresu wegetacyjnego. Żerowanie owadów - zwójki zieloneczki (*Tortrix viridana*) i piędzika przedzimka (*Operophtera brumata*) - nie miało istotnego wpływu na tegoroczny stan ulistnienia koron dębów.

• Poziom uszkodzeń średnich u **buka** wzrósł z 4 % w 1991 roku do 33 % w roku 2003. W porównaniu z 2002 rokiem wzrost ten wyniósł 7 %. Najprawdopodobniej żywotność buka była znacznie osłabiona nie tylko z powodu emisji ale także przez warunki pogodowe oraz powtórne owocowanie.

Udział uszkodzeń średnich w drzewostanach był uzależniony od **regionu przyrodniczego**. Zawierał się między 6 % w regionie Vogtland do 20 % w Rudawach. A zatem wyraźne różnice regionalne z poprzednich lat nie powróciły w pełni.

Rejestracja **uszkodzeń spowodowanych przez spałowanie** wykazuje, że lokalnie populacje jeleni i muflonów mają zbyt duże zagęszczenie w porównaniu z możliwościami środowiska. Poziom i tendencja uszkodzeń tego typu są zróżnicowane na przestrzeni całego kraju.

Na skutek gorącej suchej **pogody** podczas sezonu wegetacyjnego 2003 w całym kraju wzrosło przesuszenie gleb. Skutkiem tego wzrosło zagrożenie pożarami w lasach. Pomimo tej wyjątkowej sytuacji wystąpiło tylko 145 zapaleń i **pożarów** powodujących zniszczenia na 31 ha powierzchni leśnej (stan na 31 sierpnia 2003). Silne nasłonecz-

nienie sprzyjało powstawaniu **ozonu**. Na przykład w czasie ostatniego letniego weekendu w Rudawach prawie ustanowione wartości progowe odnoszące się do ochrony roślinności zostały wielokrotnie przekroczone.

Dopływ siarki znacznie zmniejszył się, zwłaszcza na wcześniej zanieczyszczonych obszarach Rudaw. Z drugiej strony, **dopływ azotu** jest ciągle bardzo wysoki i dlatego eutrofizacja fitocenoz leśnych zyskała na znaczeniu, które obecnie jest porównywalne do znaczenia depozytu kwaśnego.

W ciągu ostatniej dekady **przyrost drewna** uległ przyspieszeniu w lasach Saksonii. To przyspieszenie może być głównie spowodowane znacznym dopływem azotu.

Parametry chemizmu gleb wskazują na silne **zakwaszenie gleb leśnych** w ciągu ostatnich dekad. Z tego powodu stabilność funkcji gleby jest wystawiona na ryzyko. Chociaż dopływ kwaśny żelaza, krytyczny poziom zakwaszenia jest ciągle w większości lasów przekroczony. W związku z tym ochrona gleb poprzez wapnowanie wydaje się być kluczowa z punktu widzenia stabilności ekosystemów leśnych. W 2003 roku przeprowadzono wapnowanie na 15 000 ha powierzchni leśnej.

Modele symulujące regionalne **zmiany klimatu** sugerują stosunkowo duże wahania, potencjalnie naturalnego rozmieszczenia gatunków drzewiastych. W regionie nizinnym ograniczającym czynnikiem środowiskowym będzie bilans wodny, w niższych partiach łańcuchów górskich podobną funkcję będzie pełnił reżim termiczny. Strategie hodowlane wychodzące naprzeciw takiej sytuacji powinny mieć na celu minimalizację i rozproszenie ryzyka. W ten sposób będzie możliwe zabezpieczenie stabilności produkcji leśnej, nawet jeżeli przypuszczalne zmiany klimatu nie wystąpią w pełni.

Vorbemerkungen

Der Sommer des Jahres 2003 brachte ungewöhnlich große Dürre und Hitze. In der Landwirtschaft führte dies insbesondere in den nördlichen und östlichen Landesteilen zu gravierenden Ertragsausfällen. Die Waldbrandgefährdung stieg dramatisch an. Dank der Umsicht der Waldbesucher und der permanenten Waldbrandüberwachung konnten größere Waldbrände verhindert werden.

Gleichwohl wird die extreme Wetterlage des Sommers nicht ohne Konsequenzen für die sächsischen Wälder bleiben. Vorzeitiger Laubfall ist eine auch für den Laien unmittelbar sichtbare Folge. Allenfalls der Fachmann erkennt jedoch, dass infolge der Trockenheit die Vitalität der Bäume abnimmt und die Disposition für tierische Schädlinge steigt. Bereits in diesem Jahr vermehrten sich Borkenkäfer, wie der Buchdrucker, und Falter, wie die Nonne, massenhaft. Ihr Fraß verursachte den Forstbetrieben ersten wirtschaftlichen Schaden. Im kommenden Jahr werden wir diesen Schädlingen größte Aufmerksamkeit widmen müssen.

Zwei aufeinander folgende Jahre mit extremen Wetterlagen legen die Frage nach den Folgen der von Fachleuten prognostizierten Klimaveränderung nahe. Deshalb ist diesem Waldzustandsbericht erstmalig ein Kapitel zu den möglichen Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Forstwirtschaft beigelegt. Die Langfristigkeit forstlicher Produktion macht es notwendig, frühzeitig auf veränderte Wachstumsbedingungen zu reagieren. Die regionale Klimastudie des Landesamtes für Umwelt und Geologie lieferte hierzu wertvolle Grundlagen.

Wir werden auch in dieser Hinsicht Anpassungsstrategien für die Forstwirtschaft erarbeiten. Darüber hinaus bleibt es unser vordringliches Anliegen, die Ursachen der Waldschädigungen zu mindern, indem der Ausstoß von Luftschadstoffen reduziert wird. Die Begründung stabiler Mischwälder und die Kalkung bleiben darüber hinaus wichtige Instrumente zur Stabilisierung der Wälder. Die Erfolge dieser Maßnahmen sprechen für sich. Seit einigen Jahren stagniert das Schadniveau und in den einstmals besonders stark geschädigten Erzgebirgswäldern können wir eine deutliche Gesundung der Wälder verzeichnen.

Steffen Flath

Sächsischer Staatsminister für Umwelt und Landwirtschaft

Rahmenbedingungen für den Waldzustand

Witterung

Zur Darstellung der Witterung werden die Daten der Stationen Oschatz und Marienberg des Deutschen Wetterdienstes (DWD) herangezogen (vgl. Abb. 1). Diese befinden sich in den Wuchsgebieten Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland (Oschatz: 150 m über NN, langjährige Jahresmitteltemperatur 8,7 °C, langjährige Niederschlagssumme 575 mm) und Erzgebirge (Marienberg: 639 m über NN, langjährige Jahresmitteltemperatur 6,2 °C, langjährige Niederschlagssumme 896 mm). Die Wetterdaten des DWD werden durch ein Messnetz von derzeit 18 Waldklimastationen ergänzt, die vom Landesforstpräsidium (LFP) betrieben werden (vgl. Abb. 3).

In den Herbstmonaten des Jahres 2002 lagen die **Lufttemperaturen** überwiegend im Bereich der langjährigen Mittel. Der Dezember 2002 und Februar 2003 waren jedoch mit bis zu 5,8 K unter den langjährigen Mitteln. Ab März 2003 überschritten die Monatsmitteltemperaturen überregional durchweg die langjährigen Werte. Den Höhepunkt bildete der Juni mit Temperaturen, die bis zu 3,8 K über dem Durchschnitt lagen. In den Tieflandsbereichen wurden jeweils die höheren positiven Abweichungen registriert. Mitte Mai kam es in prädestinierten Lagen zu Spätfrostereignissen mit Minimaltemperaturen von -2 bis -5 °C, die auch zu Frostschäden an forstlichen Kulturen führten (vgl. Abb. 2).

Typisch für den Witterungsverlauf bis Ende August 2003 waren lang anhaltende warme heiße, strahlungsreiche und trockene Witterungsabschnitte. Sie begannen bereits im Mai und verschärften sich bis Juli/August. Dies hatte – zeitlich und regional differenziert – gravierende Wasserstresserscheinungen zur Folge.

Eine besonders wichtige Ressource im Wald-ökosystem ist der **Niederschlag** bzw. vorhandene Bodenwasservorrat. Das pflanzenverfügbare Wasser entscheidet oft über die

Abb. 1a, b: Temperatur- und Niederschlagsdynamik von 2001–2003 und Vergleich mit den langjährigen Monatsmittelwerten (1961–1990) an den DWD-Stationen Oschatz und Marienberg (Quelle: DWD-Radebeul)

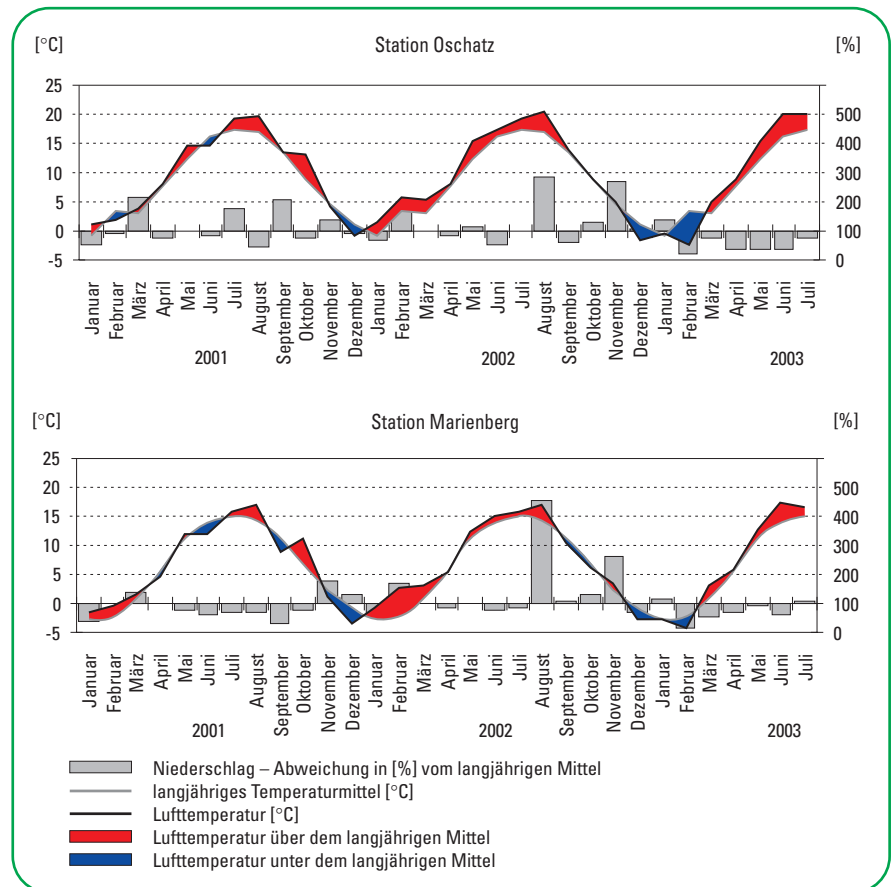
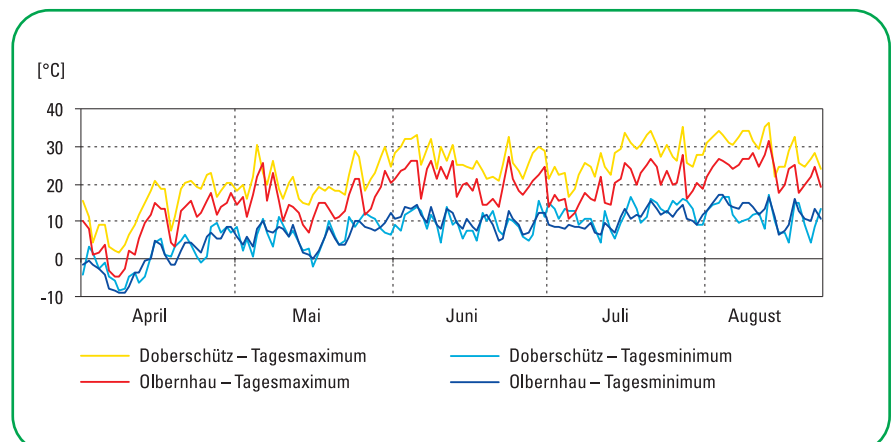


Abb. 2: Tagesextreme der Lufttemperatur von April bis August 2003 an den Waldklimastationen Olbernhau und Doberschütz (abgeleitet aus Stundenmittelwerten, die jeweils auf 5-minütigen Einzelmessungen basieren)



K= Kelvin (Einheit für Temperaturdifferenz)

Existenz bestimmter Waldgesellschaften und Waldstrukturen und übt erheblichen Einfluss auf die Vitalität und Stabilität der Wälder aus. Ein Komplex von Umwelteinflüssen und Wechselwirkungen im Wald bestimmt die jahreszeitliche Dynamik der Bodenfeuchte. Hauptfaktoren sind die Höhe und die zeitliche Verteilung des Niederschlags, örtliche Bodenverhältnisse, die Vegetations- bzw. Waldstruktur sowie der Vitalitätszustand des Waldes.

Wie bereits in den Jahren 2000 bis 2002 fallen zunächst auch 2003 die hohen Niederschlagsmengen außerhalb der Vegetationsperiode auf. Dagegen sind in den für die Vegetationsentwicklung wichtigen Zeiten von Mitte April bis August 2003 fast durchweg Niederschlagsdefizite zu verzeichnen.

Während von April bis Juni vielerorts nur rund 30 bis 50 % der üblichen Niederschlagsmenge gefallen ist, werden im Juli die langjährigen Mittel – mit Ausnahme von einigen Standorten im Mittelgebirge – nahezu erreicht oder leicht überschritten. Die bisher größten und verbreitetsten Niederschlagsdefizite sind im August zu verzeichnen: es fi-

len nur $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{4}$ der normalerweise üblichen Mengen. Insgesamt akkumulierten sich im Zeitraum April bis August 2003 die Niederschlagsdefizite auf 130 bis 270 mm!

Die **Bodenfeuchte**verhältnisse werden durch die volumetrische Bodenfeuchte (in Prozent Wassergehalt) und die Bodensaugspannung im Hauptwurzelraum der Bäume (in 30 cm Tiefe) an ausgewählten Waldklimastationen dargestellt (vgl. Abb. 4 und 5). Die Saugspannung gibt an, wie fest das Bodenwasser im Boden gebunden ist. Bei Bodensaugspannungen oberhalb von etwa 400–500 hPa kommt es, je nach Bodensubstrat und Witterungsbedingungen, zu Wasserstress für die Bäume, da Bodenwasser nicht schnell genug pflanzenverfügbar ist. Dieser Stress verschärft sich mit steigenden Saugspannungswerten. Erreichen diese 15 000 hPa, können Pflanzen die sehr geringen und fest gebundenen Wassermengen aus dem Boden nicht mehr aufnehmen – man spricht auch vom permanenten Welkepunkt.

Infolge hoher Niederschläge im November 2002 sowie der akkumulierten Schneemen-

gen im Januar 2003 begann die Vegetationsperiode 2003 im Wesentlichen mit aufgefüllten Bodenwasservorräten und vermutlich überdurchschnittlich hohen Grundwasserständen. Nach dem Vegetationsbeginn setzte jedoch schon Anfang Mai ein Austrocknungsprozess im Oberboden ein, der durch die geringen Mainiederschläge nicht aufgehoben werden konnte. Auf den Sandstandorten des Tieflandes wurden schon Ende Mai im Hauptwurzelraum der Bäume hohe Saugspannungen um etwa 1 000 hPa gemessen. In den Mittelgebirgsregionen waren dagegen im Mai noch ausreichende Bodenwasservorräte vorhanden. In einigen Regionen kam es im Juni zu Niederschlagsereignissen, die hier vorübergehend eine weitere Bodenaustrocknung unterbrechen konnten. Dennoch war auf den Sandstandorten in Nordsachsen bereits im Juni der permanente Welkepunkt (15 000 hPa) erreicht und damit alles pflanzenverfügbare Bodenwasser im Hauptwurzelraum der Bäume verbraucht. Selbst im Lausitzer Bergland erreichten die Saugspannungen Ende Juni Werte um 800 hPa. Trotz gelegentlicher

Abb. 3: Monatssummen der Niederschläge von April bis August 2003 für typische Waldstandorte und Vergleich zu den langjährigen Monatsmittelwerten (1961–1990) des DWD

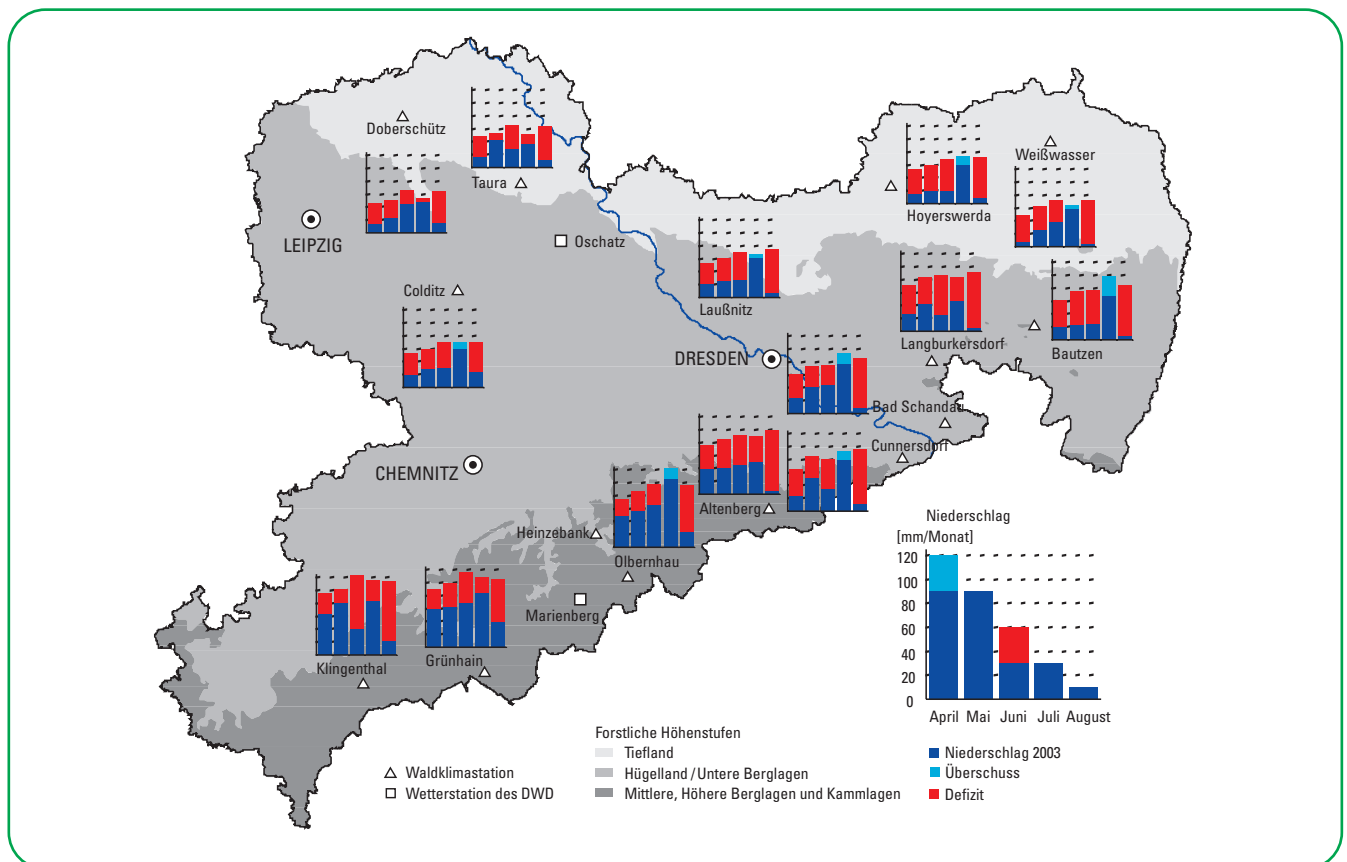
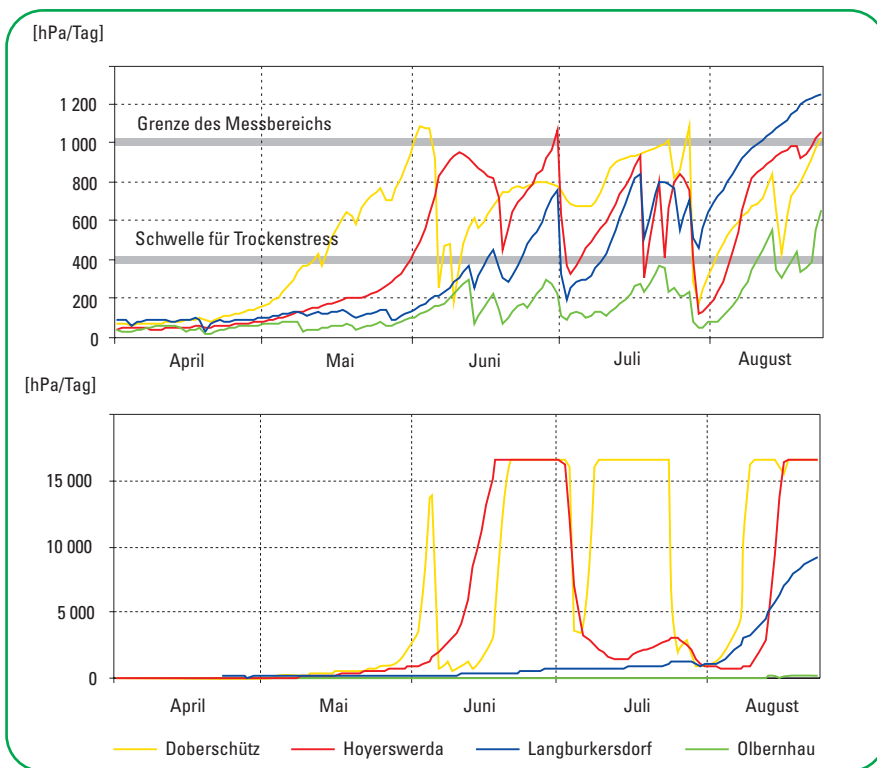


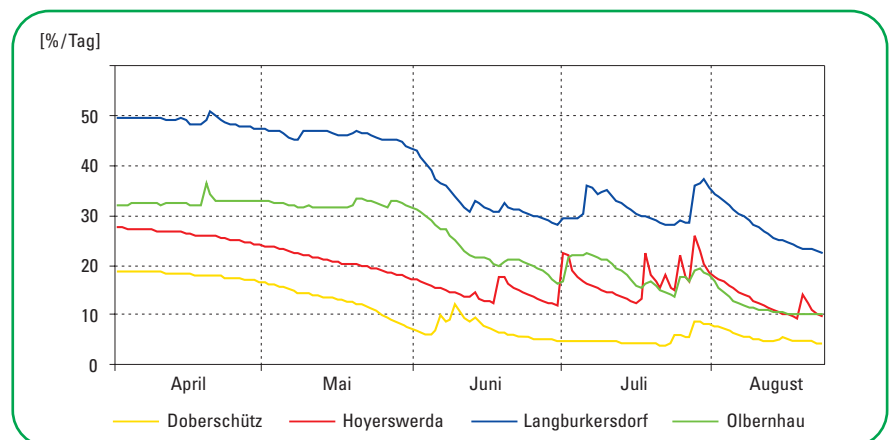
Abb. 4a, b: Bodenfeuchtedynamik (Bodensaugspannung) im Zeitraum April bis August 2003 für die Tieflands-Sandstandorte Doberschütz (Nordwestsachsen) und Hoyerswerda (Nordostsachsen) sowie die Mittelgebirgsstandorte Olbernhau (mittleres Erzgebirge) und Langburkersdorf (Oberlausitzer Bergland); gemessen mit: a) Druckaufnehmertensiometern (Messbereich: bis 1 000 hPa), b) Eqi-Tensiometern (Messbereich: bis 15 000 hPa = permanenter Welkepunkt)



Niederschläge im Erzgebirge nahmen dort die Bodenwassergehalte im Hauptwurzelraum der Bäume von April bis Ende Juni fast kontinuierlich ab (vgl. Abb. 5). Mit Ausnahme Nordwestsachsens ist der Juli geprägt von diesem Wechsel aus Niederschlagsereignissen und schnell wieder ansteigender Bodensaugspannung. Dabei wurden periodisch immer wieder Bereiche von 800 bis 900 hPa erreicht. Die Austrocknung der Böden setzte sich fort. Nur bestimmte Bereiche des Erzgebirges blieben im Juli vor nennenswerten Wasserstresserscheinungen bewahrt. Erst Ende Juli führten landesweit erhebliche Niederschläge kurzzeitig zur Entspannung des Pflanzenwasserstresses. Im Verlauf der im August einsetzenden warm-heißen und trockenen Witterungsperiode kam es sachsenweit zu einer Verschärfung des Bodenwasserstresses. Selbst in einigen Mittelgebirgsregionen, vor allem Ostsachsens, stiegen die Saugspannungen bis fast zum permanenten Welkepunkt an. Markantes Anzeichen für den teils nahezu vollständigen Verbrauch der Bodenwasservorräte war die mitunter schlagartige Verfärbung/Vertrock-

nung der Belaubung der Laubbäume etwa ab Mitte August. Dass im Tiefland dennoch zunächst Trocken-schäden in größerem Umfang nicht sichtbar waren, resultiert vermutlich aus den im Vorjahr und Winter besonders gut gefüllten Grundwasservorräten und einem kapillaren Wasseraufstieg bis in den Wurzelraum der Bäume auf tiefgründigen Standorten.

Abb. 5: Bodenwassergehalte im Zeitraum April bis August 2003 für die Tieflands-Sandstandorte Doberschütz (Nordwestsachsen) und Hoyerswerda (Nordostsachsen) sowie die Mittelgebirgsstandorte Olbernhau (mittleres Erzgebirge) und Langburkersdorf (Oberlausitzer Bergland)



Inwieweit die Trockenheit zu nachhaltigen Schädigungen von Bäumen und Waldbeständen führen wird, kann derzeit nur vermutet werden. Da die extreme Bodenaustrocknung jahreszeitlich erst relativ spät auftrat, könnten die weiteren Folgen für die Waldbestände – von Zuwachsverlusten und Vitalitätsverlusten abgesehen – relativ gering bleiben. Allerdings war die Samenausbildung und Reife, vor allem der schwerfrüchtigen Baumarten (Eiche, Buche) regional differenziert beeinträchtigt. Für verschiedene biotische Schaderreger waren durch den Witterungsverlauf und die eingeschränkte Vitalität der Waldbestände günstige Entwicklungsbedingungen gegeben. Unmittelbare Auswirkungen hatte die Witterung auf die **Waldbrand**gefährdung:

Abb. 6: Trockenschäden an Rot-Buche



Die warm-trockene Witterung führte vergleichsweise frühzeitig zu einer hohen (ab 25.03.) bzw. sehr hohen (ab 28.03.) Waldbrandgefahr. Während drei längeren Perioden (16.04.–12.05., 14.07.–26.07., 04.08.–09.09.) musste in mindestens einem Forstamt Sachsens die Waldbrandwarnstufe 3 bzw. 4 (hohe bzw. sehr hohe Waldbrandgefahr) ausgerufen werden.

Die seltene Situation, dass sachsenweit hohe bzw. höchste Waldbrandgefahr bestand, wurde im Zeitraum vom 12.08. bis 14.08. registriert. Das hohe Waldbrandrisiko erforderte einen deutlich höheren Überwachungsaufwand. Trotz der außergewöhnlichen Situation brannten bei 145 Zündungen und Bränden lediglich 31 ha Wald (Stand 31.08.2003). Dieser

Umstand kann als Ausdruck eines funktions-tüchtigen Systems aus Überwachung und schneller koordinierter Brandbekämpfung gewertet werden. Der größte Brand in diesem Jahr hatte eine Ausdehnung von 2,5 ha. Die Brandursache ist bei der überwiegenden Anzahl der Brände unbekannt, an zweiter Stelle steht die vorsätzliche Brandstiftung.

Stoffeinträge

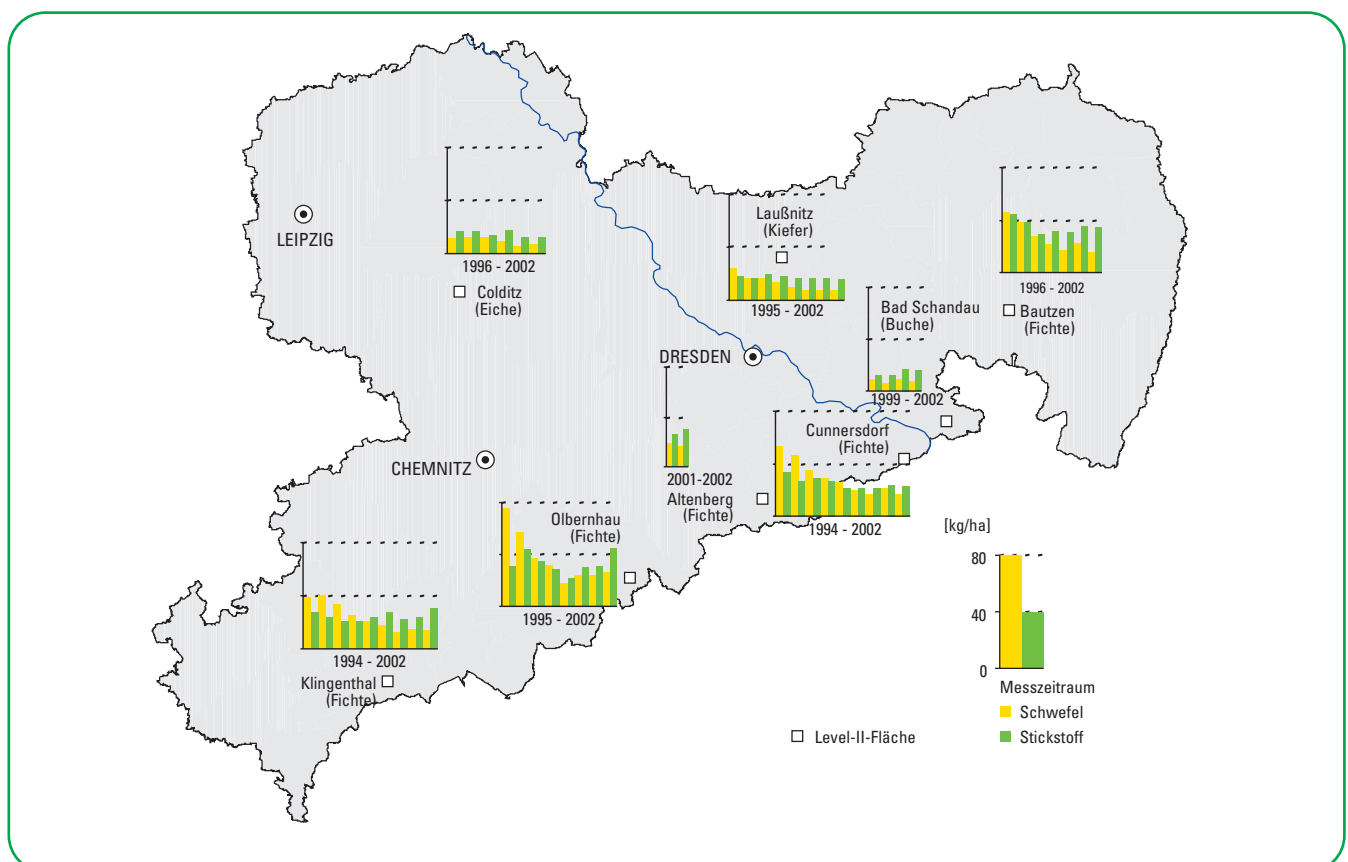
Die kontinuierliche Erfassung der Stoffeinträge mit den Niederschlägen auf den 8 sächsischen Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen liefert wesentliche qualitative und quantitative Erkenntnisse (vgl. Abb. 50, Anhang). Danach haben sich die **Schwefel-einträge** in den Wäldern seit Mitte der 90er Jahre bei unterschiedlichen regionalen Ausgangsniveaus erheblich vermindert (vgl. Abb. 7). Naturgemäß stellen dabei die Eintragswerte innerhalb des Waldes infolge der stark von Baumart und Höhenlage abhängigen Filterleistung der Baumkronen häufig ein Vielfaches der Freilandwerte dar. Besonders starke Auskämmeffekte erzielen

die ganzjährig „belaubten“ Nadelwälder. Der stärkste Rückgang ist im vormals hoch belasteten Erzgebirge zu verzeichnen: Während noch in den 80er Jahren in den Kamm-lagen S-Einträge von teils weit über 100 kg pro Hektar gemessen wurden, lag der S-Eintrag während der letzten Jahre bei etwa 15 bis 20 kg S/ha (Stationen Klingenthal, Altenberg, Cunnersdorf und Neukirch/Bautzen). Die relativ höchste Schwefelbelastung weist weiterhin der Fichtenbestand der Messfläche Olbernhau mit ca. 25 kg S/ha, während die geringste Schwefeldeposition von etwa 6 bis 8 kg S/ha in den Messflächen Bad Schandau im Nationalpark Sächsische

Schweiz (Buche), Laußnitz (Kiefer) und Colditz (Eiche) ermittelt wurde.

Dagegen ist die Belastung der Wälder durch übermäßige **Stickstoffeinträge** weiterhin sehr hoch. Mittlerweile überschreiten diese auf sämtlichen Messflächen erheblich die jeweiligen S-Einträge (vgl. Abb. 7). Unter Einbeziehung der Stickstoffaufnahme im Kronenraum schwankt der jährliche N-Eintrag (N-Gesamtdosition) zwischen 25 und 45 kg N/ha in Neukirch/Bautzen, Olbernhau, Klingenthal und Altenberg. Die Untersuchungsflächen Cunnersdorf, Laußnitz, Colditz und Bad Schandau erhalten Frachten zwischen 15 und 25 kg N/ha, ohne dass ein allgemeiner

Abb. 7: Jährliche Einträge von Schwefel ($SO_4\text{-S}$) und Stickstoff ($NH_4\text{-N} + NO_3\text{-N}$) mit dem Bestandesniederschlag in den Level-II-Flächen



Trend sichtbar wird. Damit wird die jeweilige kritische und langfristig tolerierbare Eintragsrate (critical load) für Stickstoff zumindest in den Fichtenflächen um etwa 100 % überschritten [12].

Insgesamt wird deutlich, dass sich im Verlauf des letzten Jahrzehnts die Stoffbelastung der Waldökosysteme deutlich verändert hat: Die Problematik einer übermäßigen Stickstoffversorgung (**Eutrophierung**) übertrifft oftmals die mit der Deposition von Schwefel- und Stickstoffverbindungen verknüpften Versauerungseffekte, die wiederum zunehmend durch Eintrag, Aufnahme und Umwandlung von Stickstoff im Ökosystem induziert werden. Der deponierte Stickstoff verstärkt folglich seinen Anteil an der insgesamt im Ökosystem wirksamen Säurebelastung [12]. Allerdings verminderte sich dank der positiven Entwicklung beim Schwefeleintrag der Säure- bzw. Protoneneintrag mit dem Niederschlag im Wald (Bestandesniederschlag) auf etwa 15 % bis 25 % des Vergleichswertes aus der Mitte der 90er Jahre (vgl. Abb. 8). Demgegenüber fällt der Rückgang der Säuregesamtdeposition bzw. die Gesamtbelastung aufgrund der geschilderten Zusammenhänge sowie der Berücksichtigung

von Pufferreaktionen im Kronenraum, die letztlich zu einer Entsauerung des Bestandesniederschlages beitragen, aber das Ökosystem dennoch belasten, weniger drastisch aus. Sie war Mitte der 90er Jahre in den Fichtenbeständen mit einer Säurebelastung von etwa 4 bis 6 kg H⁺/ha noch sehr hoch. Seitdem hat sich die **Säurebelastung** durchschnittlich zwar etwa halbiert. Sie ist aber dennoch zu hoch, sodass eine standortgemäß dosierte Waldkalkung zur Kompensierung der Säurebelastung weiterhin unverzichtbar erscheint.

Ein deutlicher Beleg für den Rückgang der Säureeinträge ist der **pH-Wert in den Niederschlägen** (vgl. Abb. 9). Seit Beginn der Messungen haben ihre mittleren jährlichen Säuregehalte kontinuierlich abgenommen, was insbesondere für die vormals hoch belasteten Fichtenbestände zutrifft. Die pH-Werte im Bestandesniederschlag sind um etwa eine halbe bis ganze pH-Einheit angestiegen (der starke pH-Anstieg des Jahres 2002 im Messfeld Olbernhau steht im Zusammenhang mit einer benachbarten Waldkalkung aus der Luft).

Abb. 9: Entwicklung des mittleren jährlichen pH-Wertes im Bestandesniederschlag der Level-II-Flächen

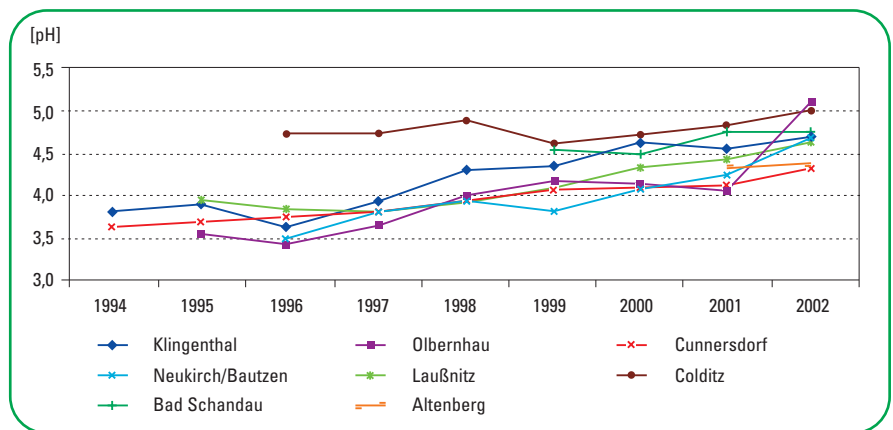
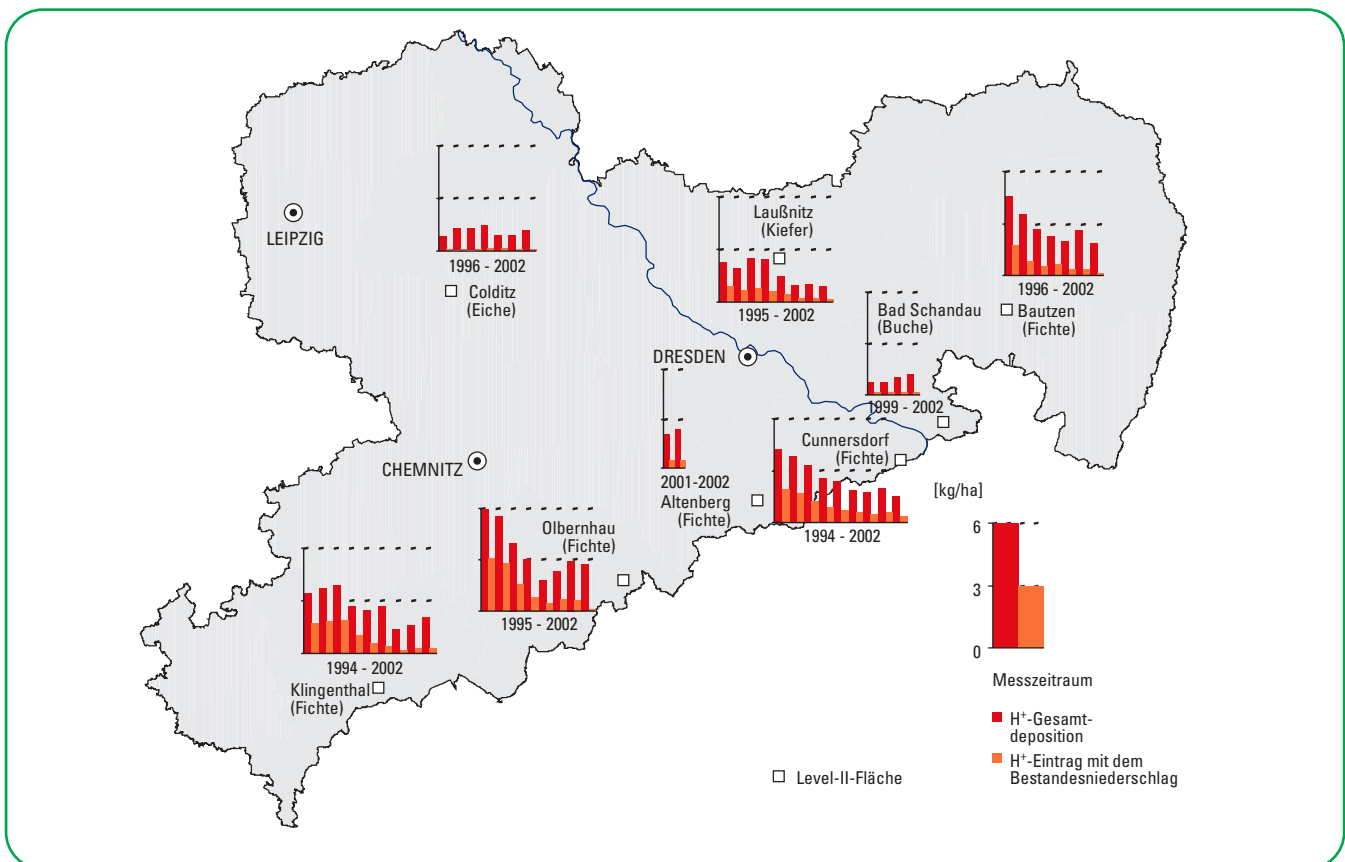


Abb. 8: Jährliche Säure(H⁺)-Gesamtdeposition und Säure(H⁺)-Einträge mit dem Bestandesniederschlag in den Level-II-Flächen



Kronenzustand und biotische Schäden

Allgemeine Schadsituation

Die Waldzustandserhebung wurde im Jahr 2003 auf dem 4x4-km-Raster durchgeführt und umfasst 284 Probepunkte bzw. 6 816 Probebäume. Mit der Stichprobe werden die aktuellen Bestockungsverhältnisse in Sachsen sehr gut repräsentiert (vgl. Tab. 3, Anhang).

Im Ergebnis der terrestrischen Kronenzustandsbewertung wurden in Sachsen – ohne Berücksichtigung regionaler und baumartenspezifischer Unterschiede –

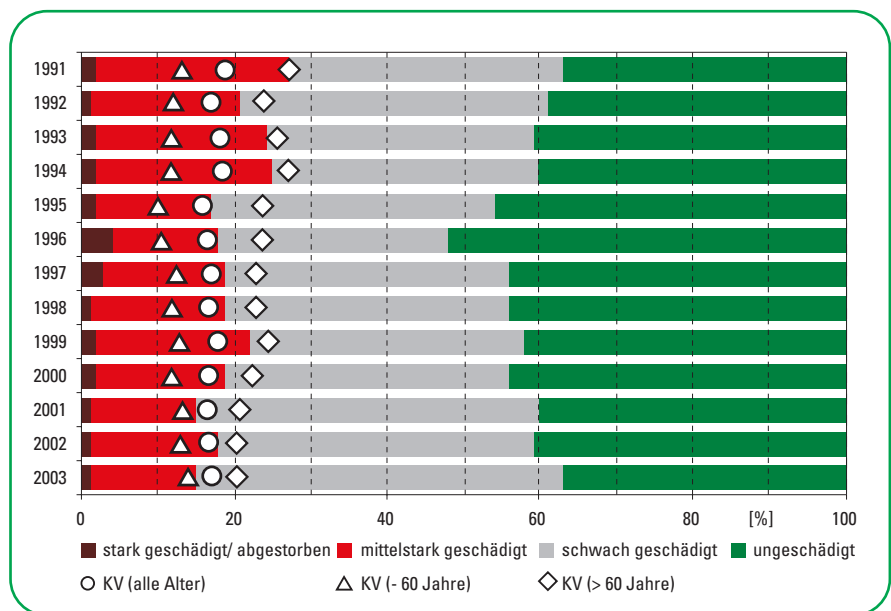
- 15 % der Waldfläche als deutlich geschädigt (Schadstufen 2–4),
- 48 % als schwach geschädigt (Schadstufe 1) und
- 37 % ohne erkennbare Schadmerkmale (Schadstufe 0) ausgewiesen (vgl. Abb. 10; Tab. 4, Anhang).

In der Gruppe der deutlichen Schäden weisen die Bäume auf 14 % der Waldfläche mittelstarke Schäden auf (Schadstufe 2), stark geschädigt bzw. abgestorben sind sie auf 1 % (Schadstufen 3 und 4).

Rückblickend kann für den gesamten 13-jährigen Beobachtungszeitraum eine Verbesserung des Kronenzustandes konstatiert werden, welche Mitte der 90er Jahre einsetzte. Der Anteil deutlicher Schäden, der 1991 noch 27 % betrug, sank 1995 auf 17 % und blieb – mit Ausnahme des Jahres 1999 – bis heute unter 20 %. Bei Bäumen, die älter als 60 Jahre sind, ist der Schadrückgang stärker ausgeprägt als bei jüngeren. Allerdings besitzen die älteren Bäume ein höheres Schadniveau.

Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Kronenzustand nur geringfügig verändert. Der Anteil deutlicher Schäden ging zwar gegenüber 2002 um 3 Prozentpunkte zurück, da sich die Waldfläche, die keine sichtbaren Schadsymptome zeigt, gleichzeitig verringert hat, ist die mittlere Kronenverlichtung insgesamt nahezu gleich geblieben. Bei den jüngeren, unter 60-jährigen Bäumen ist sie sogar leicht angestiegen.

Abb. 10: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) aller Baumarten von 1991 bis 2003



In diesem Jahr fielen landesweit ab August Schäden auf, die vorrangig auf die Trockenheit zurückzuführen sind und sich durch Verfärbungen, Nekrosen bzw. vorzeitigen Abfall von/ an Nadeln und Blättern bemerkbar machten. Da sich die Schäden zunächst auf einzelne Baumarten konzentrierten und die Erhebung in dieser Zeit weitgehend abgeschlossen war, kommen sie im Gesamtergebnis nicht zum Ausdruck.

Die Stichprobenbestände unterliegen sowohl einer forstlichen Bewirtschaftung als auch anderen Einflüssen. Aus diesem Grund ist es möglich, dass Stichprobenbäume aus dem Kollektiv ausscheiden. Streng systematisch wird dann ein Ersatzbaum ausgewählt.

In diesem Jahr mussten 51 Bäume (entspricht 1,6 %) vom Kollektiv der über 60-jährigen Stichprobenbäume ersetzt werden:

- 41 Bäume wurden bei forstlichen Eingriffen entnommen
- 1 Baum war durch Wind geworfen worden
- weitere 9 Bäume erfüllten nicht mehr die Anforderungen an einen Stichprobenbaum,

i. d. R. gehörten sie nicht mehr zur herrschenden Bestandesschicht; damit war die Krone von Nachbarschaftskonkurrenz überprägt und nicht mehr bonitierbar.

Der Ersatz von Stichprobenbäumen hat keinen nachweisbaren Einfluss auf das Ergebnis der Waldzustandserhebung für größere Auswerteeinheiten (Baumart, Wuchsgebiet).

Schäden an den Hauptbaumarten

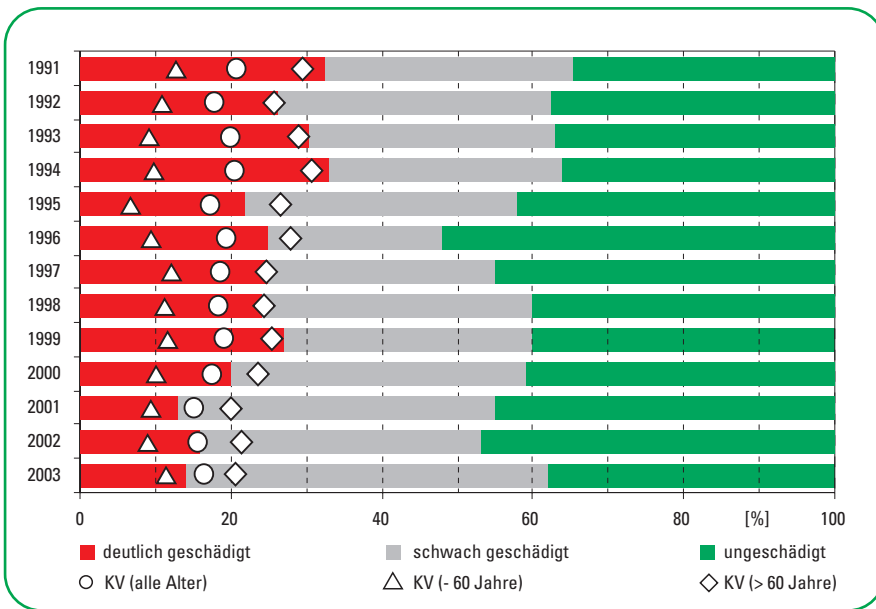
Fichte

Kronenzustand

Die Gemeine Fichte dominiert mit einem Anteil von 42,6 % in den sächsischen Wäldern. Besonders in den Mittelgebirgsregionen ist sie die prägende Baumart.

Die aktuelle Waldzustandserhebung weist für die Fichte einen Flächenanteil mit deutlichen Schäden von 14 % aus. Schwach geschädigte Fichten haben einen Flächenanteil

Abb. 11: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Fichte von 1991 bis 2003



von 48 %; Fichten ohne sichtbare Schäden von 38 %.

Die Zeitreihe (vgl. Abb. 11) veranschaulicht eine kontinuierliche Verbesserung des Gesundheitszustandes der Fichte: Ausgehend von einem hohen Schadniveau Anfang der 90er Jahre sind 1995 die Schäden bei der Fichte erstmals zurückgegangen. Im Zeitraum von 1996 bis 1998 blieb der Anteil deutlicher Schäden nahezu gleich; er schwankte zwischen 22 und 25 %. 1999 stieg er noch einmal kurzzeitig an und sank 2001 dann unter das Mittel aller Baumarten. Der Anteil deutlicher Schäden liegt in diesem Jahr im Schwankungsbereich der Vorjahre.

Die mittlere Kronenverlichtung verringerte sich von 20,8 % (1991) auf 16,5 % (2003). Auffällig ist diese Entwicklung insbesondere bei den älteren, über 60-jährigen Fichten. Bei den jüngeren Fichten hat die mittlere Kronenverlichtung im Vergleich zum Vorjahr wieder leicht zugenommen.

Nadelvergilbungen wurden 2003 an 2 % aller Fichten festgestellt. Da die Intensität der Vergilbung fast ausschließlich gering war, führte sie nur selten zur Eingruppierung in eine höhere Schadstufe (vgl. Tab. 5, Anhang). Häufigkeit und Intensität der Vergilbungsercheinungen sind damit ähnlich gering wie im Vorjahr.

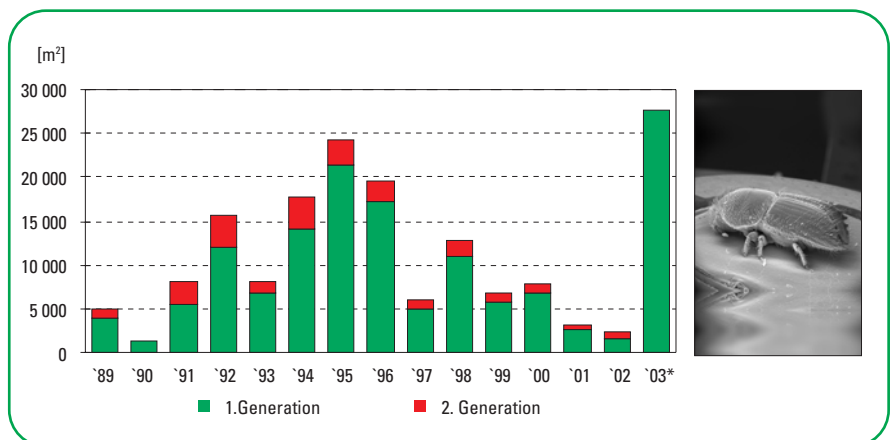
Ausschlaggebend für die insgesamt positiv zu bewertende Kronenzustandsentwicklung der

Fichte sind vor allem der gravierende Rückgang der „klassischen“ Luftschadstoffe, vor allem des SO₂, und die durchgeführten Kalungsmaßnahmen [12]. Inwieweit sich das z. T. ausgeprägte Wasserdefizit der diesjährigen Vegetationsperiode künftig negativ auf den Zustand der Fichten auswirkt, kann noch nicht beurteilt werden. Während der Aufnahmen wurden noch keine direkten, durch Wassermangel verursachten Schäden festgestellt.

Nach mehreren Jahren mit geringer **Fruktifikation** trugen in diesem Jahr deutlich mehr Fichten Zapfen. Über die Hälfte (58 %) der älteren, über 60-jährigen Fichten hatte Zapfenbehang (vgl. Tab. 5, Anhang).

Abb. 12: Durch Buchdrucker befallene Holzmenge von 1989 bis 2003

(*Angabe für 2003 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter 2003/04 sichtbar)



Biotische Schäden

Der extrem warme und trockene Sommer löste eine großräumige Massenvermehrung des **Buchdruckers** (*Ips typographus* L.), dem gefährlichsten biotischen Schadfaktor in alten Fichtenbeständen, aus. Neben idealen Entwicklungsbedingungen für den Käfer erhöhte der Trockenstress die Befallsgefährdung der Fichten bei gleichzeitiger Verringerung ihres natürlichen Abwehrvermögens in Form des Harzflusses. Das hohe Vermehrungspotenzial des Buchdruckers spiegelte sich neben der vollständigen Entwicklung von 2 Generationen, insbesondere durch eine sehr intensive Anlage so genannter Geschwisterbruten (die Altkäfer legen eine 2. Brut an), wider. Die bis Ende August registrierte Menge befallener Bäume entspricht bereits dem Maximum der letzten 14 Jahre (vgl. Abb. 12). Es ist von einer weiteren Zunahme bis zum Frühjahr 2004 auszugehen.

Der Befall konzentriert sich gegenwärtig auf Fichtenbestände in den Unteren Berglagen und das Hügelland mit feuchtem und mäßig feuchtem bzw. trockenem Klima. Die natürlichen Waldgesellschaften in diesem Gebiet sind durch Laubbaumarten dominiert. Damit weist der aktuelle Buchdruckerbefall auch auf natürliche Grenzen des Fichtenanbaus hin und kann als ein Anzeichen dafür gewertet werden, welche Risiken in Verbindung mit den prognostizierten Klimaänderungen zu erwarten sind. Teilweise führt der Befall zur Auflösung von Reinbeständen. Folgeschäden durch Sturm und eine Fortsetzung des Buchdruckerbefalls sind für 2004 zu erwarten. Das langfristige Ziel der forstlichen

Abb. 13a, b: Stehendbefall durch Buchdrucker und typische Befallsmerkmale (abgefallene fahlgrüne Nadeln und Bohrmehl)



Bewirtschaftung in diesem Bereich bleibt daher nach wie vor die Schaffung von stabilen Mischbeständen.

Im Winter 2002/03 kam es mit 138 000 m³ Wurf- und Bruchholz speziell im Erzgebirge zu einem überdurchschnittlichen Anfall bruttauglichen Materials. Entsprechend der bewährten integrierten Bekämpfungsstrategie wurden davon bis zum Beginn des Schwarmfluges der Käfer 85 % beräumt. Ohne diese prophylaktische Maßnahme und den geringen Ausgangsbestand an überwinterten Käfern aus dem Vorjahr wäre die derzeitige Situation wahrscheinlich noch angespannter. Neben der typischen zufälligen Verteilung sind auch nicht beräumte Einzelbrüche, Resthölzer vorangegangener Pflege-

und Durchforstungseingriffe sowie kleinstandörtliche Unterschiede in der Wasserversorgung Ursachen für die Befallsherde. Mit dem Erkennen des überdurchschnittlichen Stehendbefalls setzte sofort die Sanierung und Beräumung der befallenen Bäume ein. Dieser, ebenfalls zur integrierten Bekämpfungsstrategie gehörende Aspekt, ist bei konsequenter Anwendung in den Wäldern aller Eigentumsarten ein wesentlicher Schritt zur Befallsreduktion im Folgejahr. Mit dem Buchdrucker stieg gleichzeitig auch der Stehendbefall durch den **Kupferstecher** (*Pityogenes chalcographus* L.) an.

Nachdem in den vergangenen 4 Jahren nur auf sehr kleiner Fläche Fraßschäden durch die Larven der **Fichten-Gespinstblattwespe** (*Cephalcia abietis* L.) auftraten, wurde in diesem Sommer auf ca. 300 ha ein Befall festgestellt. Dieser konzentrierte sich im Westlichen Oberen Erzgebirge, dem Zentrum des bekannten Verbreitungsgebietes der Art. Möglicherweise setzt damit eine Trendumkehr in der bisher rückläufigen Entwicklung ein.

Die ansteigenden Populationsdichten der **Nonne** (*Lymantria monacha* L.), einer polyphagen Schmetterlingsart, spiegeln sich aufgrund der geringen fraßbedingten Nadelverluste in Fichtenbeständen nicht im Benaudelungszustand wider. Die routinemäßige Überwachung weist gebietsweise überdurchschnittliche Falterdichten aus.

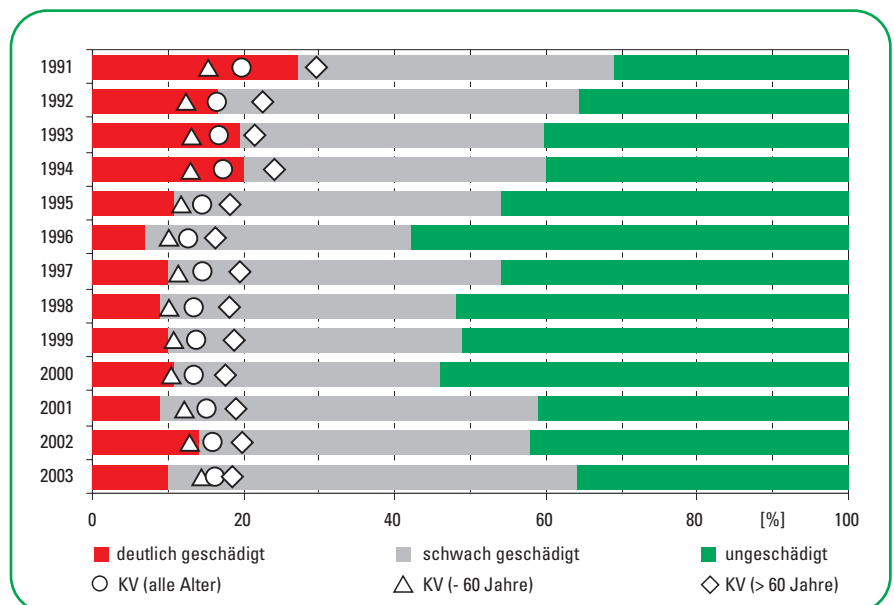
Kiefer

Kronenzustand

Die Gemeine Kiefer ist mit 30,1 % Anteil an der Waldfläche die zweithäufigste Baumart in Sachsen. Sie prägt das Waldbild vor allem in den Wäldern des Tief- und Hügellandes. Seit Mitte der 90er Jahre sind die Kiefern im Vergleich zu anderen Baumarten durch ein niedriges Schadniveau gekennzeichnet. 2003 zeigten sie auf 10 % der Fläche deutliche Schäden, auf 54 % schwache Schäden und auf 36 % waren sie gesund (vgl. Abb. 14). Als wesentliche Veränderungen gegenüber 2002 sind hervorzuheben: eine Abnahme der deutlichen Schäden um 4 Prozentpunkte und eine Zunahme der schwachen Schäden um 10 Prozentpunkte. Gleichzeitig abgenommen haben die ungeschädigten Kiefernflächen.

Trotz dieser leichten Verschlechterung, die sowohl bei den jüngeren als auch bei den älteren Kiefern zu verzeichnen ist, bleibt die Kiefer die Hauptbaumart mit den vergleichsweise geringsten Schäden in Sachsen. Betrachtet man die durchschnittliche Kronenverlichtung der vergangenen 13 Jahre, ist zunächst Anfang der 90er Jahre ein deutlicher Schadrückgang erkennbar. Die mittlere Kronenverlichtung sank von 20,1 % (1991) auf 12,8 % (1996). Nach Erreichen dieses Minimums stieg sie aber allmählich wieder auf 16,3 % (2003).

Abb. 14: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Kiefer von 1991 bis 2003



Bei den älteren und jüngeren Kiefern sind unterschiedliche Trends festzustellen: In den älteren, über 60-jährigen Beständen ist das Schadniveau seit Mitte der 90er Jahre nahezu gleich hoch, bei den jüngeren zeichnet sich eine leichte Verschlechterung ab. Inwieweit dieser Anstieg auf kurzfristige Belastungen, wie etwa Insektenfraß, oder auf längerfristig ernstzunehmende Beeinträchtigung der Kiefernökosysteme (beispielsweise durch erhöhte N-Einträge) zurückzuführen sind, kann derzeit noch nicht eindeutig geklärt werden.

Nadelvergilbungen stehen bei der Kiefer oft im Zusammenhang mit Trockenperioden und induzieren einen vorzeitigen Verlust älterer Nadeln. Das landesweit fast während der gesamten Vegetationsperiode ausgeprägte Niederschlagsdefizit hatte sich allerdings bis zum Zeitpunkt der Außenaufnahmen noch nicht auf das Erscheinungsbild der Kiefern ausgewirkt: 1 % der Kiefern waren vergilbt. Von einer erhöhten direkten, aber auch indirekten Destabilisierung der Kiefernbestände – zum Beispiel durch günstige Entwicklungsbedingungen für Schadinsekten – kann jedoch ausgegangen werden.

2003 **fruktifizierte** wieder ein Großteil der älteren Kiefern. An 72 % wurde geringer, an 17 % mittlerer bis starker Zapfenbehang registriert (vgl. Tab. 5, Anhang).

Biotische Schäden

Die **Nonne** (*Lymantria monacha* L.) befindet sich gegenwärtig in einer großräumigen Massenvermehrung. Der bereits seit 1998/99 zu beobachtende Anstieg der Populationsdichten vollzieht sich vor allem im kieferndominierten nordöstlichen Landesteil Sachsens. Aber auch in anderen traditionell bekannten Befallsgebieten, die vorrangig mit Fichten bestockt sind, zeichnet sich eine Zunahme der Dichten ab (vgl. Abb. 16).

Basierend auf vorjährigen Überwachungs- und zusätzlichen Kontrollmaßnahmen erfolgte im Mai/Juni auf ca. 2 100 ha in 4 Forstämtern eine aviochemische Bekämpfung. Ein Großteil der gefährdeten Bestände war Teil von FFH-Gebieten. Da einerseits die zu erwartenden Fraßschäden einige Schutzziele infrage stellten und andererseits der Einfluss eines Pflanzenschutzmittels auf andere, höher bewertete Schutzziele als

Abb. 15: Stark durch Nonnenraupen befallener Kiefernbestand



unerheblich eingeschätzt wurde, erfolgten aviochemische Gegenmaßnahmen. Zum Einsatz kam ein häutungshemmendes Präparat. Damit konnten Fraßschäden verhindert wer-

den. Bedingt durch die warm-trockene Witterung ab Ende April ist davon auszugehen, dass die Larvalentwicklung der Nonne landesweit unter nahezu optimalen Bedingungen erfolgte und zu einem weiteren Anstieg der Populationsdichten führte. Dies zeigte sich bereits durch Fraßschäden auf insgesamt ca. 1 700 ha Fläche unbehandelter Kiefern (vgl. Abb. 15). Die Flächen grenzen zum einen an die bereits bekannten Befallsareale, zum anderen handelt es sich um 2003 neu aufgetretene Befallsgebiete. Entsprechend den gebietstypischen Eigentumsverhältnissen ist neben Bundeswald vor allem Privatwald von der Massenvermehrung betroffen. Es ist wahrscheinlich, dass 2004 erneut Gegenmaßnahmen erforderlich sein werden. Die Befallsfläche wird vermutlich größer sein als die in diesem Jahr behandelte. Da neben Wäldern mit spezifischen Schutzfunktionen auch Wälder in Schutzgebieten gefährdet sind und bereits erhebliche Fraßschäden vorliegen, sind arealweise differenzierte Entscheidungen hinsichtlich der Bekämpfungsnotwendigkeit und der einzu-

Abb. 16: Pheromonfallenfänge der Nonne in ausgewählten Forstämtern für die Jahre 1992 bis 2003

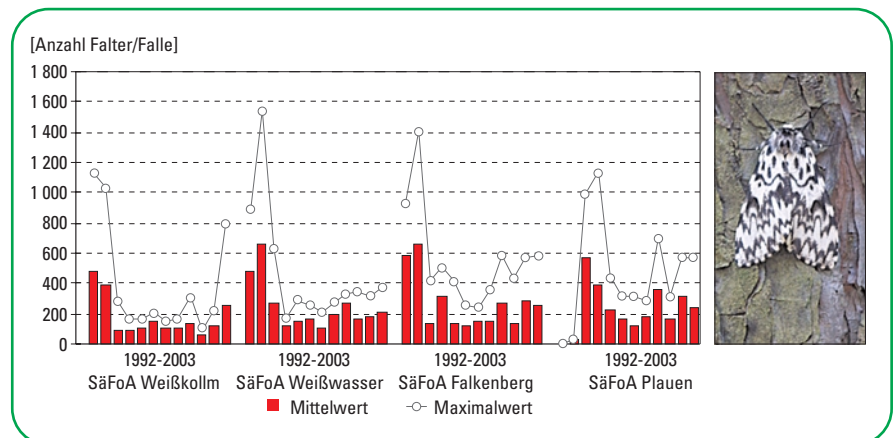
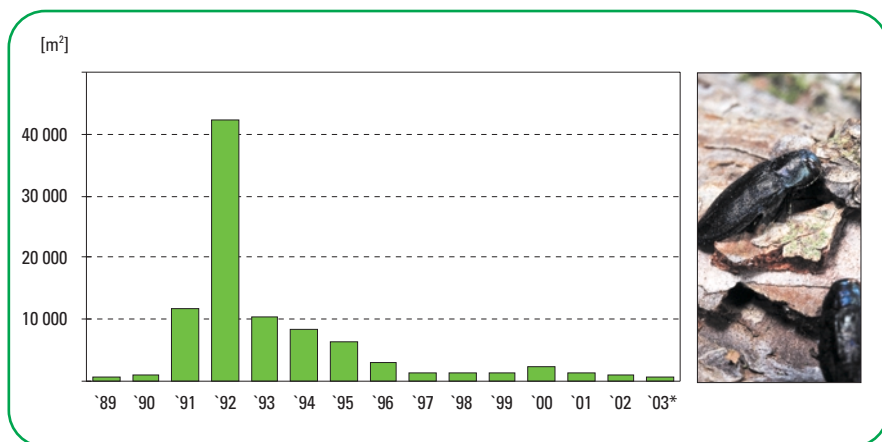


Abb. 17a, b: Nonnenraupen im 1. (links, Eiraupe bei Fraß an Pollen) und 5. Larvenstadium (rechts) an Kiefer



Abb. 18: Durch Prachtkäfer befallene Holzmenge von 1989 bis 2003 (*Angabe für 2003 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter sichtbar)



setzenden insektiziden Präparate erforderlich. Die notwendigen Überwachungsmaßnahmen und Prognosen sind noch nicht abgeschlossen.

Die Populationsdichten der **Forleule** (*Panolis flammea* Schiff.), deren Massenvermehrung der aktuellen Nonnengradation zum Teil in den gleichen Gebieten vorangegangen war, haben wieder Latenzniveau erreicht. Kleinräumig kommt es durch ein deutlich erhöhtes Auftreten des **Kiefernspinners** (*Dendrolimus pini* L.) zu Fraßschäden. Dies gilt noch nicht für die ebenfalls an Kiefer fressende Schmetterlingsart **Kiefernspanner** (*Bupalus piniarius* L.), deren Populationsdichten bereits Ende vergangenen Jahres anstiegen.

Der Befall von Kiefern mit Larven des **Blauen Kiefernprachtkäfers** (*Phaenops cyanea* L.) stagniert weiterhin auf einem niedrigen Niveau (vgl. Abb. 18). Obwohl die extrem warme und trockene Witterung auch dieser Art optimale Entwicklungsbedingungen bot, ist aufgrund der geringen Ausgangsdichte des im Vergleich zum Buchdrucker geringeren Vermehrungspotenzials und der lang andauernden Larvalentwicklung im kommenden Winter/Frühjahr noch nicht mit einer Trendumkehr zu rechnen. Im Gegensatz dazu muss jedoch von einer Zunahme des Stehendbefalls durch stamm- und rindenbrütende Borkenkäfer, wie beispielsweise den Zwölfzähigen (*Ips sexdentatus* Boern.) und den Sechszähigen Kiefernborke-**käfer** (*Ips acuminatus* Gyll.), ausgegangen werden.

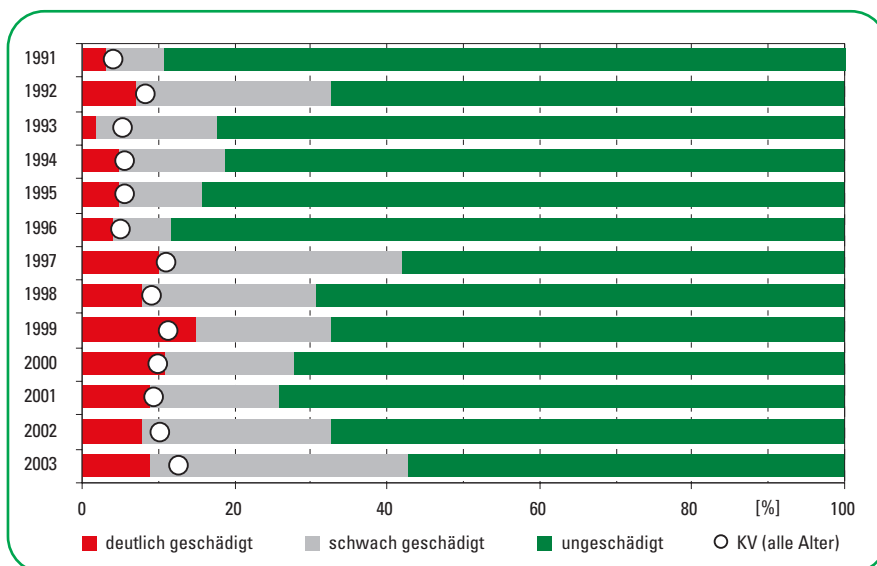
Sonstige Nadelbäume

Kronenzustand

Sonstige Nadelbäume besitzen in Sachsen einen Anteil an der Waldfläche von 5,6 %. Die zu dieser Baumartengruppe zählenden Baumarten sind hier meist nicht autochthon und wurden erst im Zuge spezieller waldbaulicher Konzeptionen, wie z. B. der Aufforstung des Erzgebirgskammes nach dem flächigen Absterben der Fichte, angepflanzt. Die Europäische Lärche ist mit etwa 50 % in dieser Baumartengruppe vertreten. Über die Hälfte der begutachteten sonstigen Nadelbäume ist jünger als 20 Jahre.

Das Schadniveau der sonstigen Nadelbäume ist vergleichsweise niedrig, zumal junge Bäume i. d. R. noch weniger Schäden zeigen.

Abb. 19: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der sonstigen Nadelbäume von 1991 bis 2003



Dennoch lässt die Schadstufenentwicklung, aber auch der Verlauf der mittleren Kronenverlichtung ab 1997 eine leichte Schadzunahme erkennen. Von 1996 zu 1997 erhöhte sich der Flächenanteil deutlicher Schäden von 4 auf 10 %, der Flächenanteil schwacher Schäden von 8 auf 32 % (vgl. Abb. 19). Seitdem schwankt vorwiegend der Anteil deutlicher Schäden in dieser Größenordnung, 2003 erreicht er 9 %.

Die mittlere Kronenverlichtung hat sich 2003 das zweite Mal in Folge erhöht. Sie erreichte mit 12,7 % den bisher höchsten Wert.

Der Anteil **vergilbter** Bäume von 8 % ist vergleichsweise hoch.

Biotische Schäden

In den Lärchenbeständen des Hügellandes sowie der Unteren Berglagen führte die diesjährige Witterung zu einer wesentlichen Zunahme des Stehendbefalls durch den **Lärchenborkenkäfer** (*Ips cembrae* Heer, vgl. Abb. 20).

Die bereits im Frühjahr sichtbar werdenden typischen Schäden durch die **Lärchenminiermotte** (*Coleophora laricella* Hb.) konzentrierten sich im südöstlichen Landesteil (Oberes Elbtal, Lausitzer Bergland).

Im Sommer kam es in verschiedenen Landesteilen zu einer schrittweisen Verlichtung der Kronen in Lärchenbeständen. Ursachen dieser Kronenverlichtungen waren häufig Saugschäden an Nadeln durch die **Nadelholzspinnmilbe** (*Oligonychus ununguis*

Jacobi), die regional von Schäden durch den **Lärchenblasenfuß** (*Taeniothrips laricivorus* Krat.u. Farsky) und **Fichtengallenläuse** (Familie *Adelgidae*) begleitet wurden.

An Douglasie verursachte kleinflächig der Befall durch die **Rostige Douglasienschütte** (*Rhabdocline pseudotsugae* Syd.) erhebliche Nadelverluste.

Der seit Jahren zu beobachtende Befall der Weymouthskiefern mit dem **Weymouthskiefern-Blasenrost** (*Cronatium ribicola* J.C. Fischer) setzte sich 2003 fort und wurde häufig von einer Besiedlung der Wundstellen mit dem **Harzünsler** (*Dioryctria splendidella* H.-S.) begleitet.

Durch Trockenheit verursachte Schäden traten insbesondere an Waldverjüngungen auf, die in diesem Frühjahr künstlich angelegt wurden.

Abb. 21: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Eiche von 1991 bis 2003

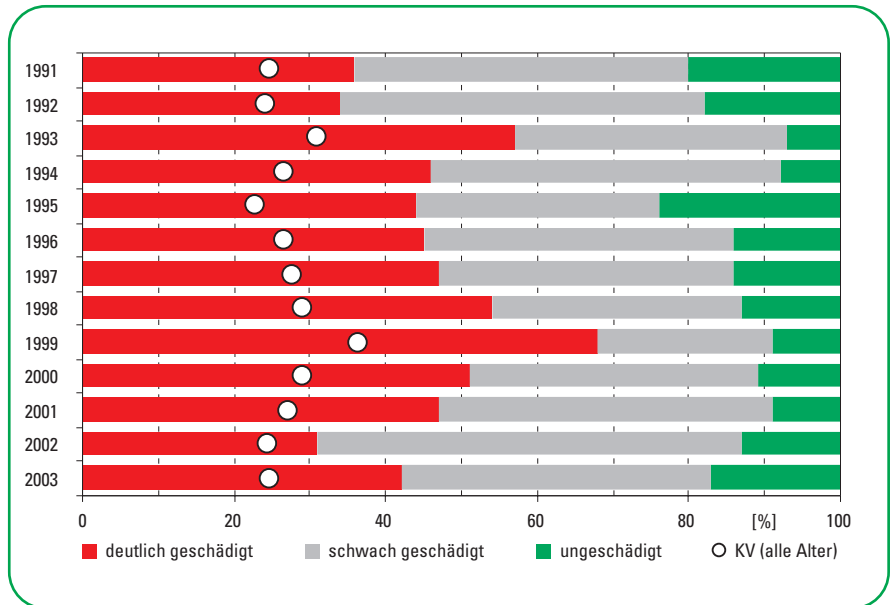


Abb. 20: Lärchenborkenkäfer-Befall



Eiche

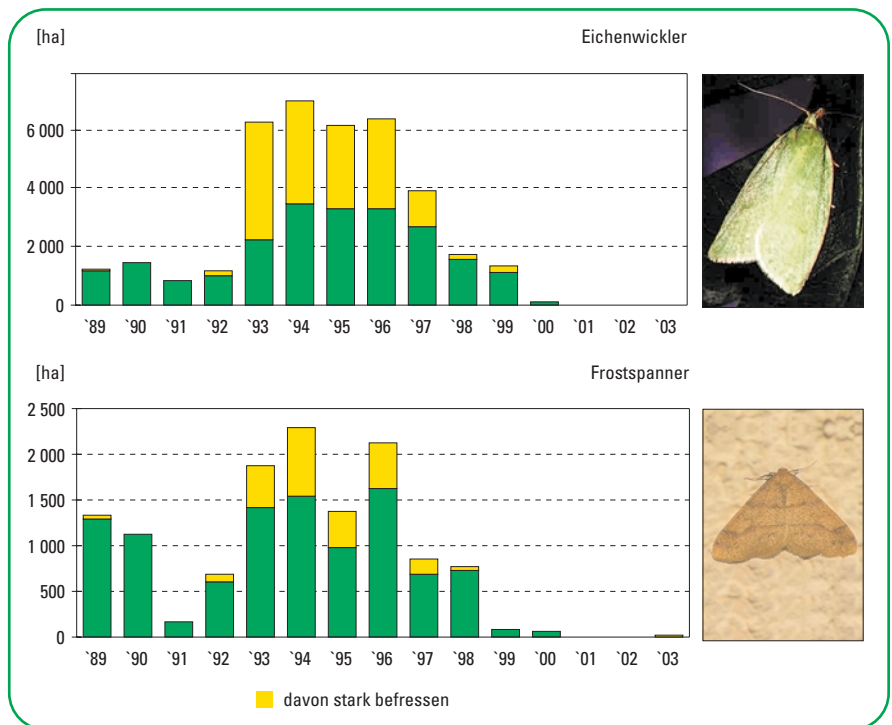
Kronenzustand

Stiel- und Trauben-Eiche nehmen in den sächsischen Wäldern einen Flächenanteil von 5,1 % ein, eine Erhöhung dieses Anteils wird angestrebt.

Seit Beginn der Beobachtungen sind beide Baumarten am stärksten geschädigt. Sie liegen mit 42 % deutlichen Schäden auch in diesem Jahr erheblich über dem Befund der anderen Baumarten/Baumartengruppen. Auf nur 17 % der Fläche sind die Eichen gesund (vgl. Abb. 21).

Ausgehend von einem Anteil deutlicher Schäden von 36 % zu Beginn der Erhebung,

Abb. 22 a, b: Befallsflächen durch Eichenwickler (oben) und Frostspanner (unten) von 1989 bis 2003



erreichten sie 1999 mit 68 % ein Maximum. Während der 3 darauf folgenden Jahre entwickelte sich der Kronenzustand der Eichen positiv und verschlechterte sich jedoch 2003 wieder etwas. Die Schäden bewegen sich auf dem Niveau von Anfang der 90er Jahre.

Aus dem Komplex der Schadfaktoren, die im Zusammenhang mit dem schlechten

Gesundheitszustand der Eichen diskutiert werden, erscheinen zwei ausschlaggebend für die positive Entwicklung bis 2002: Zum einen war der Befall durch Insekten, insbesondere blattfressende Schmetterlingsraupen (vgl. Abb. 22), seit 1999 gering. Zum anderen waren die Witterungsbedingungen während der vorangegangenen Vegetationsperioden überwiegend günstig.

Abb. 23: Raupe der Gattung *Agriopsis* (*Geometridae*)



Abb. 24: Überwinternde Napfschildläuse (*Parthenolecanium spec.*) an Eichenzweigen



Dagegen war 2003 die Wasserversorgung unterdurchschnittlich bis angespannt. Häufig reagieren die Eichen darauf mit vorzeitiger Laubverfärbung bzw. dem Abwurf von Zweigen (Astabsprünge). Dies führt letztlich zu einer geringeren Belaubung.

Die Witterungsbedingungen machten es auch möglich, dass eine hohe Anzahl der älteren Eichen in diesem Jahr **Früchte** ausbilden konnte. Bei fast $\frac{3}{4}$ der älteren Eichen wurde Fruchtanhang festgestellt. Das ist der höchste Anteil im gesamten Beobachtungszeitraum.

Biotische Schäden

Wie bereits in den Vorjahren kam es in Eichenbeständen auch in diesem Frühjahr nur unbedeutend zu Fraß durch **Eichenwickler** (*Tortrix viridana* L.) und **Frostspanner** (*Operophtera spec.*, vgl. Abb. 22). Da Schäden erst ab einem fraßbedingtem Laubverlust von 30 % erfasst werden, wurden für beide Arten bzw. -gruppen fast keine Schädflächen registriert. Damit hat dieser biotische Faktor, der in der Mitte der 90er Jahre den Belaubungszustand der Eichen wesentlich beeinflusste, gegenwärtig kaum noch eine Bedeutung. Kleinräumig könnte ein geringfügiger Anstieg der Populationsdichten Indiz für eine Trendumkehr sein.

Bei Laboruntersuchungen an Probezweigen aus Eichenkronen im Februar war die Dichte von Eichenwickler- und Frostspanneraupen sehr gering, dafür wurden andere Raupen, z. B. der Gattung *Agriopsis* relativ häufig angetroffen (vgl. Abb. 23).

Weiterhin konnten auf Eichenzweigen häufig **Napfschildläuse** der Gattung *Parthenolecanium* gefunden werden (vgl. Abb. 24). Besonders auffällig waren im Jahr 2003 verschiedene Blattgallen (Linsengallen, Napfgallen, Kartoffelgallen), hervorgerufen durch **Gallwespenarten** (*Cynipidae*).

Alle genannten Tiergruppen können zu Blattverfärbungen, -verlust und dem Absterben von Knospen bzw. Trieben an Eichen beitragen.

Abb. 25: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Buche von 1991 bis 2003

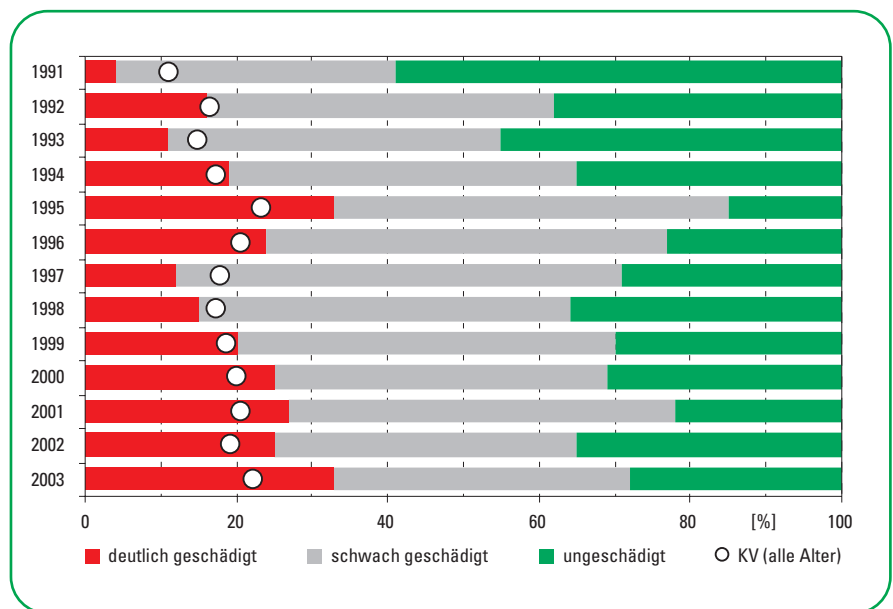
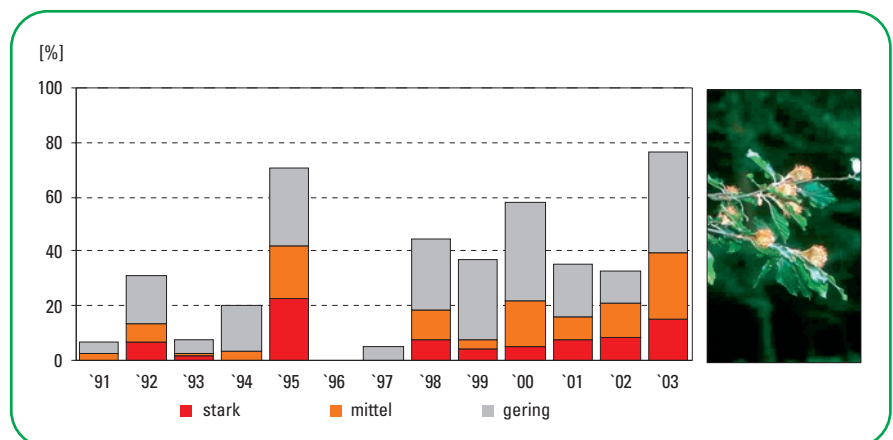


Abb. 26: Fruktifikation der älteren (über 60-jährigen) Buchen von 1991 bis 2003



Buche

Kronenzustand

Mit 3,1 % nimmt die Rot-Buche derzeit noch einen vergleichsweise geringen Anteil an der sächsischen Waldfläche ein und wird dadurch auch seltener von der Waldzustandserhebung erfasst. Die Aussagen zum absoluten Schadniveau dieser Baumart können daher statistisch nicht abgesichert werden. Da jedoch jedes Jahr ein nahezu identisches Kollektiv von Buchen erfasst wird, können Trends aufgezeigt werden.

Im zurückliegenden 13-jährigen Beobachtungszeitraum hat sich der Kronenzustand der Buche tendenziell verschlechtert. Nur Ende der 90er Jahre kam es zu einer kurz-

zeitigen Erholung. Die deutlichen Schäden stiegen von 4 % (1991) auf 33 % (2003) an, die durchschnittliche Kronenverlichtung von 11,0 % auf 22,3 %. Im Vergleich zum Vorjahr erhöhte sich der Flächenanteil deutlicher Schäden markant um 8 Prozentpunkte. Gleichzeitig sank der Flächenanteil gesunder Buchen (vgl. Abb. 25). Ergänzend zur Stichprobeninventur durchgeführte Einzelbeobachtungen bestätigen: Altbuchen besitzen – regional unterschiedlich ausgeprägt – einen äußerst schlechten Kronenzustand. Bereits im August bildeten sich auf einigen Standorten Trockenschäden aus.

Wie schon in den fünf vorangegangenen Jahren trugen die Buchen wieder reichlich **Früchte**. In diesem Jahr fruktifizierten ältere Buchen noch häufiger (76 %) und intensiver (vgl. Abb. 26 und 27). Für die Buche ist bekannt, dass mit verstärkter Fruktifikation auch ein erhöhter Verbrauch von Reservestoffen und damit eine höhere physiologische Belastung verbunden ist. Wie nachhaltig diese den Zustand der Buchen beeinträchtigt, hängt maßgeblich vom Auftreten weiterer belastender Faktoren (z. B. Trockenstress) im Komplex neuartiger Waldschäden ab.

Abb. 27: Buche mit starkem Fruchtanhang



Biotische Schäden

An den Rot-Buchen trat lokal ein intensiver Befall mit **Gallmücken** (*Hartigiola annulipes*) auf. Neben der Bildung von Gallen konnten auch Blattverfärbungen durch saugende Insekten und Milben beobachtet werden. Diese Verfärbungen konzentrierten sich im Unterschied zu möglichen Ozonschäden an den Blattnerven.

Sonstige Laubbäume

Kronenzustand

Die sonstigen Laubbäume (Gemeine Birke, Ahornarten, Gemeine Esche, etc.) haben einen Anteil an der Waldfläche von 13,5 %. Der Schädigungsgrad dieser Baumartengruppe hat sich in den letzten Jahren kontinuierlich erhöht. 2002 erreichte der Flächenanteil deutlicher Schäden mit 27 % den höchsten Wert, während in diesem Jahr ein Rückgang der Schäden bei einzelnen Baumarten zu verzeichnen ist. Der Flächenanteil deutlicher Schäden beträgt nunmehr 21 % (vgl. Abb. 28).

Bei den sonstigen Laubbäumen ist die Birke mit einem Anteil von über 50 % die häufigste Baumart. Damit wird der Schadverlauf in dieser Baumartengruppe wesentlich durch die Birke bestimmt. Insbesondere in den Jahren 1996, 1997 und 2001 nahm die Kronenverlichtung bei der Birke markant zu.

Heute liegt die mittlere Kronenverlichtung der Birke bei 19,2 %. Auffällig waren ab Mitte August hauptsächlich bei der Birke erste Verfärbungen durch Trockenheit. Besonders deutlich zeigten sich diese Erscheinungen an Waldrändern.

Biotische Schäden

Auch in diesem Jahr wiesen verschiedene Laubbaumarten, z. B. Birken, Buchen, Erlen, Kastanien, Ahorn u. a., Schäden in der Krone auf. Sichtbar wurden diese vor allem durch Blattverfärbungen und Nekrosen. Die Ursachen für diese teils sehr unspezifischen Symptome sind verschiedenartig und noch nicht vollständig geklärt. Bei einigen Tiergruppen (z. B. Milben und Läuse) förderte offensichtlich schon die Witterung des Vorjahres einen Anstieg ihrer Populationsdichten, das günstige Wärmeangebot in diesem Jahr ermöglichte eine Fortsetzung dieses Trends.

Im Mittleren Erzgebirge verursachten Raupen des **Buchen-Frostspanners** (*Operophtera fagata*) und des Kleinen **Frostspanners** (*O. brumata*) erhebliche Fraßschäden an Eberesche bis hin zum Kahlfraß und geringen Fraß an Rot-Buche (vgl. Abb. 29).

Die in den Vorjahren bereits unter starkem Blattverlust durch die **Rosskastanienminiermotte** (*Cameraria ohridella* DESCHKA&DIMIC) leidende Rosskastanie trieb in diesem Früh-

Abb. 28: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der sonstigen Laubbäume von 1991 bis 2003

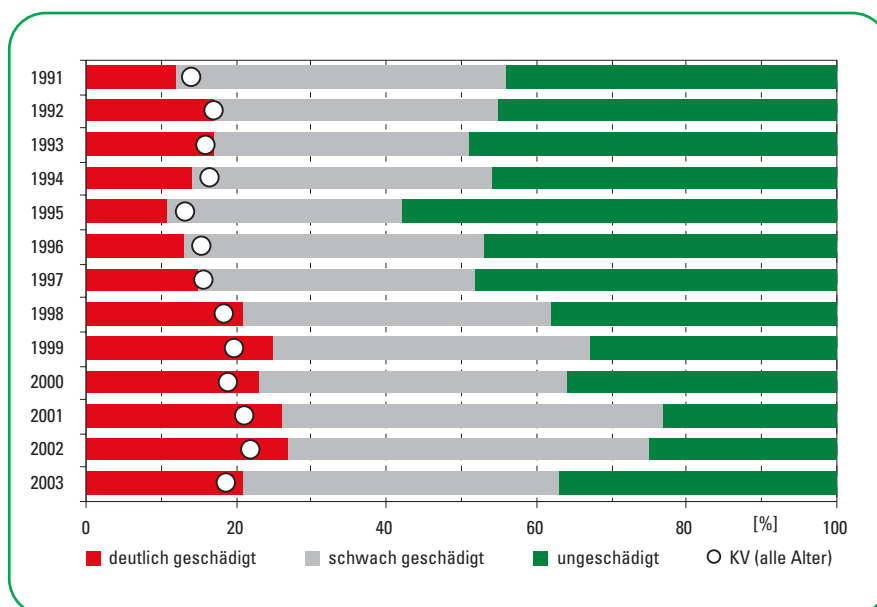


Abb. 29: Fraßschäden an Eberesche durch Frostspannerarten

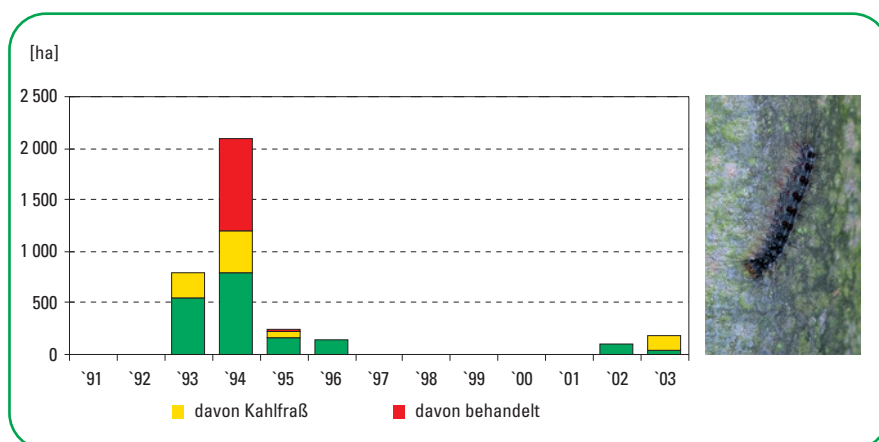


jahr allgemein ohne Zweigschäden aus. Mitte August konnte auch 2003 das Auftreten einer dritten Generation registriert werden. Tendenziell waren die Schäden jedoch geringer als im Vorjahr.

Auffällig war der Blattverlust ab Juni bei Linden. An Alleen und Waldrändern litten diese unter dem Fraß der **Blattwespe** *Caliroa annulipes* [Klug]. Sie kann unter mitteleuropäischen Verhältnissen zwei Generationen im Jahr bilden. Ihre Entwicklung ist an vielen Laubbäumen möglich und führt zu Vitalitätsverlusten.

In den seit 1993 bekannten Befallsgebieten des **Schwammspinners** (*Lymantria dispar* L.) hat sich der Befall in den letzten zwei Jahren deutlich erhöht. Auf einigen Flächen (hauptsächlich Rot-Eiche) ist der für 2003 prognostizierte Kahlfraß eingetreten (vgl. Abb. 30). Möglicherweise deutet sich mit der Entwicklung des Schwammspinners, aber auch der anderen genannten Insektenarten, der Beginn eines Trends an, wonach sich infolge der allgemeinen Erwärmung wärmeliebende phytophage Arten künftig in höheren Dichten etablieren werden.

Abb. 30: Befallsflächen durch Schwammspinner von 1991 bis 2003



Absterbeerscheinungen an Pappeln durch den Befall mit dem **Rindenbrand** (*Cryptodiaporthe populea* [Sacc.] Butin) setzten sich landesweit fort.

Infolge der anhaltenden **Trockenheit** traten an Waldverjüngungen, insbesondere an den in diesem Frühjahr künstlich angelegten, Schäden auf. Fraßschäden durch Mäuse, besonders **Erd- und Feldmaus** (*Microtus agrestis* L. u. *M. arvalis* Pal.) sowie **Schermäuse** (*Arvicola terrestris* L.) spielten dagegen eine untergeordnete Rolle.

Regionale Ausprägung der Schäden

Wuchsgebiete

Aussagen zum Schadausmaß in den Wuchsgebieten können für die Jahre getroffen werden, in denen die Waldzustandserhebung im 4x4-km-Raster erfolgte (1991, 1992, 1994, 1997–2003). Um auch kleine Wuchsgebiete bzw. Wuchsgebiete mit geringem Waldanteil in die Auswertung einbeziehen zu können, wurden sie, so weit es sinnvoll erschien, in Gruppen zusammengefasst. Bei Wuchsgebieten, die über die Landesfläche Sachsens hinausgehen, beziehen sich die Angaben ausschließlich auf den sächsischen Teil. Für die Wuchsgebiete Sachsen-Anhaltinische-Löss-Ebenen (WG 23), Leipziger-Sandlöss-Ebene (WG 24) und Erzgebirgsvorland (WG 26) ist der Stichprobenumfang für eine Auswertung allerdings zu gering.

Die in den vergangenen Jahren wiederholt festgestellte starke regionale Differenzierung der Schäden war 2003 geringer ausge-

prägt. Der Flächenanteil deutlicher Schäden variiert von 6 % im Wuchsgebiet Vogtland (WG 44) bis 20 % im Wuchsgebiet Erzgebirge (WG 45).

Die Ergebnisse der Wuchsgebietsauswertung 2003 sind in Abb. 31 sowie Tab. 7 (Anhang) veranschaulicht. Die in Abb. 31 integrierten Grafiken zeigen die Entwicklungstrends der Schäden in den Wuchsgebieten. Zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse für die Wuchsgebiete von der dort jeweils vorherrschenden Baumarten- und Altersklassenverteilung bestimmt werden (vgl. Tab. 6, Anhang). Einen Eindruck von der räumlichen Verteilung der Baumarten sowie deren Kronenzustand vermittelt zusätzlich die Abb. 32.

Im **Erzgebirge** (WG 45), dem walddreieckigsten Wuchsgebiet Sachsens, hat sich der Zustand des Waldes in den letzten Jahren spürbar verbessert. Der Anteil der Waldfläche mit deutlichen Schäden hat sich dort von einem hohen Ausgangsniveau (36 %, 1991) auf 20 % (2003) verringert und damit dem Landesdurchschnitt angenähert. Auch wenn gegenüber dem Vorjahr die Schäden etwas zugenommen haben, kann nicht von einer Trendwende gesprochen werden. Waldbestände mit höherem Schädigungsgrad konzentrieren sich schwerpunktmäßig im mittleren und östlichen Erzgebirge, beschränken sich aber nicht mehr – wie in der Vergangenheit – auf das Gebiet der „klassischen Rauchschäden“.

Aufgrund des hohen Schadniveaus ist das Wuchsgebiet **Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland** (WG 25) in den letzten Jahren zunehmend in den Blickpunkt gerückt. 1999 hatten die deutlichen Schäden dort ein Maximum von 39 % erreicht, in diesem Jahr sind sie auf 16 % zurückgegangen und liegen damit geringfügig über dem Landesmittel. Die Verbesserung des Zustandes der sonstigen Laubbäume, die in diesem Wuchsgebiet mit 40 % Anteil an der Waldfläche vergleichsweise häufig vertreten sind, hat wesentlich zu diesem Ergebnis beigetragen.

In den Wuchsgebieten **Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge** (WG 46, 47, 48) zeigen die Bäume auf 14 % der Fläche eine deutliche Kronenverlichtung. Im Vergleich zum Vorjahr bedeutet dies eine Abnahme der deutlichen

Abb. 31: Anteil deutlicher Schäden 2003 und Veränderung der mittleren Kronverlichtung von 1991 bis 2003 in den Wuchsgebieten (WG)

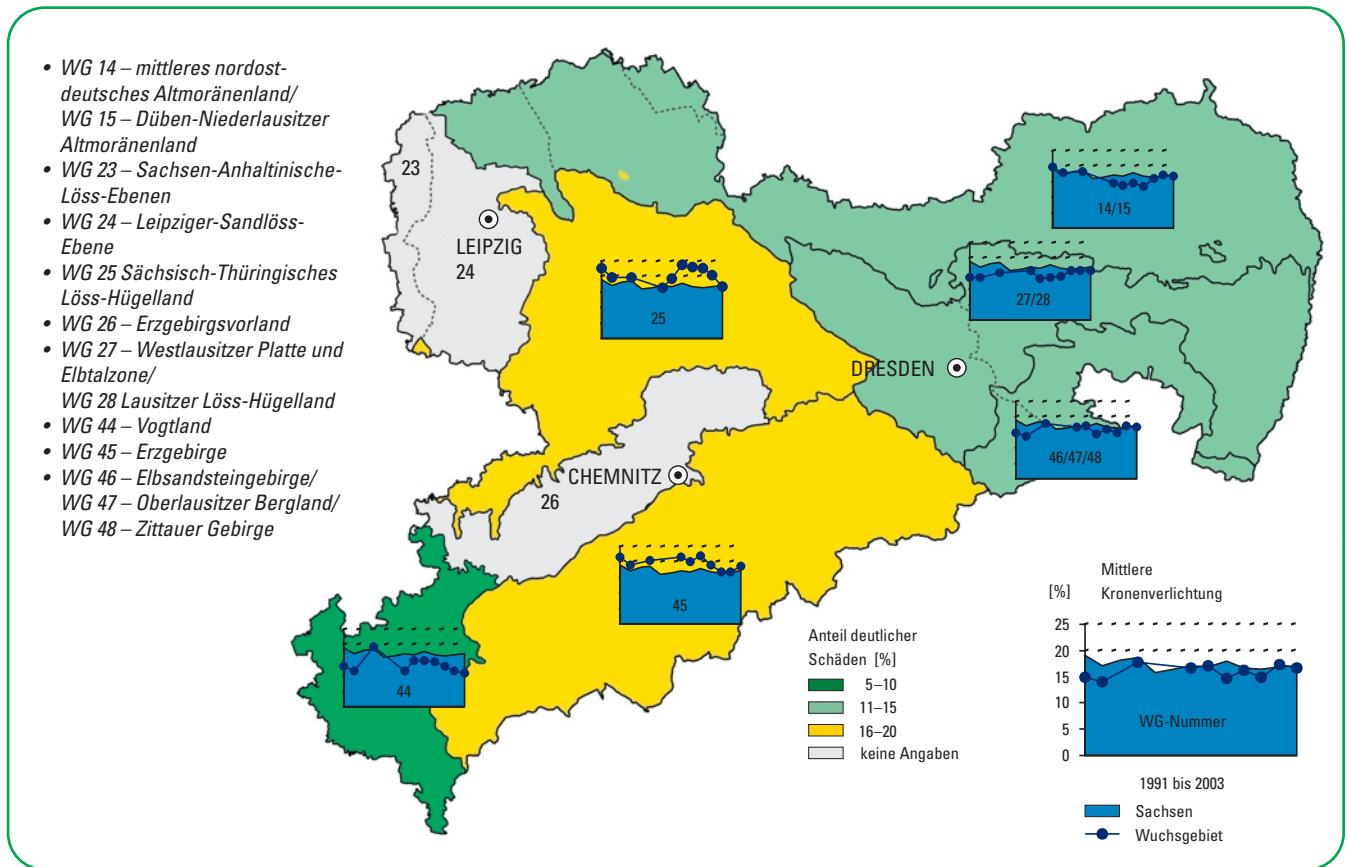
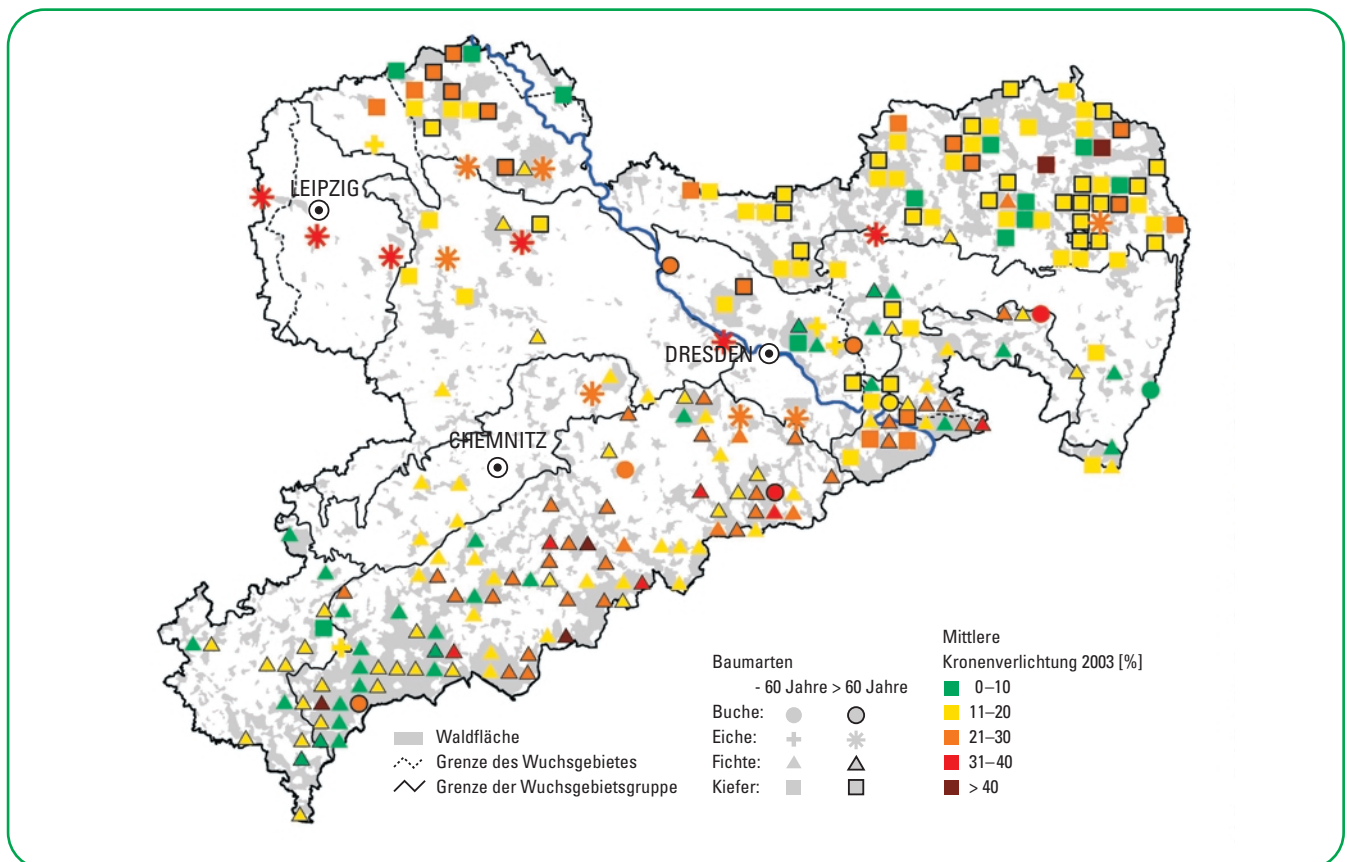


Abb. 32: Mittlere Kronverlichtung der Hauptbaumarten an den Stichprobenpunkten im 4x4-km-Raster (mindestens 5 Bäume der Hauptbaumart am Stichprobenpunkt)



Schäden. Die Fichte liegt beim Anteil deutlicher Schäden in ähnlicher Größenordnung. Der Verlauf der durchschnittlichen Kronenverlichtung weist jedoch keinen eindeutigen Trend auf.

In den Wuchsgebieten **Westlausitzer Platte und Elbtalzone/Lausitzer Löss-Hügelland** (WG 27, 28) war das Schadniveau bislang nur geringen Schwankungen unterworfen. Auch 2003 hat sich der Kronenzustand in diesen Wuchsgebieten kaum verändert. Die deutlichen Schäden nehmen einen Anteil von 13 % ein und befinden sich leicht unter dem Landesmittel.

In den Wuchsgebieten **Mittleres nordost-deutsches Altmoränenland/Düben-Nieder-**

lausitzer Altmoränenland (WG 14, 15) wurden bei der diesjährigen Erhebung 11 % deutliche Schäden diagnostiziert. Das Ergebnis liegt damit vergleichsweise niedrig. Das Schadniveau der in diesen Wuchsgebieten dominierenden Kiefern (82 % Flächenanteil) ist etwas geringer als das Wuchsgebietsmittel, hat jedoch gegenüber Ende der 90er Jahre etwas zugenommen. Regionales Auftreten von nadelfressenden Insekten an Kiefer haben diesen Anstieg möglicherweise punktuell mit verursacht. Die Abb. 32 veranschaulicht ein differenziertes Bild innerhalb dieser Wuchsgebiete.

Das **Vogtland** (WG 44) liegt bei 6 % deutlichen Schäden markant unter dem Landesmittel.

Dort hat sich in diesem Jahr das Schadniveau – vor allem der vorherrschenden Fichte – noch einmal etwas verringert.

Forstliche Dauerbeobachtungsflächen

Auf den im Rahmen des europäischen Level-II-Programms angelegten Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF) erfolgt ebenfalls jährlich eine Bonitur des Kronenzustandes. Diese Flächen sind als Fallbeispiele für typische Waldökosysteme angelegt und sollen damit die Situation in den jeweiligen Wuchsgebieten weitgehend repräsentieren (vgl. Abb. 50, Anhang).

Ein Vergleich der mittleren Kronenverlichtung der einzelnen Bestände mit den flächenrepräsentativen Ergebnissen der Waldzustandserhebung (vgl. Abb. 33a–d) verdeutlicht, dass die DBF-Ergebnisse den Kronenzustand baumarten- und regionalspezifisch gut widerspiegeln. Eine Differenzierung besteht zwischen den einzelnen Flächen.

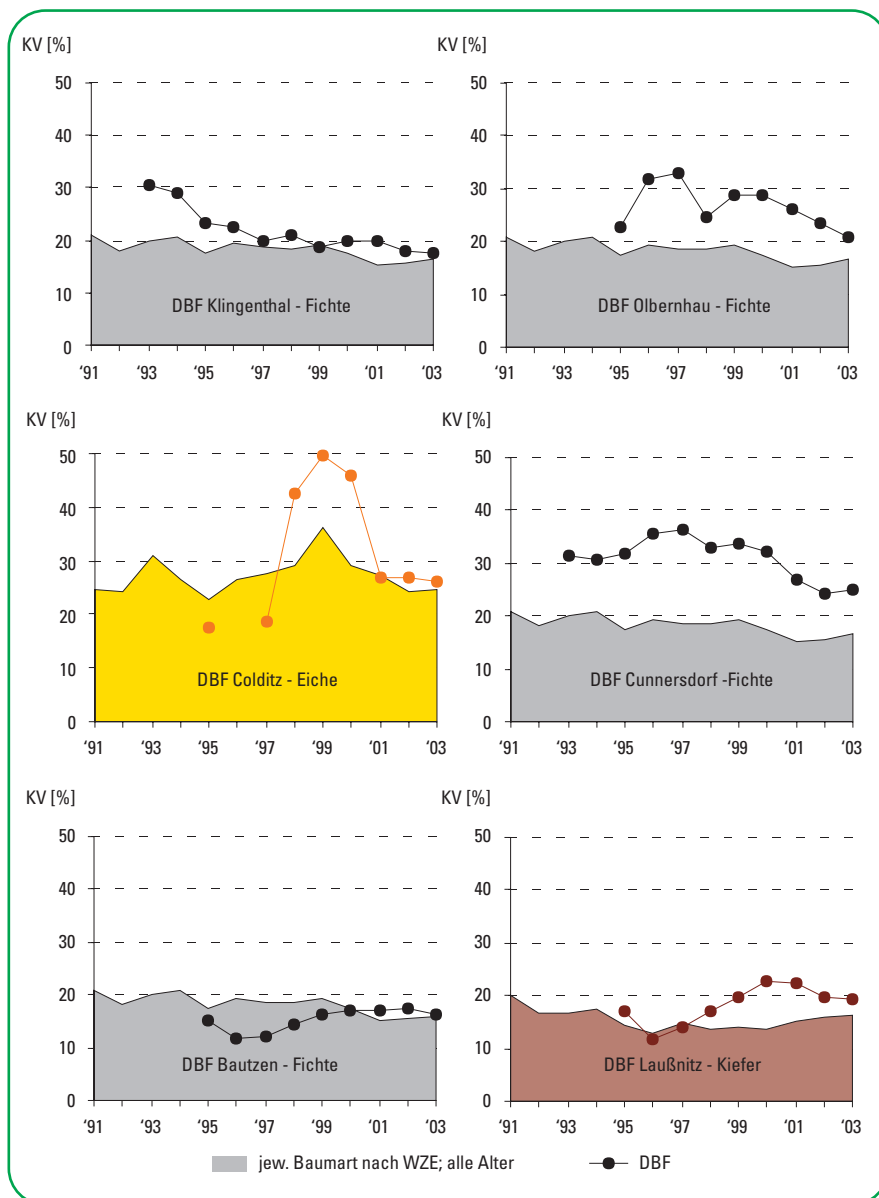
In der **Klingenthaler Fichtenfläche** (WG 45) ging die Kronenverlichtung von einem ursprünglich hohen Niveau (1993) stetig auf nunmehr fast die Hälfte zurück. Der Trend der Kronenverlichtung des WG Vogtland wird von diesem Altbestand auf einem höheren Level nachvollzogen.

Gravierend beeinflusst durch das Schadergebnis im Winter 1995/96 waren die Fichten der **DBF Olbernhau** (WG 45). Die mittlere Kronenverlichtung verblieb bis 1997 auf hohem Niveau. Seitdem nahm sie nahezu stetig ab und liegt 2003 nur noch 2 Prozentpunkte über dem Ergebnis für das Wuchsgebiet Erzgebirge.

Für die Eichen auf der **DBF Colditz** (WG 25) wurde in den Jahren 1995 und 1997 eine mittlere Kronenverlichtung leicht unter dem Landesmittel bonitiert. 1998 bis 2000 nahmen sie stark zu und fielen 2001 auf den sachsenweiten Befund für Eiche ab. Dieses Niveau blieb bis 2003 erhalten und liegt damit gegenwärtig etwas über dem Landesmittel.

Die Fichtenfläche mit der höchsten Kronenverlichtung befindet sich in **Cunnersdorf** (WG 46). Mit verursacht durch die Schädigungen nach dem Winter 1995/96 stieg der Nadelverlust von 1993 bis 1997 auf sehr hohe Werte an. Seither kann eine stetige Erholung des Benadelungszustandes attestiert wer-

Abb. 33a-d: Mittlere Kronenverlichtung der Hauptbaumarten in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen im Vergleich zur mittleren Kronenverlichtung der jeweiligen Baumart der WZE



den. Der Befund für diesen Bestand liegt aber nach wie vor sowohl weit über dem Wuchsgebiets- als auch über dem Landesdurchschnitt.

Die Fichten auf der DBF **Bautzen** (WG 47) hatten Mitte der 90er Jahre den vergleichsweise besten Kronenzustand. Entgegen dem landesweiten Trend war hier jedoch ein

Anstieg der Kronenverlichtung bis 1999 festzustellen. Seitdem bewegt sich die Höhe der Kronenverlichtung im Bereich des Landesdurchschnitts.

An den Kiefern der DBF **Laußnitz** (WG 15) wurde ausgehend von einer geringen mittleren Kronenverlichtung 1996 ein stetiger Anstieg bis zum Jahr 2000 registriert. 2001

blieb das Schadniveau erhalten und hat sich bis 2003 wieder leicht verringert. Die Mittelwerte sind jedoch gegenüber den Trends der Wuchsgebietsgruppe wie auch des Landesergebnisses, insbesondere seit Mitte der 90er Jahre, gegenläufig.

Schäl Schäden

Nach 1995 und 1998 erfolgte 2002 die dritte landesweite Erhebung der Schäl Schäden. Sie ist Teil der nach § 24 Abs. 2 des Waldgesetzes für den Freistaat Sachsen geforderten Überprüfung des Vegetationszustandes, entstandener Verbiss- und Schäl Schäden und des Standes der Waldverjüngung. Dabei wird die Verjüngung als Indikator für die Tragbarkeit der Wildbestandeshöhe in Bezug zu den örtlichen Verhältnissen betrachtet. Diese Inventur in Form eines Stichprobenverfahrens basiert auf einem 1x1-km-Raster. In die Erhebung wurden die Wälder aller Eigentumsarten einbezogen, welche in ausgewiesenen Schalenwildgebieten für Rot- und Muffelwild entsprechend der Schalenwildverordnung liegen. Zusätzlich wurden Wälder außerhalb von Schalenwildgebieten untersucht, in denen größere Populationen dieser Wildarten vorkommen.

Landesweit gingen 3 603 schälgefährdete Bestände (Kontrollflächen) in die Erhebung ein. Davon waren 1 984 Flächen Teil von Verwaltungsjagdbezirken des Freistaates. 506 Flächen lagen außerhalb der Schalenwildgebiete. Auf 3 019 Boniturflächen (davon 2 595 innerhalb der Schalenwildgebiete) wurde an insgesamt 251 268 Bäumen (nur vorherrschende und herrschende Bäume) der Schäl Schaden aus dem Winter 2001/02 und dem Sommer 2002 erfasst.

In den Schalenwildgebieten gingen die Schäl Schäden landesweit von 3,8 % auf 3,0 % zurück. Sie sind jedoch immer noch doppelt so hoch wie bei der ersten Erhebung 1995 (1,5 %, vgl. Abb. 34a).

In den Verwaltungsjagdbezirken des Freistaates ist der Anteil an geschälten Bäumen mit 2,7 % geringfügig höher als 1998 mit

2,5 %. Aber er ist immer noch niedriger als in den anderen Jagdbezirken, für die er 3,5 % beträgt (vgl. Abb. 34b).

Hinsichtlich der Intensität der neuen Schäl Schäden, die als relative Größe bezogen auf den jeweiligen Baumdurchmesser ermittelt wird, sind zwischen den 3 Erhebungen kaum Veränderungen aufgetreten. Im Vergleich zu 1998 stieg der Anteil der Intensitätsstufe 2

(Schäle bis 1/3 Umfang) um 10 % an und die Anteile der beiden benachbarten Stufen nahmen um jeweils ca. 5 % ab.

Die Darstellung der einzelnen Baumarten bzw. Baumartengruppen macht deutlich, dass der landesweite Rückgang der Schäl Schäden aus der Abnahme des Anteiles geschälter Nadelbaumarten, insbesondere der Kiefer, resultiert (vgl. Abb. 35). Entgegen diesem Trend nahm

Abb. 34a, b: Vergleich der Höhe und Intensität der Schäle in den Jahren 1995, 1998 und 2002 sowie in Verwaltungsjagdbezirken und anderen Jagdbezirken für die Erhebung 2002

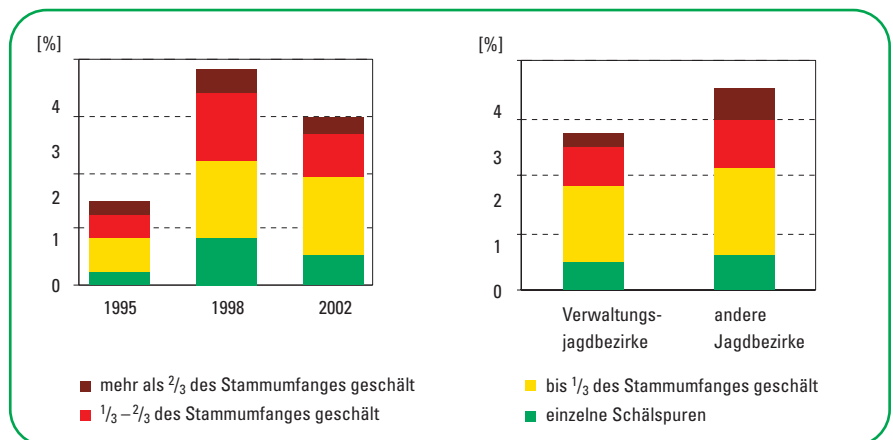
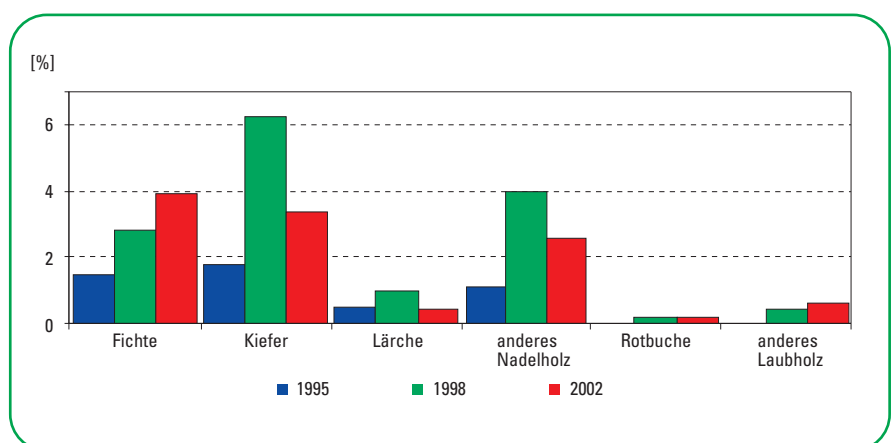


Abb. 35: Vergleich der Schälprozente verschiedener Baumarten bzw. -gruppen 1995, 1998 und 2002



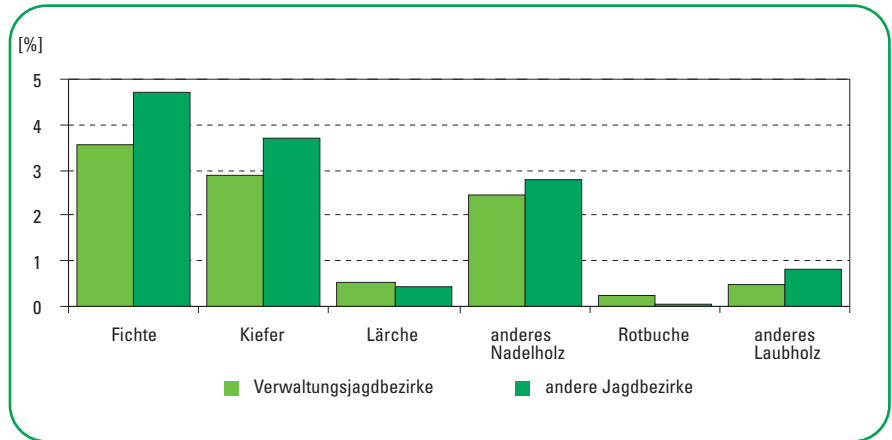
das Schälprozent für Fichte um einen Prozentpunkt zu und stieg damit seit 1995 weiter kontinuierlich an. Diese differenzierte Entwicklung bei den Nadelbaumarten ist bereits ein Hinweis auf regionale Unterschiede in der Schadausprägung. Ein dritter, sich derzeit noch auf einem geringen Niveau vollziehender Trend ist der Anstieg der Schälsschäden an Laubbaumarten.

In der *Abb. 36* sind die Schälprozent für die dominierenden Baumarten und -gruppen der beiden Jagdbezirksarten gegenübergestellt. Mit Ausnahme der Lärche und Rot-Buche sind die Schälprozent – analog zu den Ergebnissen von 1998 – in den Verwaltungsjagdbezirken geringer als in den anderen Jagdbezirken.

4 % der schälgefährdeten Flächen sind in den Schalenwildgebieten geschützt. Dieser Anteil ging im Vergleich zur vorangegangenen Erhebung (1998: 6 %) zurück, liegt jedoch immer noch über dem von 1995 (3 %). Dabei ist dieser Anteil trotz eines geringen Rückgangs mit 6 % (1998: 8 %) für die Verwaltungsjagdbezirke immer noch höher als der nahezu konstant gebliebene Wert von 3 % für die anderen Jagdbezirke (1998: 2 %).

Die Schälsschadenserhebung liefert umfangreiche Daten für eine differenzierte gutacht-

Abb. 36: Vergleich der Schälprozent verschiedener Baumarten bzw. -gruppen in Verwaltungsjagdbezirken und in anderen Jagdbezirken 2002



liche Einschätzung der Wechselwirkungen zwischen Wald und Wild für die Forstämter. Nur bedingt berücksichtigt werden können bei einer landesweiten Betrachtung wesentliche regionale Aspekte, wie beispielsweise standörtliche Verhältnisse, die Baumartenzusammensetzung, die räumliche Verteilung der Schälsschäden sowie wildökologische Sachverhalte. Die zusammengefassten Werte zeigen deshalb nur allgemeine Tendenzen auf. Obwohl das Schälprozent nach einer Erhöhung von 1995 zu 1998 (von 1,4 % auf 3,8 %) im Jahr 2002 auf 3,0 % zurückging,

ist das noch immer ein Zeichen dafür, dass die Bestände an Rot- und Muffelwild in Bezug zu ihrem aktuellen Lebensraum als zu hoch einzuschätzen sind. Die Höhe und der Entwicklungstrend der Schäden sind landesweit jedoch unterschiedlich. Die geringeren Schäden in den Verwaltungsjagdbezirken bekräftigen im Allgemeinen die Vorbildfunktion dieser Organisationsform hinsichtlich der Bejagung in den Schalenwildgebieten.

Chemischer Bodenzustand

Über den chemischen Zustand der sächsischen Waldböden liegen aus der Bodenzustandserhebung (BZE, vgl. *Abb. 50, Anhang*), der forstlichen Standortserkundung sowie aus den kontinuierlichen Messungen in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF) umfangreiche Informationen vor. Sie zeigen, dass der Boden in seiner Funktion als dauerhafte Nährstoffquelle und -speicher sowie als Lebensgrundlage für Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen vielfach geschädigt ist. Insbesondere haben die teils immensen umweltbedingten Säurebelastungen der Vergangenheit („Saurer Regen“) auf den überwiegend erdalkali- und damit pufferarmen Bodensubstraten Sachsens deutliche Merkmale einer fortgeschrittenen Nährstoffverarmung und Bodenversauerung hinterlassen. Über Jahrzehnte wurde massiv gegen die Nachhaltigkeit des Bodenzustandes ver-

stoßen und damit letztlich auch das Prinzip einer multifunktionalen Forstwirtschaft verletzt, das heutzutage – zusätzlich zu dem seit etwa 200 Jahren verfolgten ökonomischen Prinzip einer dauerhaft ausgewogenen Holzversorgung – auch ökologische und sozio-ökonomische Ziele verfolgt. Gegenwärtig überschreitet der Eintrag (Deposition) der säurebildenden Schwefel- und Stickstoffverbindungen noch immer die langfristig vertretbaren so genannten **kritischen Belastungsraten (critical loads)**. Damit sind weiterhin – trotz in den letzten Jahren erheblich verbesserter Umweltbedingungen – negative Veränderungen im Ökosystem vorgezeichnet. Ein Resultat ist u. a. die übermäßige Beanspruchung der Pufferkapazität des Bodens aus der laufenden Mineralverwitterung („nachscaffende Kraft“). Der Boden versauert und verliert sein chemisches

Gleichgewicht. Da er jedoch als ein zentrales Reaktionsgefäß des Waldökosystems fungiert, in dem die Energie- und Stoffflüsse aneinander gekoppelt werden, wirken sich chemische und letztlich auch physikalische Bodenveränderungen in komplexer Weise auf den Zustand des gesamten Ökosystems aus.

Indikatoren zur Begutachtung chemischer Bodenveränderungen sind beispielsweise der pH-Wert als Weiser für den aktuellen Versauerungsgrad der Bodenlösung sowie die Kationenaustauschkapazität als Ausdruck für die austauschbar und pflanzenverfügbar an den Bodenkolloiden angelagerten Kationen. Der entscheidende Indikator einer Bodenversauerung ist die Basensättigung (BS), die den prozentualen Anteil der so genannten basischen Kationen (Nährelemente Ca^{2+} , Mg^{2+} und K^+ sowie Na^+) an den insgesamt

Abb. 37: Podsol auf Eibenstocker Granit (FoA Eibenstock, Westliches Oberes Erzgebirge)



austauschbaren Kationen des Feinbodens umfasst. Offensichtlich sind Veränderungen dieser bodenchemischen Parameter unter dem Druck der Umweltbelastung relativ rasch verlaufen. Dies zeigen vergleichende Untersuchungen an 30 Bodengruben der Standortserkundung, die nach der Ersterhebung aus den 60er und 70er Jahren im Jahr 1999 erneut beprobt wurden.

Danach ist beispielsweise in einem Fichtenaltbestand auf Eibenstocker Granit (vgl. Abb. 37 und 38) der **pH-Wert** des Unterbodens ab ca. 40 cm Tiefe seit 1978 um etwa 1 bis 1,5 pH-Einheiten zurückgegangen. Dies entspricht einer mehr als 10fachen Zunahme des Säuregehaltes in der Bodenlösung. Demgegenüber ist im Oberboden (inkl. Humusauf-lage) infolge von forstlichen Kalkungsmaßnahmen eine leichte Verbesserung zu verzeichnen.

Die **Kationenaustauschkapazität** dieses Bodens hat sich im Verlauf der 20 Jahre nahezu nicht verändert. Nur im Tiefenbereich zwischen 10 und 20 cm zeichnet sich eine relativ starke Zunahme ab (vgl. Abb. 39), was mit der Verlagerung von organischer Substanz aus dem obersten Profilschnitt und der Aufweitung von Tonmineralen bei gleichzeitiger Schaffung neuer Austauscheroberflächen zusammenhängen kann, die dann allerdings überwiegend mit Al-Ionen belegt sind.

Demgegenüber hat sich bei etwa gleich bleibender Austauschkapazität die **Basensättigung** (BS) im Ober- und Unterboden als Resultat fortschreitender Basenauswaschung und Versauerung speziell zugunsten des Aluminium- und Eisenanteils etwa halbiert (von ca. 20–30 % auf etwa 10 % BS im Oberboden, bzw. 10 % auf 5 % BS im Unterboden; vgl. Abb. 40). Damit spiegelt das Bodenprofil einen verbreiteten chemischen Zustand von versauerten Waldstandorten auf erdalkaliarmen Ausgangssubstraten – beispielsweise Granite, Gneise, Phyllit oder Sandstein – wider. Im Rahmen der Bodenzustandserhebung [9] wurde großflächig festgestellt: Bis über 90 % des Kationenaustauschkomplexes sind mit den „sauen“ Kationen (Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{3+} , H^+) belegt!

Eine ähnliche Abnahme der Basensättigung betrifft auch alle anderen untersuchten Bodensubstrate. Nur selten liegt der Basen-

anteil über dem kritischen Wert von 15 %, sodass die Elastizität der Waldböden gegenüber Säurebelastungen oftmals nur sehr gering ist. Infolgedessen sind die pH-Werte des Unterbodens in der betrachteten Zeitspanne um durchschnittlich etwa eine halbe pH-Einheit gesunken (vgl. Abb. 41), während das pH-Niveau in der organischen Auflage und im anschließenden obersten Mineralbodenbereich durch Kalkungsmaßnahmen eher angestiegen ist. Somit wird das chemische Milieu des Unterbodens gegenüber der Erstbeprobung verstärkt durch den so genannten Aluminium-Pufferbereich (pH 4,2 bis 3,8) bestimmt, in dem zunehmend Al-Ionen in die Bodenlösung transferiert werden. Bei gleichzeitig nur noch geringen Ca- und Mg-Gehalten können diese toxisch wirken und speziell das Feinwurzelwachstum und die Bodenlebewesen (z. B. Mikroorganismen) schädigen. Teilweise ist ein Versauerungsgrad des

Abb. 38: $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Werte in einem Bodenprofil auf Eibenstocker Granit (Bodentyp: Podsol) in den Jahren 1978 und 1999

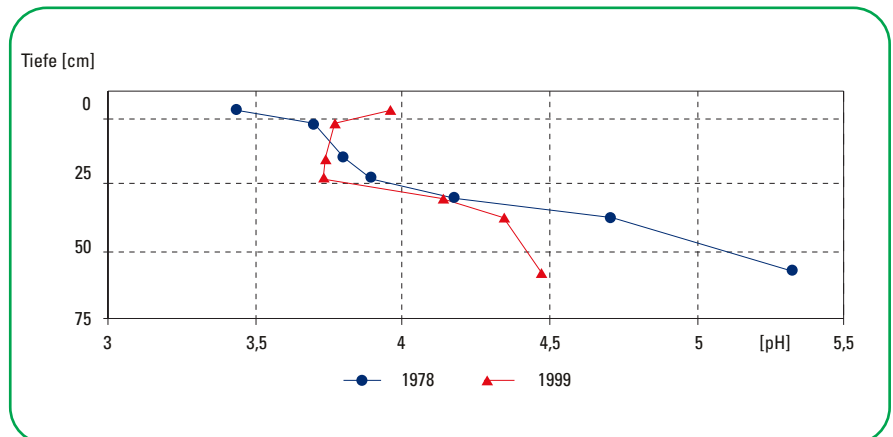


Abb. 39: Kationenaustauschkapazität nach Tiefenbereichen in einem Bodenprofil auf Eibenstocker Granit (Bodentyp: Podsol) in den Jahren 1978 und 1999

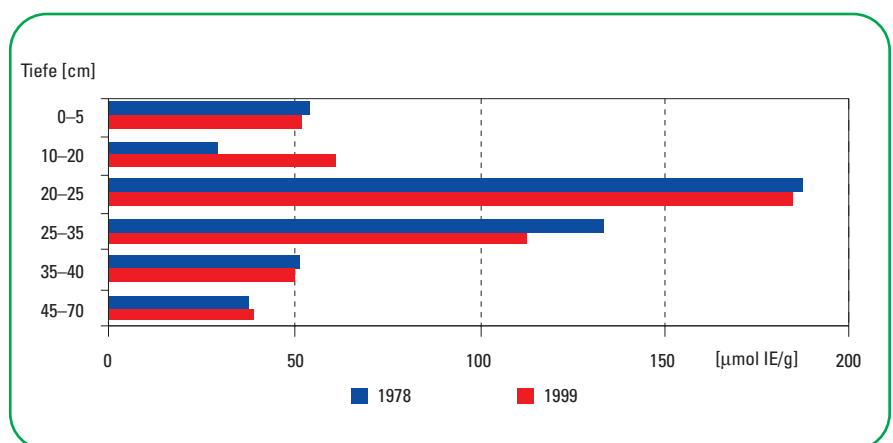
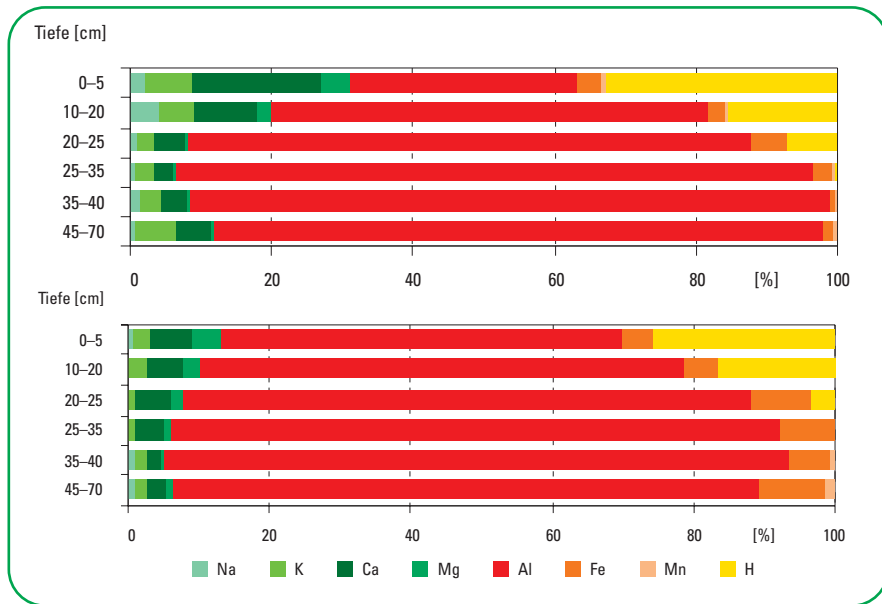


Abb. 40a, b: Anteile der austauschbaren Einzelkationen am Kationenaustauschkomplex des Bodens (Bodentyp: Podsol) in den Jahren 1978 (a) und 1999 (b)



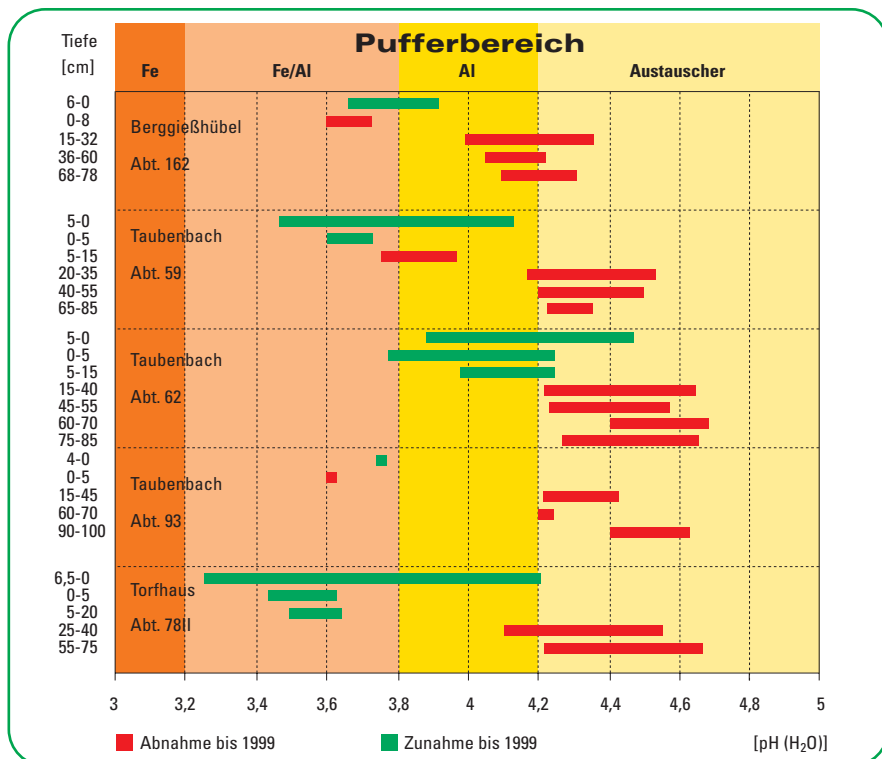
Bodens erreicht, der bereits nachteilige Veränderungen bei den Tonmineralen erkennen lässt [12].

Indikatoren des Bodenchemismus belegen somit einerseits, dass zumindest in den letzten Jahrzehnten die Versauerung der Waldböden stark zugenommen hat. Andererseits wird deutlich, dass der Versauerungsprozess oftmals nur anhand der Zusammenschau

mehrerer Indikatoren erkennbar wird. Erst durch jüngste Erfolge der Umweltpolitik konnte der Negativtrend abgeschwächt bzw. teils gestoppt werden, sodass Waldböden aufgrund aktuell geringerer Säurebelastungen vermehrt Anzeichen der Erholung erkennen lassen. In diesem Zusammenhang sind erneut auch die positiven Wirkungen der forstlichen Bodenschutzkalkungen auf den

Chemismus und die Tonminerale des Bodens sowie die Bodenvegetation hervorzuheben. Nach Kalkungsmaßnahmen konnte – zusätzlich zur Verbesserung von pH-Wert und Basensättigung – ein beginnender Wiedereinbau von Kalzium und Magnesium in die Tonminerale nachgewiesen werden, was zu deren Stabilität und damit zur Verbesserung der Nährstoffversorgung beiträgt [1]. Mit der Konsequenz einer weitgehenden Vermeidung ökosysteminterner Säurebelastungen bei der Bewirtschaftung (z. B. Vermeidung von Mineralisierungs- und Versauerungsschüben bei Kahlschlägen) stellt langfristig auch der Waldbau und der Übergang zu einer naturgemäßerer Waldwirtschaft eine Entlastung für den Boden dar. Die Nachhaltigkeit bzw. Verbesserung der chemischen Bodeneigenschaften ist jedoch ohne weitere Verminderung der Stoffbelastungen aus der Umwelt – besonders im Hinblick auf die anhaltend hohen Stickstoffeinträge – oftmals nur schwer zu realisieren. Zudem ist auch die Nachhaltigkeit des physikalischen Bodenzustands zu gewährleisten, sodass Bodenschädigungen durch Bodenverdichtung bei der Befahrung der Waldböden im Zuge von Durchforstungs- und Erntemaßnahmen unbedingt begrenzt werden müssen.

Abb. 41: Veränderung der pH(H₂O)-Werte in ausgewählten Fichtenaltbeständen während der letzten 3 bis 4 Jahrzehnte (podsolierte Braunerden bis Podsol)



Baumwachstum

In den letzten Jahrzehnten wurde in zahlreichen europäischen Wäldern – trotz anhaltender Schadstoffbelastung – ein verstärkter Holzzuwachs festgestellt, dessen Ursache wegen der Komplexität der Einflussfaktoren noch nicht endgültig geklärt ist. Die Untersuchungsergebnisse des seit 1999 europaweit durchgeführten RECOGNITION-Projektes [12], in das auch 30 sächsische Fichten-, Kiefern- bzw. Buchenaltbestände integriert waren, verweisen auf erhöhte Stickstoffeinträge als den ausschlaggebenden Faktor für das beschleunigte Baumwachstum. Ein entscheidender Einfluss wird auch dem Klimawandel mit seinen veränderten Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen sowie dem Anstieg der CO₂-Gehalte in der Atmosphäre zuerkannt. Auch verlängerte Vegetationszeiten können eine potenzielle Ursache darstellen. Neben den Ergebnissen aus diesem Projekt liegen weitere Zuwachsdaten aus 6 Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen des Level-II-Programms in Sachsen vor, die gemeinsam mit den Universitäten Dresden und Freiburg ausgewertet wurden [7/10].

Auf den Level-II-Flächen wurden die bereits in der Vergangenheit einzelbaumweise erhobenen Durchmesser und Höhen durch eine erneute Vollaufnahme der Durchmesser und eine stichprobenhafte Messung der Baumhöhen ergänzt und ausgewertet. Zudem wurden **Bohrkernanalysen** an jeweils 20 Bäumen außerhalb der eigentlichen Messflächen sowie eine „Stubbeninventur“ zur Rekonstruktion der zurückliegenden Holzermittlungsmaßnahmen vorgenommen. Letztlich konnten für die vergangenen 30 bis 40 Jahre die Durchmesser- und Grundflächenentwicklungen sowie der Volumenzuwachs der Einzelbäume und des gesamten Waldbestandes hergeleitet werden.

Im RECOGNITION-Projekt erfolgten die Zuwachserhebungen in 14 ausgewählten Fichten-, Kiefern- und Buchenaltbeständen (**Stammseibenentnahme** von insgesamt 92 gefällten Untersuchungsbäumen), zu denen bis zurück in die 60/70er Jahre bodenchemische Daten vorliegen.

¹ „Relationship Between Recent Changes of Growth and Nutrition of Norway Spruce, Scots Pine and European Beech Forests in Europe“; EU FAIR CT98-4124

Die zuverlässigsten Wachstumstrends ergeben sich anhand der Daten der Oberhöhenbäume, die etwa den 100 stärksten Bäumen des Bestandes entsprechen. Danach ergibt sich für die 4 Fichtenaltbestände des sächsischen Level-II-Programms ein annähernd synchroner Verlauf des Radialzuwachses. Nach deutlichem Zuwachsrückgang in den 60er und 70er Jahren ist ab 1980, entgegen

die **Radialzuwächse** der Fichten von zuletzt etwa 3 bis 4 mm pro Jahr seit einer Einbruchphase zwischen 1976 und 1987 nahezu verdoppelt haben. Damit sind sowohl der Grundflächen- als auch der Volumenzuwachs, vor allem in den Mittelgebirgslagen, kräftig angestiegen (vgl. Abb. 43, Tab. 8, Anhang). Im letzten Jahrzehnt lagen sie beispielsweise in den im Erzgebirge gelegenen Flächen Klingenthal

Abb. 42: Mittlere Radialzuwachsentwicklung der vorherrschenden Bäume in den Fichtenflächen des Level-II-Programms

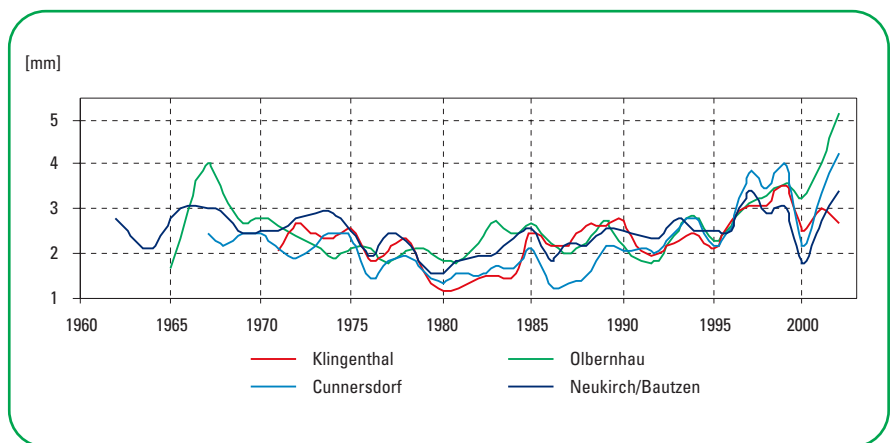
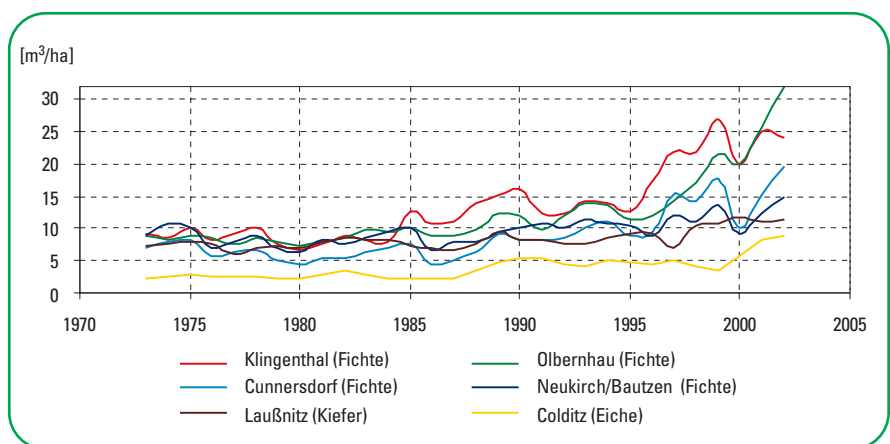


Abb. 43: Jährlicher Volumenzuwachs zwischen 1973 und 2002 in den 6 Level-II-Flächen



dem normalen Alterstrend, ein ausgeprägter Anstieg der Jahrringbreiten (Ausnahmejahr 2000; vgl. Abb. 42) zu verzeichnen. Charakteristische Zuwachseinbrüche lassen sich in den Jahren 1976, 1980, 1986, 1991, 1995 und 2000 feststellen (so genannte Weiserjahre), die zum großen Teil durch Witterungsereignisse (z. B. 1976, 1980) oder eine starke Fruktifikation (z. B. 1991, 1995) erklärt werden können. Insgesamt wird deutlich, dass sich

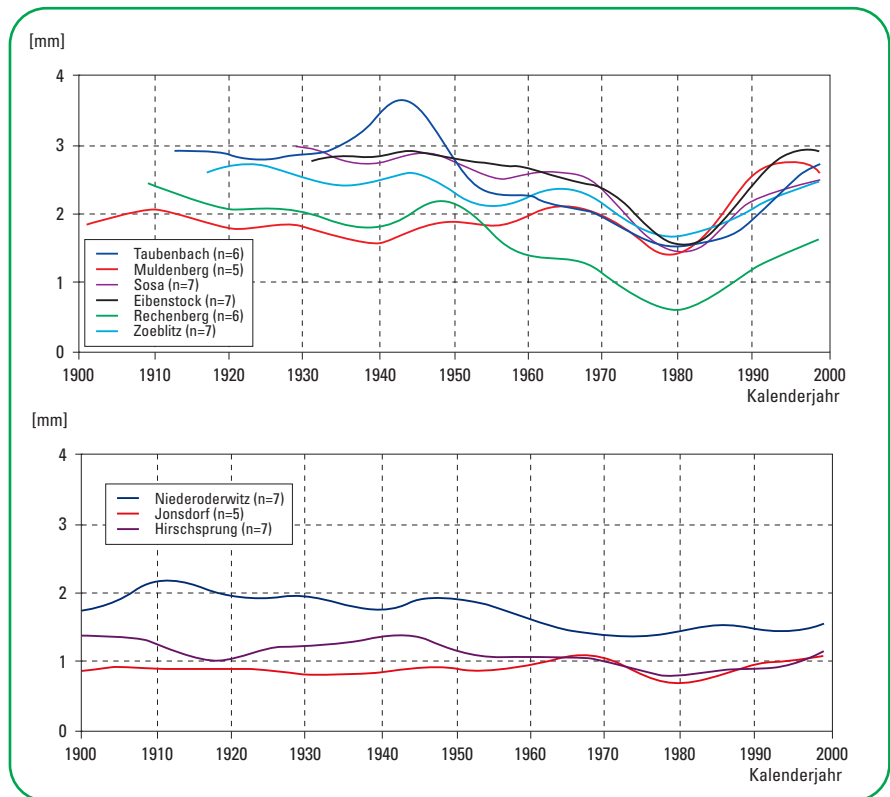
und Olbernhau um ca. 20 bis 60 % über denjenigen der vorhergehenden 10-Jahresperiode. Damit verbesserte sich der Holzzuwachs dieser Bestände seit 1996 von jährlich 15 auf 20 bis 25 m³/ha überdurchschnittlich. In der Kiefernfläche (Laußnitz) sowie im Eichenbestand (Colditz) ist der Zuwachsanstieg weniger markant (vgl. Abb. 43). Die Radialzuwachsentwicklung bei der Kiefer

verläuft sehr ausgeglichen, während sie im Eichenbestand starken Schwankungen unterliegt. Letztere wurden wahrscheinlich durch eine vormalig starke Durchforstung zur Vorbereitung eines Unterbaus und durch starken Eichenwicklerbefall verursacht. Das für die Fichtenbestände festgestellte Phänomen einer ausgeprägten Zuwachsdepression während der 70er und 80er Jahre mit anschließend sehr starker Wachstumsbeschleunigung wird anhand der teils bis in das Jahr 1900 zurückreichenden Datenreihen auf den RECOGNITION-Flächen eindrucksvoll bestätigt (vgl. Abb. 44a), wobei das Zuwachsniveau dem der Level-II-Flächen entspricht.

Abb. 45: Zuwachsermittlung am liegenden Stamm



Abb. 44a, b: Mittlere jährliche Radialzuwachstrends in a) Fichtenbeständen (n = 6) und b) Buchenbeständen (n = 3) des RECOGNITION-Projektes in Sachsen



Die weitgehend synchrone Übereinstimmung der Weiserjahre ist dabei als Beleg für die Zuverlässigkeit beider Erhebungen zu werten. Ferner wird der uneinheitliche Zuwachstrend in Kiefernbeständen bestätigt. Zum Ende der Beobachtungsperiode überwiegt jedoch – wie auch in den 3 untersuchten Buchenbeständen (vgl. Abb. 44b) – die Tendenz zu gleichbleibenden bzw. ansteigenden Radial- und Volumenzuwächsen. Zusammenfassend wird durch die vorgestellten Untersuchungen belegt, dass die europa-

weit verbreitete Zuwachsbeschleunigung auch für die Wälder Sachsens zutrifft. Neben den bereits genannten Einflussfaktoren, von denen der hohe Stickstoffeintrag eine maßgebende Rolle spielt, sind speziell für Sachsen die in den letzten Jahren deutlich verminderten Immissions- und Säurebelastungen der Waldökosysteme zu nennen, die insbesondere in den Erzgebirgslagen die Nährstoffverfügbarkeit und somit die Ernährungsbedingungen der Bäume erheblich verbessert haben.

Klimaveränderung in Sachsen – Auswirkungen auf die Forstwirtschaft

Grundlagen der Klimaszenarien und Folgenabschätzung

Initiiert vom Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) wurde im Zeitraum 2000/2001 eine erste regionalisierte Studie zu möglichen Klimaänderungen in Sachsen durchgeführt. Auf der Basis des zu dieser Zeit aktuellen globalen Klimamodells „ECHAM 4“ des Hamburger Klimarechenzentrums wurden anhand statistischer Modelle Simulationen des regionalen Klimawandels in Sachsen für das Szenario einer Verdoppelung des CO₂-Gehaltes während der nächsten 50 Jahre vorgenommen [2]. Die Ergebnisse sind für die Forstwirtschaft besonders bedeutungsvoll, weil erstmals für konkrete Regionen Sachsens die Temperatur- und Niederschlagsentwicklung sowie deren jahreszeitliche Verteilung errechnet wurden. Erst auf dieser Basis können die Auswirkungen einer angenommenen Klimaveränderung auf Waldökosysteme abgeschätzt werden. In Verbindung mit dem prognostizierten Temperaturanstieg ergeben die Szenarien eine Tendenz zu warmen und trockeneren Frühjahren bzw. Frühsommern.

Die klimatische Eignung bestimmter Hauptbaumarten für die jeweils limitierend wirkenden Umweltfaktoren Wasserversorgung (im sächsischen Tiefland) sowie Wärme und Licht (im Mittelgebirgsraum) wird als Grundprinzip dieses ersten Ansatzes der Klimafolgenabschätzung für die Forstwirtschaft dargestellt.

Auf der Grundlage eines repräsentativen Versuchsflächensystems zum Waldumbau in allen wichtigen Standorts- und Klimaregionen Sachsens werden kontinuierlich Wasserhaushaltsänderungen und z. B. die daraus erkennbaren Trockenstressverhältnisse für bestimmte Baumarten und Waldstrukturen ermittelt [6, 11, 5].

Klimafolgen für den Wald im sächsischen Tiefland/Hügelland

Da die Waldgesellschaften im sächsischen Tiefland/Hügelland ein hohes Adaptationspotenzial gegenüber Erwärmung aufweisen, wurde angenommen, dass im Wesentlichen nur die Wasserversorgung in Wechselwirkung mit einigen edaphischen Faktoren (Substrattyp, Grundwassernähe) über die Existenz der ansonsten angepassten Waldgesellschaften entscheidet. Über eine Rangfolge der Trockentoleranz der gegenwärtigen Hauptbaumarten wurden Schwellwertbereiche der jährlichen und vegetationszeitbezogenen Niederschlagsmengen ermittelt, welche für die dauerhaft stabile Existenz dieser Hauptbaumarten (Waldgesellschaften) zwingend notwendig erscheinen. Für die derzeitigen klimatischen Bedingungen [15] konnten durch das angewandte Berechnungsverfahren Karten der potenziell natürlichen Waldgesellschaften angefertigt und damit der gewählte Ansatz grundsätzlich bestätigt werden [14].

Auf den Sandstandorten Nordsachsens sind Kiefern-Eichen-Mischwälder zu finden. Kiefernwälder kommen ausschließlich auf extrem armen Standorten vor. Die Niederungen der Flusssysteme bzw. die grundwassernahen Standorte sind mit den hier typischen Waldgesellschaften gut zu erkennen. Auf den gegenwärtig fast ausschließlich landwirtschaftlich genutzten Löss-Standorten würden Mischwälder vorherrschen, in denen Laubbäume (Trauben-Eichen) dominierten. Die Standortregion „Hügelland“ wäre mit Eichen- und Eichen-Buchen-Mischwäldern bestockt (vgl. Abb. 46a).

Szenario 1:

Verringerung der Jahresniederschläge um 13 % (mit Schwerpunkt im Frühjahr und Sommer)

Bei einer mittleren jährlichen Niederschlagssumme von 600 mm entfallen gegenwärtig ca. 310 mm auf die Vegetationsperiode. Nach diesem Klimaszenario wäre während der Vegetationsperiode von einer Reduktion der Niederschläge auf ca. 230 mm (Minimalvariante) auszugehen.

Für die terrestrischen Standorte zeigt sich eine deutliche Ausdehnung der Kiefern- und Kiefern-Eichen-Waldgesellschaften, sodass diese auf den Sandstandorten dominieren. Waldgesellschaften, deren Struktur und Baumartenzusammensetzung höhere Ansprüche an die Wasserversorgung stellen, ziehen sich auf bessere Standorte im Übergangsbereich zum Hügelland zurück. Buchenreiche Waldgesellschaften kommen nur noch in den niederschlagsbegünstigsten Regionen und auf Standorten mit begünstigtem Bodenwasserhaushalt vor (vgl. Abb. 46b). Darüber hinaus entstehen Gebiete, in denen der Wasserhaushalt auch für die trocken-toleranten Kiefern-Waldgesellschaften in der uns jetzt vertrauten Struktur, Vitalität und Leistung problematisch wird. Die Niederschläge wären dann so gering, dass als Waldgesellschaft ein hypothetischer „adaptierter Trockenwald“ angenommen wurde: Die Baumschicht könnte aus Baumarten mit einer besonders hohen Trockentoleranz gebildet werden. Eine stark aufgelockerte horizontale Struktur würde zur weiteren Optimierung des Wasserverbrauchs beitragen. Dabei ist nicht auszuschließen, dass die relativ gute Trophie der Standorte das Aufkommen einer vitalen, überwiegend aus xeromorphen Arten gebildeten Bodenvegetation begünstigt, welche wiederum als Transpirations- und Interzeptionsquelle, aber auch als Verjüngungshindernis größere Bedeutung erlangen könnte.

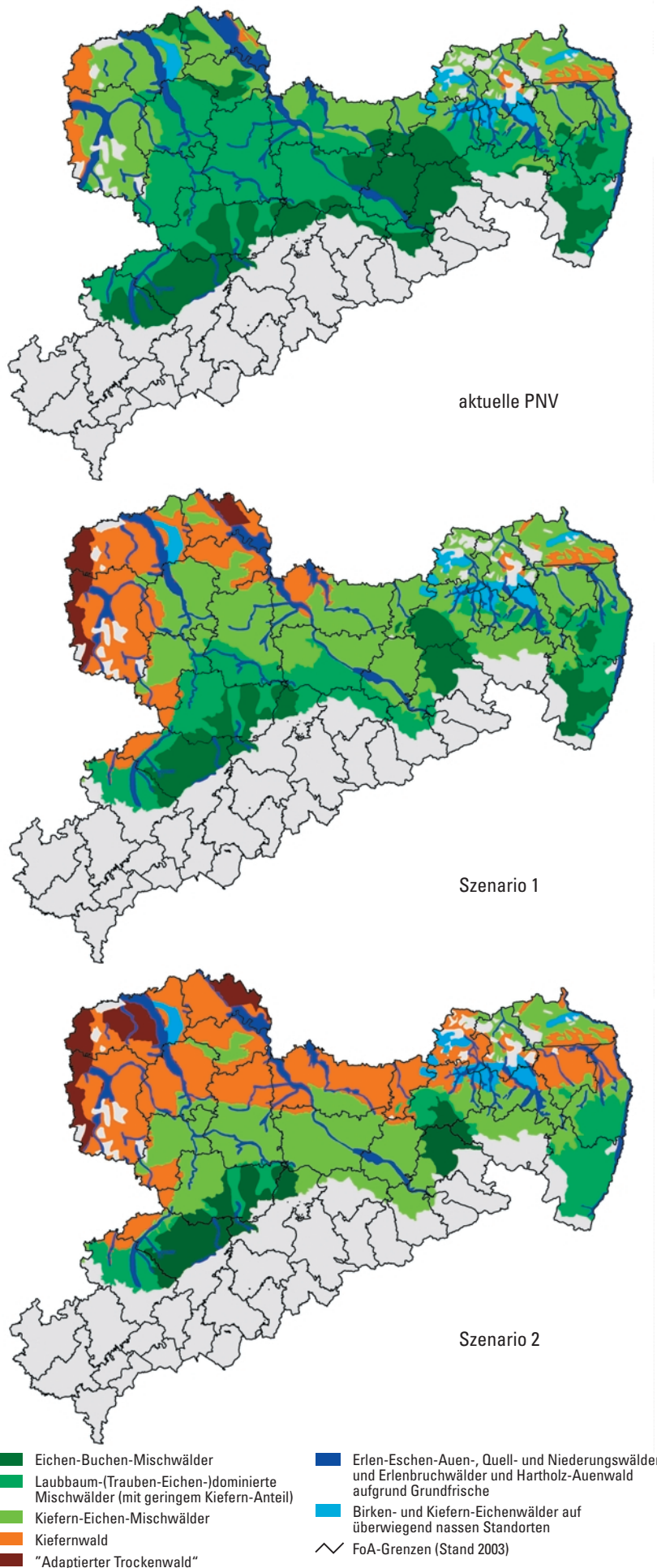


Abb. 46a–c:

- a) Verteilung der potenziell natürlichen Waldgesellschaften (PNV) im sächsischen Tiefland/Hügelland unter den derzeitigen Umweltbedingungen;
- b) Verteilung der Waldgesellschaften unter der Annahme einer Verringerung der Jahresniederschläge um 13 %;
- c) Verteilung der Waldgesellschaften unter der Annahme einer Verringerung der Jahresniederschläge um 13 % und gleichzeitiger Steigerung des Transpirationsbedarfs um 20 mm (Niederschlagsäquivalent)

Als Baumarten kämen neben der Kiefer alternativ z. B. Eiche und Winter-Linde aus besonders trockenoleranten Herkünften infrage sowie Baumarten, die bis jetzt nicht als standortsheimisch angesehen werden (z. B. Robinie, verschiedene Eichenarten). Sie sollten möglichst aus besonders geeigneten Ökotypen oder Provenienzen stammen, die für den Aufbau funktionsfähiger Waldökosysteme geeignet sind.

Szenario 2:

Verringerung der Jahresniederschläge um 13 % (mit Schwerpunkt im Frühjahr und Sommer) bei zusätzlich erhöhtem Transpirationsbedarf (durch ansteigende Temperaturen und ein höheres Strahlungsangebot)

Die zusätzliche Berücksichtigung eines (geringen) Mehrbedarfs der Transpiration führt im Vergleich zum Szenario 1 zur erheblichen Ausweitung der extremen Trockengebiete („adaptierter Trockenwald“) und der Standorte, die durch Kiefernwaldgesellschaften besiedelt werden.

Diese Ausweitung der extremen Trockengebiete mit der entsprechend adaptierten Waldgesellschaft („adaptierten Trockenwald“) würde in Extremszenarien mit hohen (noch im Bereich der regionalisierten Klimaszenarien liegenden) Niederschlagsrückgängen deutlich zunehmen und im Prinzip alle nicht grundfrischen Sandstandorte in Nordsachsen einnehmen (vgl. Abb. 46c).

Abb. 47: Kiefernwaldgesellschaft



Konsequenzen

Die Wasserversorgung ist schon heute der limitierende Umweltfaktor für die Waldökosysteme auf Sandstandorten [11, 3, 8]. Diese Situation wird sich unter den angenommenen Klimaveränderungen weiter verschärfen und sich zunehmend auch auf edaphisch bessere Standorte ohne Grundfrische oder Grundwassereinfluss ausdehnen. Im sächsischen Tiefland wird die Wasserversorgung nicht nur über das Baumwachstum, sondern auch über die nachhaltige Existenz bestimmter **Waldgesellschaften** entscheiden. Die prognostizierte Abnahme der Niederschläge in Verbindung mit der Temperaturerhöhung, einer längeren Sonnenscheindauer (Strahlungsbelastung) und dem daraus folgenden steigenden Transpirationsbedarf wird Verschiebungen der Standortgerechtigkeit von Baumarten und Waldgesellschaften verursachen.

Damit ist eine eingeschränkte Anbaufähigkeit anspruchsvollerer Baumarten zu erwarten. Die ohnehin standörtlich begrenzten Möglichkeiten des Waldumbaus im Sinne eines Baumarten- und Waldstrukturwandels verringern sich erheblich.

Die Grundwasserneubildungsraten werden auf sehr geringe Niveaus sinken, treten fast nur noch im Winter auf oder bleiben unter bestimmten Bedingungen ganz aus.

Die **forstliche Bewirtschaftung** der Wälder muss auch unter sich ändernden Umweltbedingungen eine ökologische Stabilisierung

zum Ziel haben. Da trotz aller Simulationen das genaue Ausmaß klimatischer Veränderungen nicht vorhergesagt werden kann, sollten waldbauliche Maßnahmen vorrangig auf eine **Risikominimierung** und **Risikoverteilung** ausgerichtet sein. Baumartenzusammensetzung und Waldstruktur müssen auch für den Fall, dass die heute angenommenen Klimaänderungen nicht oder nur zum Teil eintreten, eine hohe Stabilität des Waldökosystems gewährleisten.

Aus heutiger Sicht kann dies hauptsächlich durch eine **Baumartenverteilung** erreicht werden, die sich stärker an den kleinstandörtlichen Bedingungen orientiert. Die Verbesserung der Strukturvielfalt, der mikroklimatischen Bedingungen und Ressourcenverfügbarkeit in den großflächigen Reinbeständen kann im Wesentlichen nur über die horizontale Differenzierung dieser Bestände erreicht werden. Vertikale Strukturierungen, z. B. mit dauerhaft mehreren Baumschichten, scheiden aus Gründen der begrenzten Wasserressourcen auf einem Großteil der grundwasserfernen sanddominierten Standorte aus. Anspruchsvollere Baumarten sollten hier nur auf Kleinstandorten mit einer optimalen Wasserversorgung für die jeweilige Baumart angebaut werden. Grenzbereiche sind wegen möglicher Verschiebungen der Standortbedingungen von vornherein zu meiden. Dadurch kann unter den gegebenen standörtlichen und klimatischen Bedingungen ein Optimum der Widerstandsfähigkeit gegenüber klimatischen Extremen, anthropogenen Stoffeinträgen und biotischen Schaderregern erreicht werden. Gleichzeitig erfolgt eine Einschränkung von Investitionsrisiken.

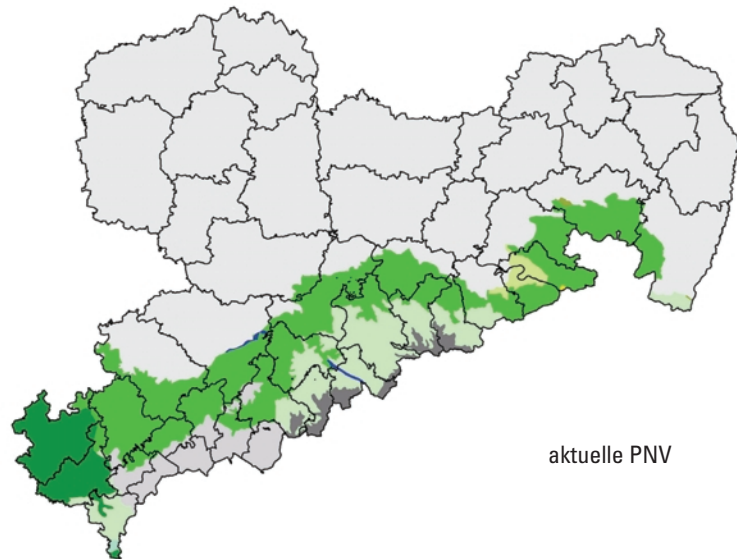
Die **Bestandespflege** muss im Sinne eines (Wasser-)Ressourcenmanagements eine mäßige ganzflächige Konkurrenzauflockerung (Dichteregulierung) herbeiführen. Dabei ist eine Konkurrenzkopplung zwischen Oberbestand, aufkommenden Naturverjüngungsvorräten und Bodenvegetation weitgehend zu vermeiden. Das heißt beispielsweise, die übermäßige Entwicklung von Konkurrenzpotenzialen, etwa der Bodenvegetation, sollte durch die Steuerung der Waldstruktur vermieden werden. Auch Maßnahmen der Waldpflege sollten die Förderung standortgerechter Mischbaumarten unter Beachtung des kleinstandörtlichen Mosaiks verstärkt berücksich-

tigen. Die Notwendigkeit von Unterbaumaßnahmen geringer Intensität zur Verhinderung der flächig als (Wasser-)Konkurrenzpotenzial und verdämmend wirkender Bodenvegetation muss nach der örtlichen Tendenz zur Bodenverwilderung und vorhandenen Verjüngungsvorräten eingeschätzt werden.

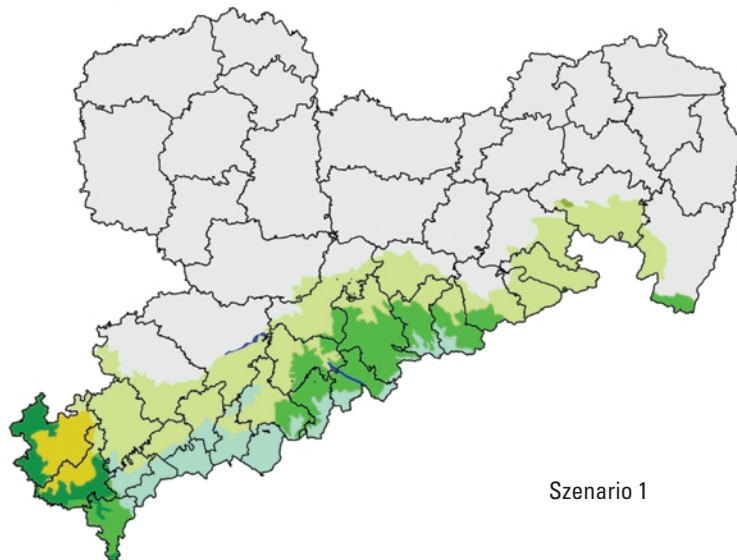
Die Auswahl und Prüfung der Anbaueignung von **Ökotypen** einheimischer Baumarten, deren ökologische Valenz auch künftigen Umweltbedingungen entspreche, ist ein entscheidender Beitrag zum Aufbau stabiler Waldökosysteme. Ähnlich sind Anbauversuche von ausgewählten fremdländischen Baumarten zu bewerten, die sich durch eine hohe Trockenheitstoleranz, hinreichende Resistenz gegenüber Frostereignissen sowie eine möglichst hohe Produktionsleistung und Holzeigenschaften, die zu einer nachhaltigen Rohstoffproduktion beitragen, auszeichnen. Um den notwendigen Forschungsvorlauf zu gewährleisten, sollten entsprechende Untersuchungen in nächster Zukunft eingeleitet werden.

Klimafolgen für den Wald im sächsischen Mittelgebirge

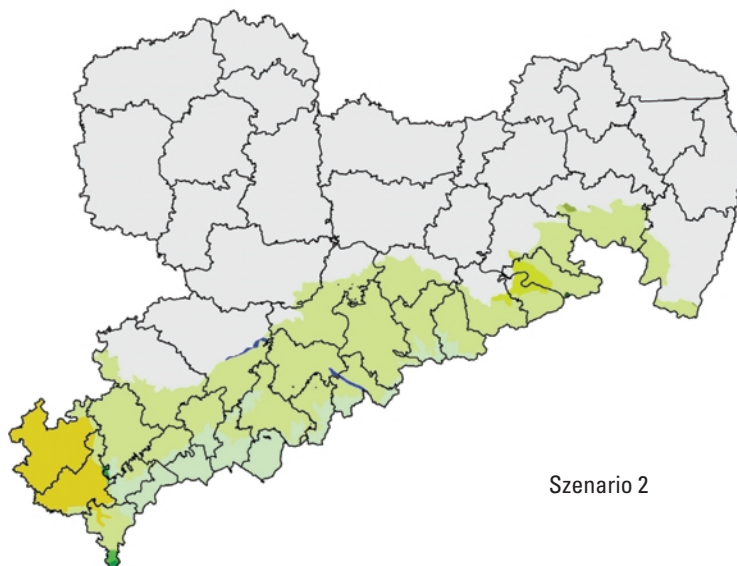
Für die sächsischen Mittelgebirge wird ebenfalls ein Rückgang der Niederschläge hauptsächlich in der Vegetationsperiode prognostiziert. Aufgrund des hohen Ausgangsniveaus der Niederschläge wird hier jedoch angenommen, dass die Wasserversorgung grundsätzlich nicht zum limitierenden Umweltfaktor für die Existenz und Entwicklung der Waldökosysteme wird. Unter heutigen klimatischen Bedingungen schränken jedoch die Umweltfaktoren Wärme und Licht die Anbaufähigkeit (im Sinne von Standortgerechtigkeit) wichtiger Waldumbaubaumarten ein. Daher wurden die vorherrschenden Jahresmitteltemperaturen (Ausdruck des Wärmeangebotes) als das entscheidende Kriterium für die vertikale Zonierung der potenziell natürlichen Waldgesellschaften herangezogen. Es wurden wiederum Schwellwertbereiche der durchschnittlichen Lufttemperatur für die regional-klimatische Eignung der Hauptbaumarten festgelegt und eine Adaptations-



aktuelle PNV



Szenario 1



Szenario 2

- | | |
|--|---|
| ■ Wollreitgras-Fichtenwald | ■ Wärmeliebende Eichenmischwälder |
| ■ Wollreitgras-Fichten-Buchenwald | ■ Erlen-Eschen-Auen-, Quell- und Niederungswälder und Erlenbruchwälder |
| ■ Hainsimsen-(Tannen-Fichten-)Buchenwald | ■ Waldmeister-Buchenwald |
| ■ Hainsimsen-(Tannen-Fichten-)Buchenwald mit Höhenkiefer | ■ Hainsimsen-Eichen-Buchenwald mit Höhenkiefer und Waldmeister-Buchenwald-Komplex |
| ■ Submontaner Hainsimsen-Eichen-Buchenwald | ■ Wärmeliebende Eichenmischwälder mit Kiefer |
| ■ Hochkolliner Hainsimsen-Eichen-Buchenwald | ∩ FoA-Grenzen (Stand 2003) |
| ■ Hainsimsen-Eichen-Kiefern-(Buchen-)Wald | |

Abb. 48a–c: a) Verteilung der potenziell natürlichen Waldgesellschaften (PNV) im sächsischen Mittelgebirgsraum unter den bisher herrschenden Umweltbedingungen; b) Verteilung der potenziell natürlichen Waldgesellschaften im sächsischen Mittelgebirgsraum nach Erhöhung der Jahresmitteltemperaturen um 1,5 K (gegenüber langjährigem Mittel); c) Verteilung der potenziell natürlichen Waldgesellschaften im sächsischen Mittelgebirgsraum nach Erhöhung der Jahresmitteltemperaturen um 2,0 K

fähigkeit der Hauptbaumarten/Waldgesellschaften integriert. Die Verteilung der potenziell natürlichen Waldgesellschaften erfolgte auf der Grundlage aktueller klimatischer Kenngrößen der einzelnen Wuchsbezirke [15] und der Zuordnung von klimatischen „Existenzbereichen“ für die jeweilige Waldgesellschaft. Sie führte zur gegenwärtigen Verteilung der potenziell natürlichen Waldgesellschaften in den sächsischen Mittelgebirgen [13] und bestätigt grundsätzlich den gewählten methodischen Ansatz.

Die Fichtenwälder dominieren klar in den Kammlagen des Erzgebirges. In den Hochlagen findet ein Übergang zu den Fichten-Buchen-Mischwäldern statt. Der eigentliche Bergmischwald-Komplex unter Beteiligung von Fichte, Weiß-Tanne, Rot-Buche und Berg-Ahorn prägt die Vegetation der Mittleren Berglagen. In den Unteren Berglagen sind Eichen-Buchenwaldgesellschaften vorherrschend. Auf flachgründigen und exponierten Standorten mit angespanntem Wasserhaushalt beteiligt sich die Höhenkiefer (vgl. Abb. 48a).

Szenario 1:

Erhöhung der Jahresmitteltemperaturen um 1,5 K

Selbst unter Berücksichtigung der Anpassungsfähigkeit der Baumarten im Bereich von +0,5 K führt die relativ geringe Temperaturerhöhung um 1,5 K zu gravierenden Veränderungen in der Verteilung der potenziell natürlichen Waldgesellschaften im sächsischen Mittelgebirgsraum.

Waldgesellschaften, in deren Baumschicht die Fichte als alleinige Hauptbaumart dominiert, sind quasi nicht mehr existenzfähig. Die Bergmischwälder dringen bis in die Kammlagen

vor. Die Fichte als Mischbaumart dieser Waldgesellschaften ist nur noch in den Hoch- und Kammlagen der Mittelgebirge flächendeckend vorhanden. Ihre Konkurrenzkraft ist deutlich reduziert. Submontane Eichen-Buchen-Mischwaldgesellschaften prägen das Bild der Mittleren Berglagen. Die Unteren Berglagen werden von hochkollinen Eichen-Buchenwaldgesellschaften bestimmt, die eigentlich für das Hügelland charakteristisch sind. Auf wärmebegünstigten Standorten würden diese Waldgesellschaften bis in die Mittleren Berglagen aufsteigen (vgl. Abb. 48b).

Szenario 2:

Erhöhung der Jahresmitteltemperaturen um 2,0 K

Nach diesem Temperaturanstieg werden in den Hoch- und Kammlagen der Mittelgebirge überwiegend die wärmeadaptierteren Varianten des Bergmischwaldes unter Beteiligung der Höhenkiefer vorkommen. Hochkolline Eichen-Buchenwaldgesellschaften prägen die Vegetation der Mittleren Berglagen. Wärmebegünstigte Standorte mit temporär angespanntem Bodenwasserhaushalt können bereits von Kiefern-Eichen- oder wärmeliebenden Eichenmischwäldern besiedelt werden. Ansonsten herrschen diese Waldgesellschaften auf entsprechenden Standorten der Unteren Berglagen vor.

Auch wenn ein Anstieg der Jahresmitteltemperatur um 2 K noch kein Extrem der angenommenen Erwärmungen darstellt, wären die heute typischen fichtendominierten Waldgesellschaften nahezu vollständig verschwunden. Größere Fichtenanteile werden vermutlich an Standorte gebunden sein, deren Bodenwasserhaushalt und/oder Expositionen auch unter einem veränderten Temperaturniveau eine ausreichende Wasserversorgung ermöglicht (vgl. Abb. 48c).

Konsequenzen

Waldgesellschaften, in deren Baumschicht die Fichte vorherrscht, werden nach einer Erhöhung der Jahresmitteltemperatur an Bedeutung verlieren, während Eichen-, insbesondere aber Buchenwaldgesellschaften, wesentlich adaptierter und damit ökologisch stabiler erscheinen. Insgesamt wird die Wasserversorgung für den Wald in den Mittelgebirgen auch zukünftig ausreichend sein.

Abb. 49: Buchenwaldgesellschaft



In Verbindung mit höheren Temperaturen und steigendem Transpirationsbedarf wird jedoch die Anbaufähigkeit von feuchteadaptierten Baumarten oder von Baumarten, die eine hohe Anpassung an ein feucht-kühles Standortklima aufweisen, eingeschränkt. Hauptsächlich auf flachgründigen Standorten mit einer geringen Wasserspeicherkapazität und auf besonders exponierten Standorten könnte es verstärkt zu periodischen Trockenstresserscheinungen kommen. Zudem muss von einer Verringerung der Abflussraten aus Waldökosystemen ausgegangen werden, was besonders in waldbestockten Einzugsgebieten von Talsperren von Bedeutung sein dürfte.

Ziel der **forstlichen Bewirtschaftung** muss ein intensiver Baumartenwechsel auf großen Standortbereichen über den Waldumbau sein, da die heutigen Bestandesverhältnisse noch überwiegend durch großflächige, gleichaltrige Fichtenreinbestände geprägt sind. Dies kann nur langfristig erreicht werden, denn die Möglichkeiten der Extensivierung sind hierbei begrenzt.

Da das reale Ausmaß der Klimaänderungen auch für den Mittelgebirgsraum nicht mit Sicherheit bekannt ist, müssen waldbauliche Strategien auch hier auf eine Risikominimierung gerichtet sein. Diese ist mit kleinflächig horizontal differenzierten Waldstrukturen gegeben, die in enger Anlehnung an den Kleinstandort ein möglichst weites Spek-

trum standortgerechter Baumarten mit einer insgesamt sehr breiten ökologischen Amplitude – insbesondere aber mit einer größeren Wärme- und Trockentoleranz – in den Waldumbau einbezieht. Unter sächsischen Mittelgebirgsbedingungen dürften modifizierte Femel-Bewirtschaftungsverfahren mit den angestrebten Mindestflächengrößen und Mindestaufflichtungen [11] am effektivsten diesem Ziel dienen.

Die Elastizität von Waldökosystemen (gegenüber Stoffeinträgen, Schaderregern) ist soweit auszubauen, dass ihre Fähigkeit zur strukturellen Erneuerung auch unter veränderten Umweltbedingungen erhalten bleibt.

Dazu sind verstärkte Bemühungen zur Erweiterung des Baumartenspektrums erforderlich. Das betrifft vorrangig die Einbringung wärme- und trockenoleranterer Ökotypen autochthoner, aber auch von gegenwärtig nicht standortheimischen Baumarten mit entsprechenden ökophysiologischen Eigenschaften. Dabei sind die Belange des Arten- und Biotopschutzes zu beachten.

Da das Ausmaß der eintretenden Umweltveränderungen nicht klar ist, kann auch bei der Baumartenwahl wiederum nur nach dem Prinzip der Risikominimierung vorgegangen werden. Einerseits sollte eine „Risikostreuung“ durch die Beteiligung einer möglichst breiten Palette geeigneter Baumarten in einer kleinstandörtlich angepassten Vertei-

lung erfolgen. Andererseits sind möglichst „sicherere“ Baumartenalternativen hinsichtlich der Toleranz gegenüber den zu erwartenden klimatischen Änderungen unter Beachtung der angestrebten hohen Stabilität und Produktivität des Waldökosystems zu wählen. Baumartenanteile und Flächenverteilungen können letztendlich nur an konkreten standörtlichen Bedingungen und Bestandeszuständen entschieden werden.

Dem Erhalt der Fichte in standortgerechter Mischung mit anderen Baumarten sollte auf geeigneten Standorten eine angemessene Bedeutung zukommen.

Inwiefern andere, wirtschaftlich interessante Nadelbaumarten mit hoher Produktivität, aber einer deutlich höheren Temperatur- und Trockentoleranz in den Waldumbau einbezogen werden sollten, ist durch entsprechende Untersuchungen zu klären.

Pflegemaßnahmen müssen zu einer ganzflächigen Konkurrenzauflockerung in der Baumschicht bei Erhalt der Steuerungsmöglichkeiten gegenüber der Bodenvegetation und zur Anreicherung von Verjüngungsvorräten standortgerechter Mischbaumarten führen.

Flankierende Maßnahmen

Der notwendige intensive Waldumbau auf größeren Flächen und über längere Zeiträume ist kostenintensiv und erfordert eine erhebliche staatliche Förderung. Im Verhältnis zum zeitlichen Rahmen (50 Jahre) der Klimaszenarien sind die waldbaulichen Rationalisierungsmöglichkeiten relativ gering. Diese Situation ist vor allem durch das geringe Samenangebot standortgerechter Baumarten und deren Verteilung auf der Waldfläche bedingt.

Das bedeutendste Rationalisierungspotenzial liegt in der strikten Umsetzung der Verwaltungsvorschrift Jagd in den Verwaltungsjagdbezirken. Dabei ist es Ziel, die Waldverjüngung ohne Zaunschutz zu erreichen. Hiervon werden nicht nur die Höhe der Investitionen, sondern auch deren Erfolgchancen, also letztendlich die praktische Realisierbarkeit des Waldumbauprogramms entscheidend beeinflusst.

Die Einführung fremdländischer Baumarten, für die bisher kaum repräsentative Erfahrun-

gen vorliegen, erfordert einen umfassenden Forschungsvorlauf. Soll auf den heute bewaldeten Flächen der Wald nicht nur als Vegetationsform erhalten werden, sondern auch der nachhaltigen Rohstoffproduktion dienen, ist es unausweichlich, diesen Fragen entsprechende Aufmerksamkeit zu widmen.

Weiterhin ist es zwingend notwendig darauf zu verweisen, dass den forstlichen Möglichkeiten Grenzen gesetzt sind, die mit fortschreitenden, anthropogen verursachten Umweltveränderungen weiter eingeengt werden. Die bisherigen, in sehr kurzer Zeit erreichten Erfolge sollten dazu ermutigen, die Schadstoffbelastung weiter zu reduzieren. Grenzbelastungen von Waldökosystemen, die das Critical-load-Konzept vorgibt, wurden bisher nur in Ausnahmefällen erreicht [12]. In diesem Zusammenhang müssen auch lokal differenzierte flankierende Maßnahmen zur Boden-sanierung (Kompensations- und meliorative Kalkungen) langfristig fortgesetzt werden [12].

Zusammenfassung/Ausblick

Im Jahr 2000 entstanden auf Initiative des LfUG erstmals regionale Klimaszenarien für Sachsen. Für die Abschätzung der Auswirkungen verschiedener Klimaszenarien auf die Waldentwicklung wurde im Jahr 2001 in einem ersten Ansatz die klimatische Eignung bestimmter Hauptbaumarten bezüglich der jeweils limitierend wirkenden Umweltfaktoren Wasserversorgung (im sächsischen Tiefland) sowie Wärme (im Mittelgebirgsraum) herangezogen. Auf der Basis der ermittelten Trockentoleranzreihen und Wärmeadaptationen der Hauptbaumarten (der Wasserversorgung bzw. der mittleren Jahrestemperaturen) erfolgte eine „modellhafte“ Anpassung an die „veränderten“ klimatischen Bedingungen der einzelnen Wuchsbezirke.

Die Klimaänderungsszenarien sind danach so weitreichend, dass es zu erheblichen Verschiebungen der potenziell natürlichen Baumartenverteilung kommt.

In der Tieflandsregion Sachsens wird der Wasserhaushalt weit über das aktuelle Maß hinaus zum limitierenden Umweltfaktor für die Baumartenzusammensetzung und Struktur der Wälder.

Der Waldumbau, verbunden mit einem Hauptbaumartenwechsel hin zu anspruchsvolleren Baumarten wird im trockeneren Spektrum der Sandstandorte des Tieflandes fragwürdig.

Bewirtschaftungseingriffe müssen streng ressourcenorientiert durchgeführt werden. In den trockensten Regionen wird eine Waldstrukturanpassung und der Anbau besonders trocken-toleranter Baumarten bzw. Herkünfte erforderlich, um die Vegetationsform Wald zu erhalten.

In den Mittelgebirgen wird die Wasserversorgung nicht generell zum limitierenden Umweltfaktor, wenngleich auch hier häufiger mit temporären Austrocknungsercheinungen gerechnet werden muss. Vielmehr werden ehemals planare und kolline Waldgesellschaften aufgrund der Temperaturerhöhung bis in die Höheren Berglagen hinein standortgerecht und konkurrenzfähig sein.

Anpassungsstrategien der Forstwirtschaft, die im Wesentlichen als Risikominimierung und -verteilung zusammengefasst werden können, sollten heute so ausgerichtet sein, dass sie auch dann noch zu stabilen Wirtschaftswäldern führen, wenn die angenommenen Klimaverschiebungen nicht oder nicht in vollem Umfang stattfinden sollten.

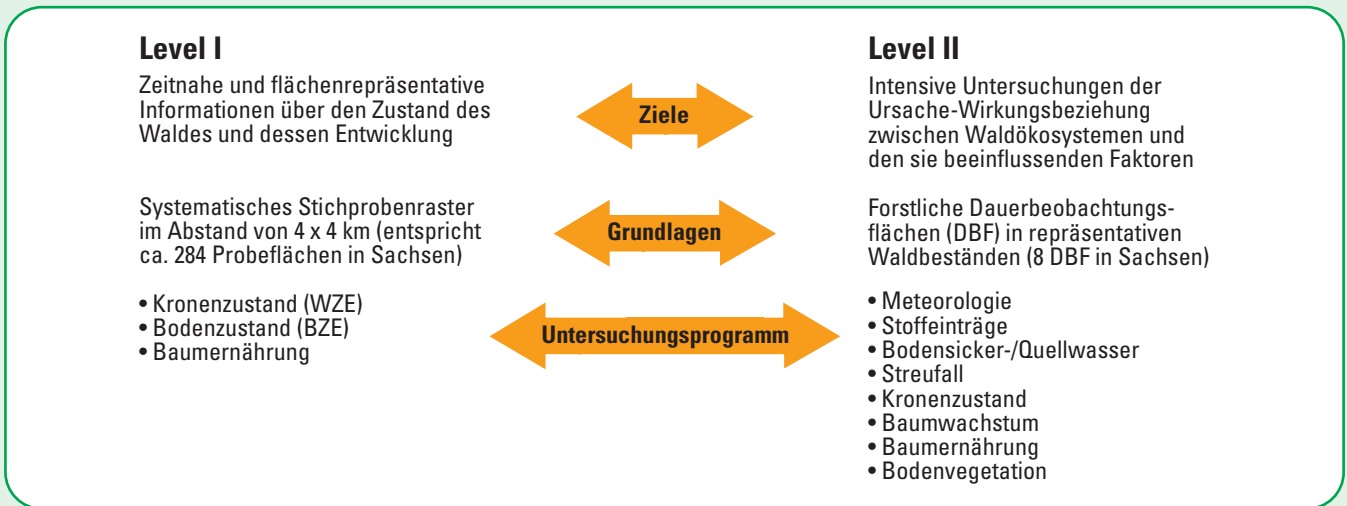
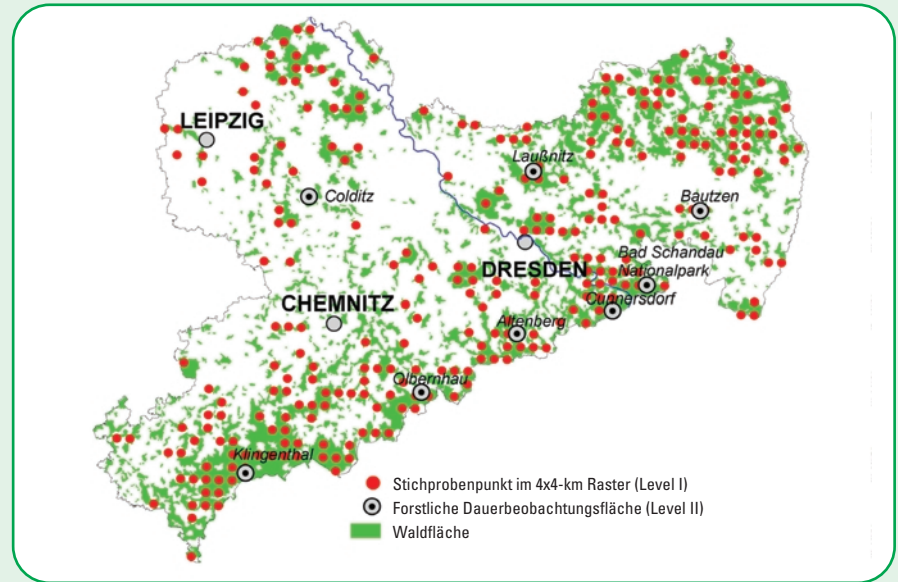
Die Berücksichtigung der dargestellten Klimaszenarien bedeutet keine prinzipielle Abkehr vom aktuellen Waldumbauprogramm in Sachsen, sondern zielt auf eine Optimierung. Es erscheint jetzt zweckmäßig, den Forschungsvorlauf für potenzielle Fragen der Praxis zu schaffen.

Bis zum Jahr 2004 sollen neue, auf dem globalen Klimamodell „ECHAM 5“ basierende regionalisierte Klimaszenarien des LfUG für Sachsen verfügbar sein. Diese ermöglichen eine wesentlich bessere Regionalisierung, jahreszeitliche Differenziertheit und Einbeziehung von Extremereignissen. Unter Verwendung der in Zukunft sachsenweit zur Verfügung stehenden digitalen Standortinformationen sowie unter Einbeziehung weiterer Erkenntnisse zum Wasserhaushalt in Waldökosystemen und der Temperaturadaptation wichtiger Hauptbaumarten können damit präzisiertere Analysen zu den Folgen der Klimaänderungen auf den Wald und die Forstwirtschaft abgeleitet werden.

Forstliches Monitoring

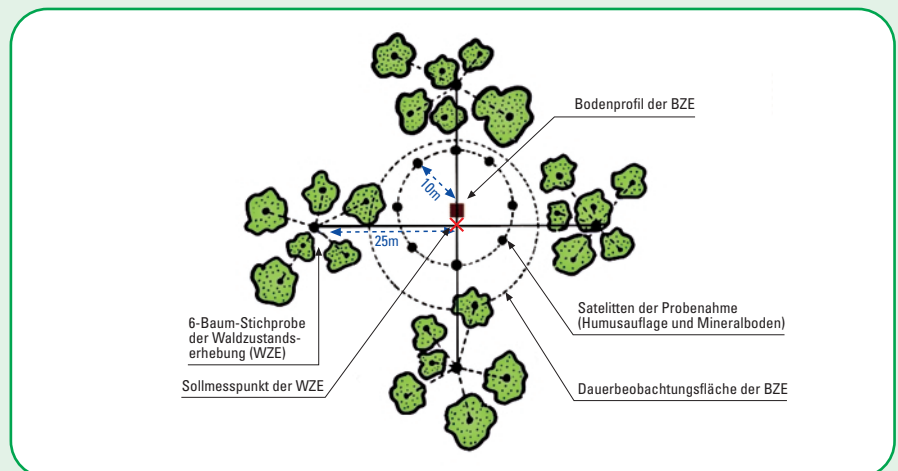
Die Einrichtung eines europaweiten Waldzustandsmonitorings geht zurück auf die Ratifizierung des Übereinkommens über weiträumige Luftverunreinigungen (Genfer Luftreinhaltkonvention der UN/ECE von 1979). Damit wurden erstmals die vielfältigen Auswirkungen von Luftverunreinigungen offiziell anerkannt und gleichzeitig ein Exekutivorgan geschaffen, welches 1984 das Internationale Kooperationsprogramm zur Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Wälder (ICP Forests) ins Leben rief. Im Jahre 1986 stimmten die Europäische Kommission und die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU) überein, ein europäisches Waldzustandsmonitoring einzuführen. Es gliedert sich derzeit in 2 Ebenen:

Abb. 50: Lage der Stichprobenpunkte im 4x4-km-Raster (Level I) und der Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF=Level II) in Sachsen



Einen Überblick über das vom Landesforstpräsidium (LFP) betreute Messnetz sowie die Aufnahmen vor Ort geben die Abb. 50 und 51 sowie Tab. 1 und 2. Von den 8 Flächen zur Untersuchung der Umweltbelastung in den sächsischen Wäldern sind 6 Messflächen in das europäische Level-II-Programm integriert.

Abb. 51: Schematische Übersicht zur Durchführung der Wald- und Bodenzustandserhebung



Wirkungen von Luftschadstoffen

Eine zunehmende Freisetzung (Emission) von Schadstoffen durch die rasch anwachsende Industrialisierung führte ab etwa Mitte des 19. Jahrhunderts großflächig zu einer neuen Art und Qualität der Stoffbelastung von Wald-Ökosystemen. Vorwiegend Schwefelverbindungen aus Kohlekraftwerken bestimmten bis weit in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts das Emissionsgeschehen und führten regional – beispielsweise im Erzgebirge – zum Absterben ganzer Waldkomplexe. In den

letzten Jahrzehnten gewann zudem die Emission von Stickstoffverbindungen aus Verkehr und Landwirtschaft an Bedeutung und stellt vielerorts bereits den Hauptbelastungsfaktor für die Ökosysteme dar. Schwefel- und Stickstoffverbindungen fungieren in der Luft als Säurebildner und sind infolge des Ferntransports und der Bildung des sogenannten „Sauren Regens“ auch in entlegenen Waldgebieten von herausragender Bedeutung. Es ist unumstritten, dass infolge

dieser Stoffbelastungen – neben den direkten Schäden an den oberirdischen Pflanzenorganen – vor allem eine beschleunigte Veränderung der chemischen, der biologischen und auch der physikalischen Bodeneigenschaften stattgefunden hat. Dies wiederum führte zu teilweise nachhaltigen Störungen im Ökosystem mit dem Verlust wesentlicher Standorteigenschaften und vielfach zu einer allmählichen Verlagerung der Schadstoffbelastung bis in das Quell- und Grundwasser.

Schwefeldioxid (SO₂), Schwefel, Schwefelsäure



Schwefeldioxidfreisetzungen erfolgen hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Energieträger (z. B. Braunkohle), wobei Schwefeldioxid (SO₂) entsteht.



Charakteristisch wirkt SO₂ als Stoffwechselgift auf die Assimilationsorgane. Dabei werden Fotosyntheseleistung und physiologische Prozesse – z. B. der Spaltöffnungsmechanismus der Nadeln und Blätter – beeinträchtigt, der Wasser- und Nährstoffhaushalt der Pflanzen gestört sowie die Frosthärte von Pflanzenteilen gemindert. Im Boden kann das Feinwurzelwachstum eingeschränkt sein, wobei die Versorgung der Pflanzen mit Magnesium von entscheidender Bedeutung ist.

Stick(stoff)oxide, Nitrat, Ammonium



Stickstoff liegt in verschiedenen chemischen Verbindungen vor, die unterschiedlichen Entstehungsprozessen entspringen und unterschiedliche Wirkungen zeigen. Stickoxide (NO_x = Stickstoffmonoxid [NO] und Stickstoffdioxid [NO₂]) entstehen vornehmlich bei den hoch temperierten Verbrennungsprozessen der Kraftfahrzeuge und sind letztlich Ausgangskomponente für Nitrat (NO₃) und als NO₂ für die Bildung von Ozon. Nitrat ist wie Ammonium (NH₄) zu etwa der Hälfte am Stickstoffeintrag der Wälder beteiligt, wobei NH₄ aus Ammoniak-(NH₃-)Emissionen gebildet wird, die zu ca. 80 % dem Einsatz von stickstoffhaltigen Düngemitteln und der Tierhaltung entstammen.



Nitrat (NO₃) ist zwar ein wichtiger Pflanzennährstoff, der jedoch im Übermaß zu ungünstigen Elementrelationen bei der Nährstoffaufnahme und zu entsprechenden Auswirkungen bei der Pflanzenernährung führt. Durch ein Überangebot von NO₃ können Versauerungsschübe im Boden induziert werden. Dabei verlassen Nitrat-Ionen in größeren Mengen das Ökosystem mit dem Sickerwasser und nehmen dabei aus Gründen des Ladungsausgleichs eine äquivalente Menge an Nährstoffen (z. B. Mg und Ca) mit sich, die dem Boden somit unwiederbringlich verloren gehen.

Auch NH₄ wirkt grundsätzlich wachstumsfördernd und kann wie NO₃ über die Blattoorgane aufgenommen werden („Blattdüngung“). Dabei kommt es jedoch zur Auswaschung anderer Nährelemente. Die dadurch induzierten Nährstoffungleichgewichte erhöhen die Anfälligkeit der Bäume gegenüber anderen Stressfaktoren. Zudem kann die Aufnahme von NH₄ durch die Wurzeln erhebliche bodeninterne Säurebelastungen hervorrufen, indem eine äquivalente Protonenabgabe an den Boden erfolgt.

Ozon (O₃)



Ozon ist ein giftiges Gas, das in bodennahen Luftschichten unter Einfluss von UV-Strahlung aus Stickoxiden und Sauerstoff gebildet wird, wobei flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC) den Prozess beschleunigen. Die Ausgangsstoffe entstammen vorwiegend der Industrie sowie dem Kraftfahrzeug- und Luftverkehr. Hohe Konzentrationen treten oft in Mittelgebirgsregionen auf, da dort die Strahlungsenergie häufig sehr hoch ist und Ozon-Abbauprozesse träger als in Ballungsräumen ablaufen.



Ozon dringt durch die Spaltöffnungen in das Pflanzengewebe ein und bewirkt dort eine Störung der Zellstruktur und einen geänderten Stoffwechselstatus, der wiederum durch Blattnekrosen und -verfärbungen sowie Wuchshemmungen zum Ausdruck kommt. Deutliche Symptome zeigen sich erst in Kombination mit weiteren Stressfaktoren, wie beispielsweise Witterungsextreme oder Pilzinfektionen. Eichen und Buchen sind deutlich anfälliger gegen Ozon als Fichten und Kiefern. Hier wurde dagegen ein so genannter „Memory-Effekt“ festgestellt, wonach sichtbare Symptome und der Einbruch der Fotosyntheseleistung der Bäume erst mit einjähriger Verzögerung auftreten.

Ozon führt als wesentlicher Bestandteil des Sommersmogs beim Menschen zu Reizungen der Augen, der Schleimhäute und der Atemwege und kann die körperliche Leistungsfähigkeit einschränken.

Zumindest in den Sommer- bis Herbstmonaten muss in den höheren Lagen des Erzgebirges von einer wiederholten Gefährdung der Waldökosysteme durch Ozon ausgegangen werden. Beispielsweise traten während des letzten Sommerwochenendes (19. bis 22.09.2003) an den Messstationen des Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG) am Schwartenberg bei Seiffen und auf dem Fichtelberg Tagesmittelwerte der Ozon-Konzentration von etwa 150 bis 180 µg O₃/m³ auf. Damit wurde der Schwellenwert von 65 µg O₃/m³ zum Schutz der Vegetation nach der Bundesimmissionsschutzverordnung (22. BImSchV) um ein Vielfaches überschritten.

Tabellarische Übersichten

Tab. 1: Kurzbeschreibung zu den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF)

Name DBF/ Forstamt	Wuchsgebiet	Geologie	Höhe [m]	Bestand/ Alter 2003	Betrieb seit
Klingenthal	Erzgebirge	Eibenstocker Granit	840	Fichte/ 84 Jahre	07/1993
Olbernhau	Erzgebirge	Grauer Gneis	720	Fichte/ 112 Jahre	10/1994
Cunnersdorf	Elbsandsteingebirge	Quadersandstein mit Lösslehm	440	Fichte/ 99 Jahre	07/1993
Neukirch (ehem. Bautzen)	Oberlausitzer Bergland	Lausitzer Granodiorit	440	Fichte/ 88 Jahre	07/1995
Laußnitz	Düben-Niederlausitzer Altmoränenland	diluvialer Decksand	170	Kiefer/ 95 Jahre	10/1994
Colditz	Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland	Lösslehm	185	Eiche/ 50 Jahre	07/1995
Bad Schandau	Elbsandsteingebirge	Basalt und Quader- sandstein mit Lösslehm	260	Buche/ 49 Jahre	09/1998
Altenberg	Erzgebirge	Rhyolith	750	Fichte/ 97 Jahre	05/2000

Tab. 2: Herleitung der kombinierten Schadstufe aus Kronenverlichtung (KV) und Vergilbung

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

0 = ohne Schadmerkmale
 1 = schwach geschädigt
 2 = mittelstark geschädigt
 3 = stark geschädigt
 4 = abgestorben

} deutlich geschädigt

Tab. 3: Baumarten- und Altersklassenverteilung der Stichprobenbäume im 4x4-km-Raster
(entspricht 284 Stichprobenpunkten bzw. 6 816 Bäumen; Angaben in %)

Baumart/ Baumartengruppe	Aktuelle Verteilung*	Stich- probe	Altersklasse					
			bis 20	21–40	41–60	61–80	81–100	>100
Fichte	42,6	43	8	14	22	18	21	17
Kiefer	30,1	31	11	20	28	16	11	14
Sonstige Nadelbäume	5,6	5	54	23	12	4	3	4
Buche	3,1	3	0	13	25	16	8	38
Eiche	5,1	5	5	9	16	8	16	46
Sonstige Laubbäume	13,5	13	16	14	37	16	9	8
Alle Baumarten	100,0	100	12	16	25	16	15	16

Tab. 4: Schadstufenverteilung nach Baumarten/Baumartengruppen (Angaben in %)

Baumart / Baumartengruppe	Fläche [ha]	Schadstufe				
		0	1	2	3 und 4	2-4
		ohne Schadmerkmale	schwach geschädigt	mittelstark geschädigt	stark geschädigt/ abgestorben	deutlich geschädigt
Fichte	204 039	38	48	13	1	14
bis 60 Jahre	89 780	57	39	4	0	4
über 60 Jahre	114 259	23	55	20	2	22
Kiefer	148 185	36	54	9	1	10
bis 60 Jahre	87 780	46	47	5	2	7
über 60 Jahre	60 405	23	63	13	1	14
Sonstige Nadelbäume	21 997	57	34	6	3	9
Nadelbäume	374 221	39	49	11	1	12
Buche* ¹	12 067	28	39	33	0	33
Eiche	22 135	17	41	40	2	42
Sonstige Laubbäume	61 577	37	42	19	2	21
Laubbäume	95 779	31	42	26	1	27
Alle Baumarten	470 000* ²	37	48	14	1	15
bis 60 Jahre	249 274	49	42	8	1	9
über 60 Jahre	220 726	23	55	21	1	22

*¹ keine gesicherte Aussage, *² Fläche ohne Nichtholzboden

Tab. 5: Häufigkeit (%) des Auftretens von Nadel-/Blattvergilbungen nach Intensitätsstufen, Insekten- und Pilzbefall nach Intensitätsstufen und Blüte/Fruktifikation nach Intensitätsstufen

Baumart/ Baumartengruppe	Anteil vergilbter Nadeln/Blätter			Insektenbefall/ Pilzbefall			Blüte bzw. Fruktifikation alle Alter/über 60 Jahre		
	11–25 %	26–60 %	> 60 %	gering	mittel	stark	gering	mittel	stark
Fichte	1	1	0	1/0	0/0	0/0	34/46	7/11	1/1
Kiefer	1	0	0	2/2	0/0	1/0	59/72	9/14	1/3
Sonstige Nadelbäume	5	3	0	2/0	0/0	0/0	14/43	3/14	0/0
Buche	1	0	0	7/0	0/0	0/0	33/37	22/24	14/15
Eiche	1	0	1	22/2	7/1	0/0	43/54	9/11	6/7
Sonstige Laubbäume	2	0	0	14/1	3/0	1/0	27/26	13/14	7/9
Alle Baumarten	2	1	0	4/1	1/0	0/0	40/52	9/12	2/3

Tab. 6: Baumartenverteilung der Stichprobe in den Wuchsgebieten (Angaben in %)

Wuchsgebiet	Ges.	- 60	> 60	Fichte	Kiefer	Sonstige Nadelbäume	Buche	Eiche	Sonst. Laubbäume
14* Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland	30	60	40	3	82	0	0	3	12
15* Düben-Niederlausitzer Altmoränenland									
23* Sachsen-Anhaltinische Löss-Ebenen	3	44	56	0	0	5	0	26	69
24* Leipziger Sandlöss-Ebene									
25* Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland	6	44	56	19	20	5	1	15	40
26* Erzgebirgsvorland	2	86	14	69	1	13	1	11	5
27 Westlausitzer Platte und Elbtalzone	10	57	43	25	32	0	6	14	23
28 Lausitzer Löss-Hügelland									
44* Vogtland	5	40	60	68	14	4	1	6	7
45 Erzgebirge	33	46	54	84	1	6	3	1	5
46 Elbsandsteingebirge	11	59	41	53	16	16	6	1	8
47 Oberlausitzer Bergland									
48 Zittauer Gebirge									
Sachsen	100	53	47	43	31	5	3	5	13

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

Tab. 7: Schadstufenverteilung in den Wuchsgebieten (Angaben in %)

Wuchsgebiet	Baumart/Alter	Schadstufen		
		0	1	2 bis 4
14* Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland	Alle	37	52	11
15* Düben-Niederlausitzer Altmoränenland	Kiefer	39	52	9
23* Sachsen-Anhaltinische Löss-Ebenen	keine Aussage möglich			
24* Leipziger Sandlöss-Ebene	keine Aussage möglich			
25* Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland	Alle	40	44	16
26* Erzgebirgsvorland	keine Aussage möglich			
27 Westlausitzer Platte und Elbtalzone	Alle	41	46	13
28 Lausitzer Löss-Hügelland				
46 Elbsandsteingebirge	Alle	36	50	14
47 Oberlausitzer Bergland	Fichte	34	53	13
48 Zittauer Gebirge	keine Aussage möglich			
44* Vogtland	Alle	66	28	6
	Fichte	67	29	4
45 Erzgebirge	Fichte	32	50	18
	bis 60 Jahre	52	43	5
	über 60 Jahre	17	56	27
	Alle	31	49	20
	bis 60 Jahre	48	44	8
	über 60 Jahre	16	54	30
Sachsen	Alle	37	48	15

* Wuchsgebiet erstreckt sich über mehrere Bundesländer; hier sächsischer Teil

Tab. 8: Zuwachsdaten der 6 Level-II-Flächen (Stichtag: 01.01.2003)

DBF	Baumart	Alter (2003)	Baumzahl	Oberhöhe	Mittlerer Durchmesser	Grundfläche	Vorrat (Derbholz)	Zuwachs	
		a	St/ha	m	cm	m ² /ha	m ³ /ha	1983–1992 m ³ /ha/a	1993–2003 m ³ /ha/a
Klingenthal	Fichte	84	460	28,2	37,3	50,3	603	12,0	19,8
Olbernhau	Fichte	112	490	28,3	36,1	50,1	606	10,3	18,1
Cunnersdorf	Fichte	99	303	27,7	38,2	34,9	422	7,1	13,2
Neukirch / Bautzen	Fichte	88	580	27,1	28,4	36,7	440	11,1	12,1
Laußnitz	Kiefer	95	639	24,2	27,8	38,8	404	7,8	9,7
Colditz	Eiche	50	333	20,5	22,2	12,9	124	4,5	7,7

Literaturverzeichnis

- [1] BUTZ-BRAUN, R.: Vergleichende ton-/mineralogische Untersuchungen zur Veränderung an Dreischicht-Tonmineralen an Bodenproben zum Nachweis von Kalkungsmaßnahmen. Abschlussbericht zum Werkvertrag, Graupa 2003.
- [2] ENKE, W.; KÜCHLER, W.: Klimaprognose für Sachsen – Zusammenfassender Bericht Regionalisierung von Klimamodell-Ergebnissen mittels des statistischen Verfahrens der Wetterlagen-Klassifikation und nachgeordneter multipler Regressionsanalyse für Sachsen. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL), Dresden 2001.
- [3] HOFMANN, G.; ANDERS, S.; MATTHES, B.: Das potentiell-natürliche und derzeitige Waldbild in den ostdeutschen Ländern. Übersichtsinformation zu Verbreitung, Flächenanteil, Baumartenzusammensetzung, Ökologie und Nettoprimärproduktion der potentiell-natürlichen Waldvegetation und der derzeitigen Forsten. Mitt. Bundesforschungsanstalt für Forst und Holzwirtschaft Nr. 196, Hamburg 2000.
- [4] IRRGANG, S.: Wasserhaushaltsmodellierung für den Kiefern-Waldumbau. Vortrag zum BMBF-Fachkolloquium „Themenschwerpunkt Wasserhaushalt“, „Ökologie des Waldumbaus, Dynamik in Strukturen und Prozessen“, BFH in Eberswalde, 13./14.03.2001.
- [5] IRRGANG, S.: Klimaänderung und Waldentwicklung in Sachsen - Auswirkungen auf die Forstwirtschaft. Forstarchiv, 73. Jg. 2002, Heft 4, S. 137–148.
- [6] IRRGANG, S.: Waldklimastationen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 11, Graupa 1997.
- [7] KAHLE, H.-P.; SPIECKER, H.: Wachstum von Fichten (*Picea abies* Karst.), Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) und Buchen (*Fagus sylvatica* L.) auf ausgewählten Standorten in Sachsen. Abschlussbericht zum Werkvertrag, Graupa 2003.
- [8] MÜLLER, J.: Ermittlung von Kennwerten des Wasserhaushaltes in Kiefern- und Buchenbeständen des nordostdeutschen Tieflandes. Beitr. Forstwirtschaft und Landsch.ökol. 35, 2001, S. 14–18.
- [9] RABEN, G., ANDREAE, H., KARST, H., SYMOSSEK, F., LEUBE, F.: Bodenzustandserhebung (BZE) in den sächsischen Wäldern (1992–1997). Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 20, Graupa 2000.
- [10] RÖHLE, H.: Wachstumskundliche Untersuchungen für die Level-II-Flächen. Abschlussbericht zum Werkvertrag, Graupa 2003.
- [11] SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR FORSTEN: Waldumbau auf Tieflands- und Mittelgebirgsstandorten in Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 19, Graupa 1999.
- [12] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT: Waldzustandberichte der Jahre 1999–2002.
- [13] SCHMIDT, P. A.: Übersicht der natürlichen Waldgesellschaften Deutschlands. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 4, 1995.
- [14] SCHMIDT P. A.; LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE; SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR FORSTEN: Natürliche Waldvegetationslandschaften Sachsens. (VL)/Entsprechende Sachsenkarte 1 : 300 000, 1996.
- [15] SCHWANECKE, W.; KOPP, D.: Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke im Freistaat Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 8, 1996.

Impressum

- Herausgeber: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL)
01075 Dresden
Internet: www.smul.sachsen.de
- Öffentlichkeitsarbeit: Telefon: (03 51) 5 64 68 14, Fax: (03 51) 5 64 20 74
e-Mail: info@smul.sachsen.de (Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente)
- Redaktion: Landesforstpräsidium (LFP)
Bonnewitzer Straße 34
Mario Helbig
01796 Pirna, OT Graupa
Telefon: (0 35 01) 5 42-0, Fax: (0 35 01) 5 42-2 13
e-Mail: poststelle@lfp.smul.sachsen.de (Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente)
- Redaktionsschluss: 30.09.2003
- Fotos: Archiv der LFP
- Autoren: Mario Helbig, Arnd Schöndube (Kronenzustand, Forstliches Monitoring),
Dr. Sven Irrgang (Witterung, Klimaveränderung),
Dr. Gerhard Raben (Stoffeinträge, Bodenzustand, Baumwachstum, Luftschadstoffe und Wirkungen),
Lutz-Florian Otto (Biotische Schäden, Schältschäden)
- Auflagenhöhe: 4 000
- Layout und Produktion: WDS Pertermann GmbH, Dresden
- Papier: gedruckt auf Papier aus 100 % chlorfrei (tcf) gebleichtem Zellstoff
- Kostenlose Bestelladresse: Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung
Hammerweg 30
01127 Dresden
Telefon: (03 51) 2 10 36 71 oder -72, Fax: (03 51) 2 10 36 81
- Verteilerhinweis: Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

