



Das Lebensministerium



Waldzustandsbericht 2006

Freistaat  Sachsen

Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

Inhalt Waldzustandsbericht 2006

(Waldschadensbericht nach § 58 SächsWaldG)

	Seite
Waldzustand 2006 im Überblick (D, GB, CZ, PL)	1
Vorbemerkungen	5
Rahmenbedingungen für den Waldzustand	6
Witterung	6
Immissionen/Stoffeinträge/Stoffausträge	9
Waldzustand 2006	12
Kronenzustand/Biotische Schäden	12
Abgrenzung stark geschädigter Waldökosysteme durch Immissionsschadzone	24
Anhang	26
Forstliches Monitoring	26
Wirkung von Luftschadstoffen	27
Tabellarische Übersichten	29
Literaturverzeichnis	32
Glossar	32



Im Jahr 2006 weisen **14 % der sächsischen Waldfläche deutliche**, 45 % leichte und 41 % keine erkennbaren Schäden auf. Sowohl im Vergleich zum Vorjahr als auch für den gesamten zurückliegenden 16-jährigen Beobachtungszeitraum hat sich der Kronenzustand verbessert. Diese Verbesserung ist jedoch nicht mit einer höheren ökologischen Stabilität gleichzusetzen, wofür unter anderem der Anteil der schadensbedingten Nutzungen (Schneebruch, Sturm- und Insektschäden) und die Waldschutzaufwendungen eindeutige Indikatoren sind. Die Entwicklung und die aktuelle Situation müssen jedoch nach Baumarten und Wuchsgebieten differenziert betrachtet werden:

- Die in sächsischen Wäldern dominierende Baumart **Fichte** ist zu 12 % deutlich geschädigt. Dieser Wert liegt im Schwankungsbereich der Vorjahre, ist aber wesentlich niedriger als zu Beginn der Erhebung 1991. Ausschlaggebend für diese positive Entwicklung ist vorrangig der gravierende Rückgang der „klassischen“ Immissionsbelastung durch Schwefeldioxid bei gleichzeitiger Verminderung der Säurebelastungen in den Wäldern. Nach dem Abklingen der im Jahr 2003 eingetretenen Massenvermehrung der Borkenkäfer zeichneten sich mit der trockenwarmen Witterung im Juni/Juli 2006 erneut günstige Bedingungen für einen Bestandesanstieg ab. Besonders auf trockenen Standorten stieg der Befall an. Der kühlfeuchte August verhinderte jedoch eine Befallsentwicklung wie 2003, zugleich besteht für 2007 aber ein erhöhtes Waldschutzrisiko.
- Die **Kiefer**, zweithäufigste Baumart in den sächsischen Wäldern, weist mit 12 % deutlichen Schäden ein vergleichbares Schadenniveau wie in den Vorjahren auf. Demgegenüber ging der Flächenanteil ungeschädigter Kiefern in den letzten Jahren auf aktuell 32 % zurück. Während im kieferndominierten nordöstlichen Landesteil das Vorkommen der Nonne (*Lymantria monacha* L.) auf ein geringes Maß abgesunken ist, nehmen die Popula-

tionsdichten des Kiefernspanners (*Bupalus piniarius* L.) weiter zu. Eine Gefährdung von Kiefernbeständen ist dadurch zwar noch nicht gegeben, jedoch muss die Entwicklung weiter beobachtet werden.

- Trotz der anhaltenden Verbesserung im Kronenzustand der **Eichen** liegen die deutlichen Schäden mit 29 % noch immer etwa 15 Prozentpunkte über dem mittleren Befund aller Baumarten, die Fläche gesunder Eichen hat gegenüber 2005 auf nunmehr 25 % zugenommen. Diese Entwicklung wird von wiederholt geringen Fraßschäden durch Wickler- und Frostspanner-Arten begleitet.
- Die deutlichen Schäden bei der **Buche** erhöhten sich seit 1991 von 4 % auf heute 41 %. Sie erreichen damit nahezu das gleiche Niveau wie im Vorjahr, so dass die Buche wie 2005 die am stärksten geschädigte Baumart in Sachsen ist. Die geringen Belaubungsdichten gehen mit **Samenbildungen** einher, die in immer kürzeren Abständen erfolgen. Die Fruktifikation der Buche war in diesem Jahr besonders stark zu beobachten.
- In den einzelnen **Wuchsgebieten** Sachsens schwankt der Anteil deutlicher Schäden zwischen 11 % (Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland sowie Vogtland) und 18 % im Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge. Dennoch hat sich der Waldzustand in fast allen Wuchsgebieten im Vergleich zum Vorjahr leicht verbessert. Einzig im Sächsisch-Thüringischen Löss-Hügelland haben die Schäden zugenommen.

Charakteristisch für den **Witterungsverlauf** im Jahr 2006 war eine ungewöhnlich lange und schneereiche Spätwinterperiode. Durch Sturmereignisse im Dezember 2005 und erheblichen Schneefall fielen ca. 243.000 m³ Wurf- und Bruchholz an.

Bis Ende März war es im Vergleich zum langjährigen Mittel zu kalt, wodurch sich das Austreiben der Vegetation verzögerte. Mit Ausnahme des westlichen Erzgebirges führten bereits im April Niederschlagsdefizite bei

gleichzeitig hohem Wasserverbrauch durch die austreibende Vegetation zu einer angespannten Wasserversorgung. Dementsprechend konnten negative Auswirkungen auf die Vitalität und das Wachstum der Verjüngungen und einzelner Laubbaumbestände im Tiefland festgestellt werden. Erst Anfang August setzten häufigere und stärkere Niederschläge ein, die das Defizit an Bodenwasservorräten beheben konnten. Insgesamt vereint der Witterungsverlauf des Jahres 2006 einige Extreme, indem sowohl die Zahl der sogenannten Eistage (max. < 0 °C) als auch die Zahl der sogenannten Sommertage (max. > 25 °C) ungewöhnlich hoch waren.

Die Stoffbelastung in den Waldökosystemen hat sich in den letzten ein bis zwei Jahrzehnten deutlich verändert, indem die ehemals hohen **Schwefeleinträge** auf das Niveau vergleichbarer europäischer Regionen abgesunken sind und die Belastungen durch **Stickstoff** relativ an Bedeutung gewonnen haben. Die zwar verminderten aber anhaltend zu hohen Säurebelastungen werden in den Wäldern über bodeneigene Puffermechanismen unter mehrheitlicher Freisetzung von Aluminium abgefangen. Dabei gehen – zusätzlich verstärkt durch die Mobilisierung von Schwefelvorräten des Bodens – weiterhin große Mengen an wichtigen Pflanzennährstoffen mit dem Sickerwasser verloren. Die Waldböden Sachsens sind dadurch großflächig und vor allem lang anhaltend geschädigt. Deshalb werden ungeachtet der verminderten Schadstoffbelastung zur Vermeidung einer fortschreitenden Bodenverarmung zumindest in den Waldökosystemen des Erzgebirges auch künftig Kalkungsmaßnahmen notwendig sein.

Im Rahmen der **Regionalisierung** bodenchemischer Daten unter Einbeziehung des Waldzustandes wurde eine Aktualisierung der Immissionssschadzonen gemäß § 32 SächswaldG [5] vorgenommen. Damit wurde die Durchführung von Maßnahmen zur Sanierung der Wälder, die von Umweltbelastungen betroffen sind, auf eine ökologisch fundierte Grundlage gestellt. Diese berücksichtigt die indirekten Langzeiteffekte der Immissionsbelastung in den Waldökosystemen.



14 % of the forest area in Saxony in 2006 is **visibly damaged**, 45 % is slightly damaged and 41 % remains apparently undamaged while the state of the canopy has improved slightly both as compared with the previous year and the entire 16-year period under observation. However, this improvement should not be equated with higher ecological stability, as the proportion of utilisation from damage (snow breakage and storm and insect damage) and expenditures for protecting the forest clearly indicate. We should make a differentiated analysis of the forest's development and current situation according to species of trees and growth areas:

- **Spruce** is the predominant species of trees in Saxon forests and at 12 % it is clearly damaged. This figure is still within the previous year's fluctuation range, although it is measurably lower than at the onset of the survey in 1991. The key factor for this gratifying development is the serious decline in the "classical" immission load from sulphur dioxide while simultaneously reducing the acid pollution in forests. After the outbreak of bark beetles in 2003 subsided, the dry and warm weather in June and July of 2006 brought about conditions that were again favourable for an increase in the population and the invasion increased particularly in dry areas. The cool and moist August prevented an invasion developing as in 2003, although there still is a greater risk that the forest will require protection in 2007.
- **Pine**, which represents the second-largest proportion of tree species in Saxon forests, had 12 % of its population visibly damaged. That is a level of damage similar to previous years, although the proportion of undamaged pine-stand areas has dropped to 32 % in the last few years. Nun moth (*lymantria monacha* L.) declined to a low level in areas dominated by pine in the north-eastern part of Saxony while population densities of the pine looper (*bupalus piniarius* L.) continue to grow. This does not spell out a danger to the pine

stands, although this development should be kept under observation.

- In spite of the continual improvement in the state of the canopy of **oak**, the visible damage is 29 %, which is 15 % percentage points above the mean findings for all tree species. The area of healthy oaks has increased to 25 % as compared with 2005 and this development is accompanied by slight feeding damage from leaf-roller and winter-moth species.
- Since 1991, visible damage for **beech** has risen from 4 % to 41 % today, meaning it was on the same level as in the previous year so that beech is the most severely damaged species of tree in Saxony as it was in 2005. The slight foliage density is accompanied by seed formation that takes place at continually smaller intervals and there was particularly intense fructification to be observed with the beech this year.
- The proportion of visible damage in each specific **growth area** in Saxony fluctuates between 11 % (in the *Mittleres nordost-deutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland and Vogtland*) and 18 % in the *Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge*. Nevertheless, the condition of the forest has improved slightly in virtually all growth areas as compared with the previous year and damage has only increased in the *Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland*.

An unusually long late winter period abounding in snow was characteristic for the **weather** course in 2006. Storm events in December of 2005 and significant snowfall caused an accumulation of 243,000 m³ of blowdown and windbreak.

As compared with the mean of the long term, it was too cold to the end of March which delayed the sprouting of vegetation. Excepting in the Western Ore Mountains, there was deficient rainfall as early as in April with simultaneous high water consumption, which caused a tense water supply due to the sprouting vegetation. This is the reason why

there was a negative impact observed on the vitality and growth of regeneration and of certain deciduous stands in the lowlands. More frequent and more intensive rainfall only began at the beginning of August that was able to rectify the lack of soil water reserves. Altogether, the weather course of 2006 was the combination of some extremes since both the number of what are known as ice days (maximum < 0 °C) and the number of what are known as summer days (maximum > 25 °C) were unusually high.

The substance pollution in the forest ecosystems has changed dramatically in the last one to two decades since the formerly high **sulphur inputs** has fallen to the level found in comparable European regions while the **nitrogen** pollution has come to the fore. Acid pollution has dropped, although it continues to be excessive, but it is cushioned in forests by the soil's internal buffer mechanisms while releasing mostly aluminium. This induces depletion of great amounts of important plant nutrients with the seepage water, which is additionally compounded by mobilising the soil's sulphur reserves. This has damaged Saxony's forest soils over large areas and particularly in the long term. This is the reason why lime treatment will be necessary in future to prevent continuing soil depletion at least in the forest ecosystem of the Ore Mountains, notwithstanding the lower amount of pollution.

The immission damage zones were updated as per Section 32 of the Sächsisches Waldgesetz (Saxon Forest Act) [5] for **regionalising** soil chemical data including the forest condition. This provides a sound ecological basis for reclamation work for forests affected by environmental pollution and includes the indirect long-term effects of immission load in forest ecosystems.



V roce 2006 bylo **14 % lesů v Sasku zřetelně poškozeno**, 45 % mírně poškozeno a 41 % nevykazovalo viditelné známky poškození. Jak ve srovnání s předchozím rokem tak i s 16-letým obdobím sledování došlo k zlepšení stavu koruny. To zlepšení však nemůžeme považovat za lepší ekologickou stabilitu, o čemž jednoznačně svědčí podíl použití poškozených porostů (na základě sněhové kalamity, škody způsobené vichřicí a hmyzími škůdci) a nároky na ochranu lesů.

Vývoj a aktuální situaci musíme však specifikovat podle druhů dřevin a oblasti růstu:

- **Smrk**, nejvýznamnější dřevina saských lesů, vykazoval viditelné poškození na 12 % porostů. Tato hodnota se příliš neliší od předcházejících let, je však výrazně nižší než na počátku sledování v roce 1991. Pozitivní vývoj je způsoben především významným snížením „klasické“ imisní zátěže vyvolané oxidem siřičitým v souběhu se snížením kyselé depozice do lesů.

Po zmírnění masivního přemnožení kůrovce, ke kterému došlo v roce 2003, se zase projeví vhodné podmínky pro nárůst populace kůrovce, vyvolané extrémně suchým a teplým počasím v červnu/červenci roku 2006. Zvláště na suchých stanovištích se napadení zvýšilo. Na základě vlhkého a chladného počasí v srpnu však nedošlo ke kalamitě jako v roce 2003, ačkoliv je dáno vyšší riziko ochrany lesa na rok 2007.

- **Borovice**, která je druhým nejrozšířenějším druhem dřevin saských lesů, byla viditelně poškozena na 12 % porostu, což odpovídá hodnotám z předchozích let.

V minulých letech však poklesla rozloha nepoškozených porostů, a to na 32 % v současnosti.

V severo-východní části Saska, kde je borovice dominantním druhem, poklesl výskyt bekyně mniška (*Lymantria monacha* L.) na nižší úroveň, zatímco se populační hustota tmavoskvrnáče borového (*Bupalus piniarius* L.) zvýšila. Borovicové porosty tím vývojem však nejsou ohrožené, je však třeba sledovat další vývoj v budoucnosti.

- **Dub** vykazuje přes další zlepšování stavu koruny zřetelné poškození na 29 % celkové

rozlohy, což je hodnota o 15 procentních bodů vyšší než střední hodnota ostatních druhů dřevin. Rozloha zdravých, nepoškozených dubů se zvýšila oproti roku 2005 na 25 %. Poškození žírem obaleči a motýlovitými druhy bylo v tomto roce nevýznamné.

- **Buk** vykazoval růst viditelného poškození ze 4 % v roce 1991 na 41 % v současnosti. V porovnání s předchozím rokem se poškození nezměnilo, buk však zůstává nejvíce poškozenou dřevinou na území Saska.

Malé hustoty listoví probíhají souběžně s tvorbou semen, což se děje ve stále kratších intervalech. V tomto roce došlo k významné fruktifikaci buku.

- Procento viditelného poškození je v různých oblastech růstu Saska mezi 11 % (Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland jakož i Vogtland) a 18 % v Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge. Téměř ve všech oblastech růstu se stav lesa v porovnání s předešlým rokem mírně zlepšil. Pouze v oblasti Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland došlo ke zhoršení stavu.

Počasí v roce 2006 bylo charakterizováno extrémně dlouhou zimou s pozdními mrazy a mimořádným množstvím sněhu. Silné bouře v prosinci 2005 a sněhové kalamity vedly k tomu, že vzniklo cca 243.000 m³ kalamitního dřeva.

Ve srovnání s dlouholetou střední hodnotou bylo do konce března příliš zima, čímž se nástup vegetačního období opozdil. S výjimkou oblasti západních Krušných hor deficitní srážky v dubnu spolu s vysokou spotřebou vody vegetací vedly k napjatému stavu při zásobování vodou. V souvislosti s tím byly negativní dopady na vitalitu a růst zmlazení a jednotlivých listnatých porostů v nížině. Teprve na začátku srpna byly silnější a opakované srážky s tím, že nedostatek vodních zásob v půdě mohl být vyrovnán.

Celkový průběh počasí v roce 2006 je vyznačován extrémními situacemi, přičemž počet takzvaných ledových dní (max. < 0 °C) jakož i počet takzvaných letních dní (max. > 25 °C) byl mimořádně vysoký.

Látková zátěž ekosystémů lesa se za minulých jedno až dvě desetiletí významně změnila; původně vysoký spad síry poklesl na úroveň srovnatelnou s jinými evropskými zeměmi, zatímco spad dusíku získal na významu. Kyselá depozice se sice snížily, jsou však stále ještě vysoké a budou částečně vyrovnány pufrací schopností lesní půdy, přičemž dochází k uvolnění hliníkových iontů. Dále se velké množství důležitých rostlinných živin ztratí s průsakovou vodou, což bude dodatečně zesíleno mobilizací sírových zásob v lesní půdě. Na základě toho lesní půdy Saska jsou poškozeny ve velké míře a dlouhodobě. Bez ohledu na snížené zatěžování škodlivinami je třeba provádět alespoň v ekosystémech Krušných hor i v budoucnosti meliorační opatření způsobem vápnění.

V rámci regionalizace chemických údajů o půdách s respektováním stavu lesa byla prováděna aktualizace imisních oblastí podle § 32 SächsWaldG [5]. Tím byl vytvořen systém opatření k sanaci ekologicky postižených lesů na ekologicky zdůvodněném základě, jenž respektuje nepřímé dlouhodobé účinky imisních zátěží v ekosystémech lesa.



W 2006 roku **14% powierzchni leśnej Saksonii wykazywało widoczne uszkodzenia**, 45% uszkodzenia słabe, a na 41% powierzchni nie stwierdzono symptomów uszkodzeń. Zarówno w porównaniu z rokiem ubiegłym jak i w całym minionym 16-letnim okresie obserwacji, stan koron drzew uległ poprawie. Poprawy tej nie należy jednak stawiać na równi ze zwiększoną stabilnością ekologiczną, czego jednoznaczными wskaźnikami są między innymi: udział uwarunkowanego szkodami użytkowania (śniegołom, szkody wywołane burzą i owadami), jak i nakłady związane z ochroną lasów. Bardziej szczegółowy opis tego rozwoju jak i aktualnej sytuacji, odnoszący się do głównych gatunków drzew leśnych oraz regionów przyrodniczych przedstawia się następująco:

- U **świerka pospolitego**, głównego gatunku drzewiastego lasów Saksonii, udział widocznych uszkodzeń wyniósł 12%. Ten wynik mieści się w zakresie zmienności obserwowanej w ostatnich latach, jakkolwiek, znajduje się znacznie poniżej poziomu uzyskanego na początku okresu pomiarowego w 1991 roku. Główną przyczyną tego pozytywnego kierunku zmian jest olbrzymi spadek klasycznego stresu powodowanego przez imisję dwutlenku siarki, przy jednoczesnym zmniejszeniu zakwaszenia w lasach. Po zaniknięciu występującego w roku 2003 masowego pojawu korników, doszło do ponownego powstania korzystnych warunków dla wzrostu ich populacji, którym sprzyjała sucha i gorąca pogoda w czerwcu/lipcu 2006 roku. Do wzrostu liczebności korników doszło zwłaszcza w miejscach suchych. Chłodne i wilgotne warunki pogodowe w miesiącu sierpniu zapobiegły dalszemu rozwojowi pojawu korników jak w roku 2003, jednocześnie zaistniało dla roku 2007 zwiększone ryzyko ochrony lasów.
- U **sosny zwyczajnej**, której udział wśród wszystkich gatunków drzewiastych w lasach Saksonii zajmuje drugie miejsce, 12% drzewostanów wykazywało uszkodzenia widoczne. Poziom uszkodzenia był zbliżony do tego w latach ubiegłych. Natomiast udział powierzchni z drzewostanami sosnowymi nie wykazującymi uszkodzeń obniżył się w ostatnich latach do obecnie 32%.

Podczas gdy w północno-wschodniej Saksonii, gdzie sosna jest gatunkiem dominującym, liczebność populacji brudnicy mniszki (*Lymantria monacha* L.) obniżyła się do nieznaczonej wielkości, to liczebność miernicy sosnowki (*Bupalus piniarius* L.) zwiększała się w dalszym ciągu. Nie stanowi to wprawdzie jeszcze zagrożenia dla drzewostanu sosnowego, lecz musi w dalszym ciągu pozostawać pod obserwacją.

- Pomimo utrzymującej się poprawy stanu koron **dębów**, wykazywały one uszkodzenia widoczne na poziomie 29%, to jest nadal jeszcze o 15 punktów procentowych powyżej średniej, odnoszącej się do wszystkich badanych gatunków drzew. Powierzchnia zdrowych drzewostanów dębowych zwiększyła się w porównaniu do roku 2005 do 25%. Rozwojowi temu towarzyszyły ponownie nieznaczące uszkodzenia spowodowane żerowaniem owadów: zwójki zieloneczki i piędzika przedzimka.
- U **buka zwyczajnego** udział uszkodzeń widocznych wzrósł z 4% w 1991 roku do 41% obecnie. Udział ten osiągnął tym samym prawie poziom roku ubiegłego, także buk okazał się – podobnie jak w roku 2003 – najbardziej uszkodzonym gatunkiem wśród drzew Saksonii. Nikłe gęstości ulistnienia idą w parze z tworzeniem nasion, które mają miejsce w coraz krótszych odstępach. W tym roku można było szczególnie wyraźnie zaobserwować owocowanie buku.
- W pojedynczych **regionach przyrodniczych** Saksonii udział widocznych uszkodzeń wahał się pomiędzy 11% (Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland, Düben-Niederlausitzer Altmoränenland jak i Vogtland) a 18% w regionach: Elbsandsteingebirge, Oberlausitzer Bergland, Zittauer Gebirge. W niemal wszystkich regionach kondycja drzewostanów uległa niedużej poprawie w porównaniu do roku ubiegłego. Jedynie w Sächsisch-Thüringischen Löss-Hügelland uszkodzenie wzrosło.

Warunki pogodowe w 2006 roku charakteryzowały się nadzwyczaj długą późną zimą obfitującą w śnieg. Gwałtowny wiatr, mający miejsce w grudniu 2005 roku jak i znaczne opady śniegu, doprowadziły do pozyskania około 243.000 m³ drewna. Do końca marca było w porównaniu z

długoletnią średnią zbyt zimno, przez co doszło do opóźnienia w rozwoju wegetacji. Za wyjątkiem zachodniej części Erzgebirge (Gór Harzu), braki opadów przy równoczesnym dużym zużyciu wody przez rosnącą wegetację, już w kwietniu doprowadziły do napiętej sytuacji w zakresie zaopatrzenia w wodę. Miało to negatywne konsekwencje dla witalności i wzrostu drzew, jak i pojedynczych drzewostanów liściastych na nizinach. Dopiero na początku sierpnia miały miejsce częstsze i silniejsze opady, które mogły wyrównać deficyty zapasów wody w glebach leśnych. W sumie kształtowanie się opadów w roku 2006 obejmuje kilka sytuacji ekstremalnych, w których zarówno liczba tzw. dni lodowych (max. < 0 °C) jak również liczba tzw. dni letnich (max. > 25 °C) były niezwykle wysokie.

Obciążenie substancjami w ekosystemach leśnych zmieniło się wyraźnie w ostatnim lub dwóch ostatnich dziesięcioleciach, przez to, że wcześniejszy wysoki dopływ **siarki** do ekosystemów leśnych spadł do poziomu występującego w porównywalnych regionach Europy, a dopływ **azotu** wyraźnie się zwiększył. Zmniejszony lecz utrzymujący się nadmierny dopływ kwaśnego depozytu wychwytywany jest w lasach przez własne glebowe mechanizmy buforowe przy wielokrotnym uwalnianiu się aluminium. Przy tym dochodzi – dodatkowo wspierane przez zapasy siarki w glebie – w dalszym ciągu do utraty wraz z wodą wsiąkającą w ziemię dużych ilości ważnych substancji odżywczych dla roślin. Tym sposobem gleby leśne w Saksonii zostały na dużą skalę i długoterminowo uszkodzone. Dlatego też również w przyszłości – niezależnie od zmniejszonych obciążeń substancjami – będzie konieczne, przynajmniej w ekosystemach leśnych w Erzgebirge, przeprowadzanie działań nawapniania w celu redukcji postępującego zubożenia gleb.

W ramach **regionalizacji** danych glebowo-chemicznych, przy uwzględnieniu kondycji lasów, przeprowadzona została aktualizacja stref szkód imisji zgodnie z § 32 SächsWaldG [5]. Tym samym przeprowadzenie działań na rzecz uzdrowienia lasów, które zostały dotknięte obciążeniami środowiska, mają miejsce na ekologicznie uzasadnionej podstawie. Uwzględni ona pośrednie efekty długoterminowe obciążenia imisjami w ekosystemach leśnych.

Vorbemerkungen

Die jährliche Erhebung des Waldzustandes nach dem bundeseinheitlichen Stichprobenverfahren erfolgte im Freistaat Sachsen nunmehr zum sechzehnten Mal. In diesem Zeitraum hat sich der Kronenzustand in den sächsischen Wäldern spürbar verbessert. In diesem Jahr fiel der Anteil deutlich geschädigter Waldfläche sogar auf ein Minimum ab und mehr als zwei Fünftel der untersuchten Bäume weisen keine erkennbaren Schäden auf.

Ausgehend von der verminderten Immissionsbelastung – die atmosphärischen Schadstoffkonzentrationen sind auf Bruchteile der 1991 gemessenen Werte gesunken – nehmen mit zeitlicher Verzögerung auch deren langfristige Wirkungen auf die sächsischen Wälder ab. Aus den Ergebnissen des forstlichen Umweltmonitorings, so unter anderem auf Basis der Waldzustandserhebungen 1991 bis 2003, konnte deshalb die in § 32 des Waldgesetzes für den Freistaat Sachsen geforderte Immissionsschadzonierung ökologisch fundiert überarbeitet werden. Die Immissionsschadzone umreißt nun die Waldflächen, in denen die bewährten, mittel- und langfristige wirkenden Maßnahmen der Waldschadenssanierung fortgeführt werden müssen. Darüber hinaus verweist das forstliche Umweltmonitoring nach wie vor auf die Notwendigkeit weiterer Anstrengungen zur Reduktion des Ausstoßes von Luftschadstoffen.

Der Witterungsverlauf im Jahr 2006 ist ein neuerliches Beispiel für die Zunahme akuter Schädigungen durch Schneebruch, Sturmwurf und Trockenheit. Diese Einflussfaktoren wirken regional stark differenziert und zeitlich begrenzt auf den Waldzustand ein. Um diesen Aspekten stärker Rechnung zu tragen und ihre Ursachen und Folgen in geeigneter Art und Weise analysieren zu können, setzt sich der Freistaat Sachsen für eine Neuausrichtung der Waldzustandserhebung im Rahmen des bundesweiten forstlichen Umweltmonitorings ein, u. a. auch für eine Verlängerung des Aufnahmeturnus.

Die eingeleiteten Anpassungsstrategien zur weiteren Stabilisierung der noch immer sehr anfälligen Waldökosysteme werden mit Blick auf die gegenwärtigen Schäden durch Witterungsextreme und die in deren Folge möglicherweise auftretenden Massenvermehrungen der Borkenkäfer konsequent weiterverfolgt.



Stanislaw Tillich
Sächsischer Staatsminister für Umwelt und Landwirtschaft

Rahmenbedingungen für den Waldzustand

Witterung

Die meteorologischen Aspekte der Atmosphäre üben neben der chemischen Umweltbelastung einen erheblichen Einfluss auf Wachstum und Vitalität von Pflanzen aus. Direkte Witterungseinflüsse bestehen hauptsächlich durch die Winddynamiken, Temperatur- und Strahlungsverhältnisse sowie Menge und zeitliche Verteilung der Niederschläge. Bodeneigenschaften, wie die Wasserspeicherefähigkeit der verschiedenen Bodensubstrate und die Pflanzenverfügbarkeit von Grundwasservorräten, können diese Einwirkungen modifizieren bzw. mehr oder weniger „dämpfen“.

Zur Beurteilung des Witterungseinflusses auf den Wald wurden die Daten von den derzeit 17 Waldklimastationen herangezogen und mit entsprechenden langjährigen Mitteln des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für den Zeitraum 1971–2000 (vgl. Abb. 1 und 2) verglichen.

Eine ungewöhnlich lange und schneereiche Spätwinterperiode war charakteristisch für den Temperaturverlauf 2006. Bis Ende März dauerten die Frostwetterlagen vom Gebirge bis in das Sächsische Tiefland hinein an. Nachdem Ende März der Frühling bereits eingesetzt hatte, fielen die Temperaturen vor

Ostern nochmals unter den Gefrierpunkt und verzögerten den Beginn der Vegetationszeit. Die von Januar bis März insgesamt unterdurchschnittlichen Temperaturen lassen sich auch anhand der Zahl sogenannter „Eistage“ mit Maximaltemperaturen unter 0 °C bilanzieren. Im Vergleich zu den Jahren 1998 bis 2004 konnte bei der Mehrzahl der Waldklimastationen bereits im ersten Halbjahr 2006 eine größere Anzahl von Eistagen festgestellt werden. Auf den Waldklimastationen in Colditz (30 Eistage) und in Bad Schandau (40 Eistage) wurden bereits in der ersten Jahreshälfte 2006 die Anzahl der in den ausge-

Abb. 1: Monatsmittel der Lufttemperaturen von Januar bis August 2006 für ausgewählte Waldstandorte und Vergleich zu den langjährigen Monatsmitteln (1971–2000) des DWD

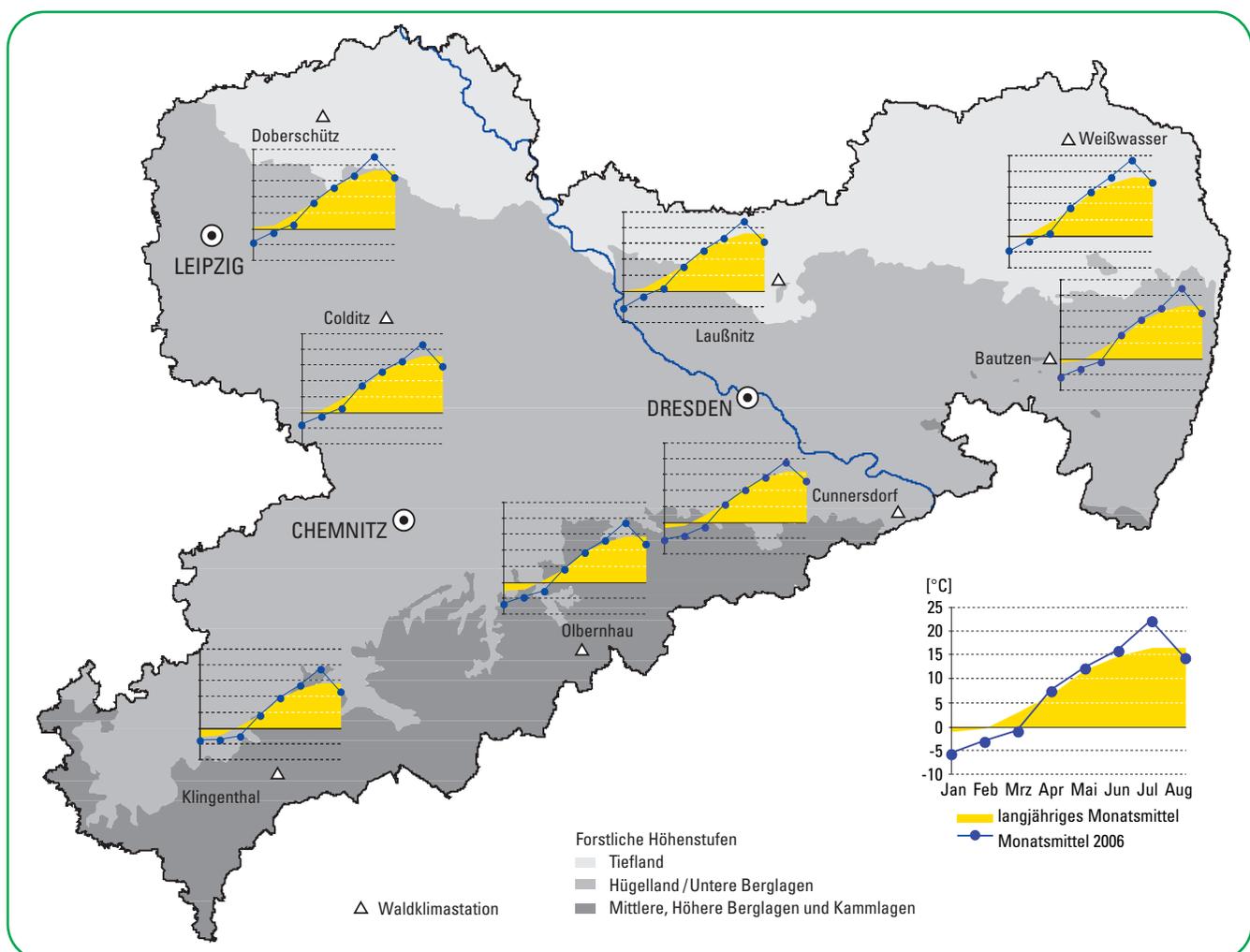
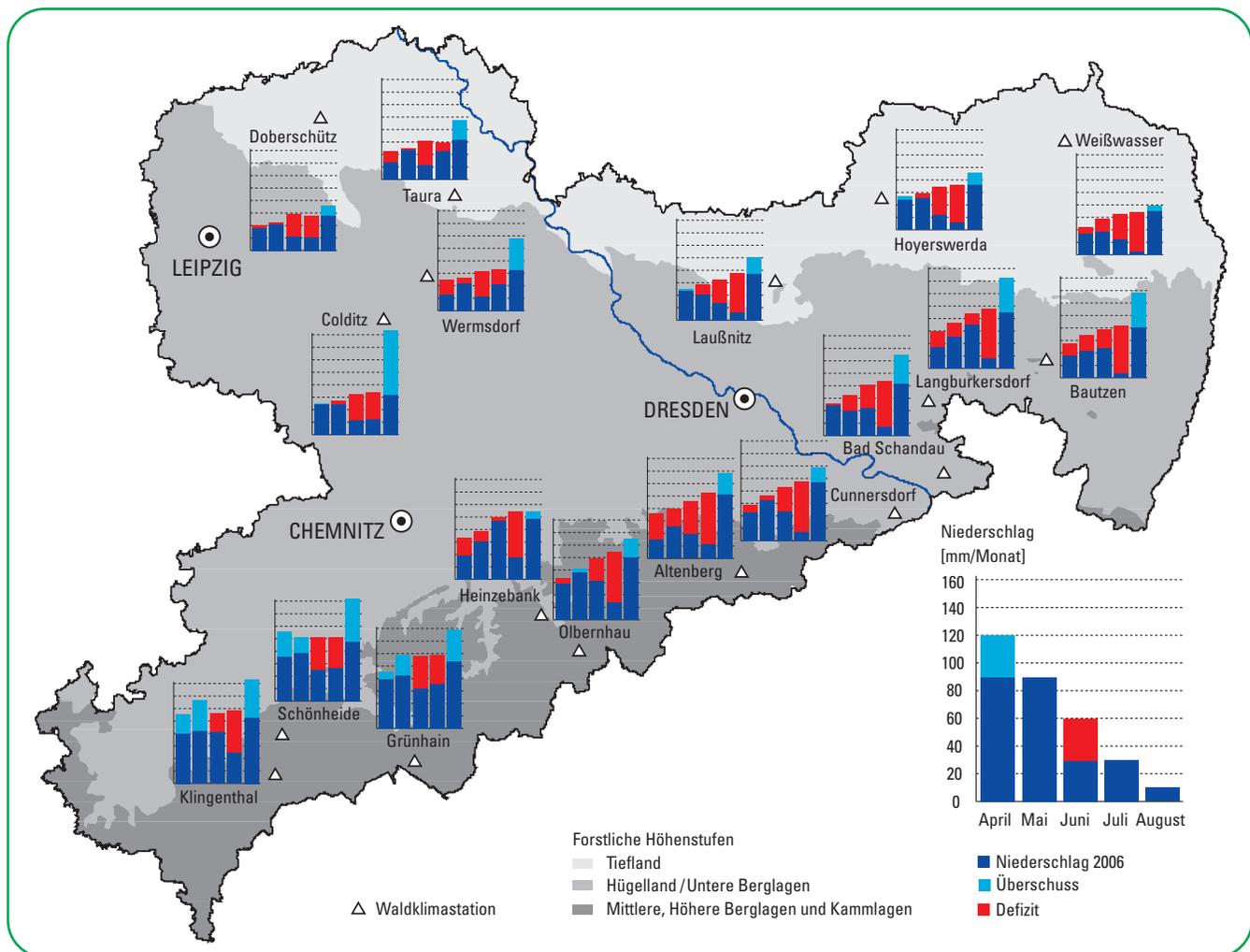


Abb. 2: Monatssummen der Niederschläge von April bis August 2006 für ausgewählte Waldstandorte und Vergleich zu den langjährigen Monatssummen (1971–2000) des DWD



dehnten Winterperioden des gesamten Jahres 2005 registrierten Eistage übertroffen. Während sich der Beginn der Frühlarsaufrostung durch Schneelage und Frosttage bis Ende April/Anfang Mai verzögerte, herrschten in den Monaten April und Mai durchschnittliche Lufttemperaturen, bevor diese im Juni und Juli deutlich über das langjährige Mittel anstiegen.

Die ausgedehnten Hochdruckwetterlagen von Mai bis August führten im Jahr 2006 zur Häufung von sogenannten „Sommertagen“ mit einer Tageshöchsttemperatur über 25 °C. Bis Ende August stieg ihre Zahl im sächsischen Tiefland und Hügelland je nach Ort und Lage auf 42 bis 51 Tage, in den Berglagen auf 23 bis 39 Tage. Im Vergleich dazu bescherte der „Jahrhundertssommer“ 2003 noch um 30 bis 60 % häufigere Sommertage.

Ergebnis der ergiebigen Niederschläge im Winter 2005/06 waren in den Mittelgebirgen

außerordentlich hohe Schneedecken von 160 bis 220 cm in den Hoch- und Kammlagen. Nassschnee mit folgenden Frostereignissen führten für die Baumkronen zu hohen mechanischen Belastungen, in deren Folge es verstärkt zu Schneebruchschäden kam. Nach den überdurchschnittlichen Winterniederschlägen, die im Westerzgebirge bis in den Mai hinein anhielten, ist die Vegetationsperiode 2006 hinsichtlich der Niederschlagsmengen insgesamt als unterdurchschnittlich zu beurteilen. Bereits im April zeichnete sich ein Niederschlagsdefizit im Vergleich zum langjährigen Mittel ab, was bis in den Juli anhielt und vor allem im Tiefland, aber auch in den mittleren Berglagen des Osterzgebirges auftrat. Im Vergleich zum langjährigen Mittel betragen die Defizite beispielsweise in Laußnitz 47 % und in Weißwasser 56 %. In Altenberg, wo von April bis Juli gewöhnlich 349 mm Niederschlag fallen, wurde sogar

eine Minderung um 203 mm (58 %) festgestellt. (vgl. Abb. 2).

Stärkere Niederschläge konnten landesweit erst wieder zwischen dem 4. und 5. August aufgezeichnet werden. Häufigkeit und Stärke der Niederschläge führten dazu, dass der Monat August durch erhebliche Niederschlagsüberschüsse gekennzeichnet ist. Als Spitzenwert wurde in Colditz das Zweieinhalbfache der langfristigen Monatssumme gemessen.

Im Westerzgebirge traten die Niederschläge in Form von starkem Dauerregen mit über 100 mm Niederschlag in 72 Stunden auf. Außerhalb der Waldbestände können derartig hohe Mengen unter Umständen nicht vom Boden aufgenommen und gespeichert werden, woraus ein erhöhter Oberflächenabfluss und ein gesteigertes Erosionsrisiko resultieren.

Damit der Transport von Nährstoffen und Stoffwechselprodukten in Pflanzen ablaufen

kann, müssen sie über die Wurzeln Wasser aufnehmen und es in Form von Wasserdampf über die Blätter an die Atmosphäre abgeben. Dieses Boden-Pflanze-Atmosphäre-Kontinuum wird entscheidend von den Bodenfeuchteverhältnissen geprägt. Ein Maß zur Beurteilung der Wasserverfügbarkeit für Pflanzen ist die Bodensaugspannung im Hauptwurzelraum (in 30 cm Tiefe) der Bäume (vgl. Abb. 3). Die Saugspannung gibt an, wie fest das Bodenwasser im Boden gebunden ist.

Bei Bodensaugspannungen oberhalb von etwa 400–500 hPa kommt es, je nach Boden substrat und Witterungsbedingungen, bei Bäumen ganz oder teilweise zum Schließen der Spaltöffnungen und einer verminderten Wasseraufnahme, da Bodenwasser nicht schnell genug pflanzenverfügbar ist. Dieser Trockenstress 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 (permanenter Welkepunkt).

Vom Beginn der Vegetationsperiode bis zur dritten Maidekade bestand in ganz Sachsen eine für das Pflanzenwachstum günstige Bodenfeuchte. Bei anhaltend warmer Witterung wurden die Bodenwasservorräte im Hauptwurzelraum der Bäume bis Anfang August – regional und bodensubstratspezifisch differenziert – aufgebraucht. Aufgrund der etwas höheren Niederschläge trocknete der Boden in Westsachsen (Fal-

Abb. 4: Trockenschäden an Verjüngung

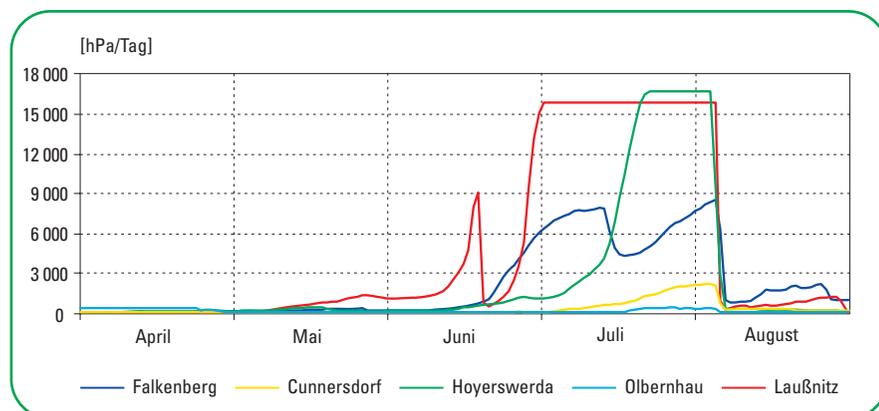


kenberg) und in den Berglagen (Cunnersdorf und Olbernhau) merklich weniger aus. Auf den reinen Sandböden ohne Grundwassereinfluss im ostsächsischen Tiefland (Laußnitz und Hoyerswerda) wurden über dem permanenten Welkepunkt liegende Werte der Bodensaugspannung gemessen. In zweischichtigen Waldbeständen, wie z. B. in Laußnitz, wo die Verjüngung unter dem Schirm des Altbestandes aufwächst, ist über einen Zeitraum zwischen 30 und 36 Tagen von erheblichem Trockenstress für die Bäume auszugehen. Das in Bezug auf den Blattaustrieb frühzeitige Auftreten der Trockenstresssituation lassen anhal-

tend negative Auswirkungen auf die Vitalität und das Wachstum der Bäume erwarten (vgl. Abb. 4).

Mit den am 4. August einsetzenden Niederschlägen entspannte sich die Situation. Die kühle Witterung und immer wieder auftretende Niederschläge führten in der zweiten Augushälfte kaum zu nennenswerten Bodenaustrocknungen.

Abb. 3: Bodensaugspannung im Zeitraum April bis August 2006 für die Tieflandsstandorte Falkenberg (Nordwestsachsen), Hoyerswerda und Laußnitz (Nordostsachsen) sowie die Mittelgebirgsstandorte Cunnersdorf (Osterzgebirge) und Olbernhau (mittleres Erzgebirge), gemessen mit Equitensimetern (Messbereich: bis ca. 15 000 hPa) in 30 cm Bodentiefe



Immissionen/Stoffeinträge/Stoffausträge

Durch den Staatsbetrieb Sachsenforst wird kontinuierlich die Umweltbelastung für typische Waldökosysteme Sachsens in 8 forstlichen Dauerbeobachtungsflächen untersucht. Für bedeutende chemische Stoffe werden die jeweiligen Gehalte und Mengen im Niederschlag, im Sickerwasser und im Quellwasser der betreffenden Waldökosysteme (Freiland und Waldbestand) gemessen. Auf Basis jährlicher Bilanzierungen aus den monatlichen Ein- und Austragsraten lassen sich damit typische Veränderungen der Stoffbelastung und die daraus resultierenden Reaktionen erkennen sowie Prognosen der weiteren Entwicklung ableiten ([3] 2004).

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Situation der Stoffbelastung in den sächsischen Wäldern im Verlauf des letzten Jahrzehnts deutlich verbessert hat.

Durch den starken Rückgang gerade der Schwefel- und Stickstoffverbindungen verknüpften Versauerungseffekte („Saurer Regen“) im Ökosystem stark rückläufig. Hinsichtlich der Belastung der Waldökosysteme hat der deponierte Stickstoff relativ an Bedeutung gewonnen ([3] 2005).

Einen Einblick in den beobachteten Wandel der Stoffbelastung vermitteln die Gegenüberstellungen zu den Stoffgehalten im Wasserkreislauf für die Fichtenmessflächen Bautzen (1998 und 2004) und Cunnersdorf (1994 und 2004, vgl. Abb. 5a, b und 6a, b). Dargestellt sind die Gesamtelementgehalte vom Niederschlag über die Kronentraufe bis in tiefere Bodenschichten beziehungsweise das Quellwasser.

Es wird ersichtlich, dass die Gehalte an Kationen und Anionen vom Niederschlag, der auf den Waldbestand trifft, bis in die unteren Bodenschichten zunehmen.

Zunächst trägt der ausgeprägte Filtereffekt der Baumkronen ([3] 2005) beim Durchfließen der Kronentraufe zur Konzentrationserhöhung bei.

Im Boden ist besonders bei den Kationen – neben einem allgemeinen Eindickungseffekt der Lösung infolge zunehmenden Wasserentzugs durch die Pflanzenwurzeln – eine

Abb. 5a, b: Mittlere jährliche Ionenzusammensetzung in der Lösungsphase der forstlichen Dauerbeobachtungsfläche Bautzen (Czorneboh) für die Jahre 1998 und 2004

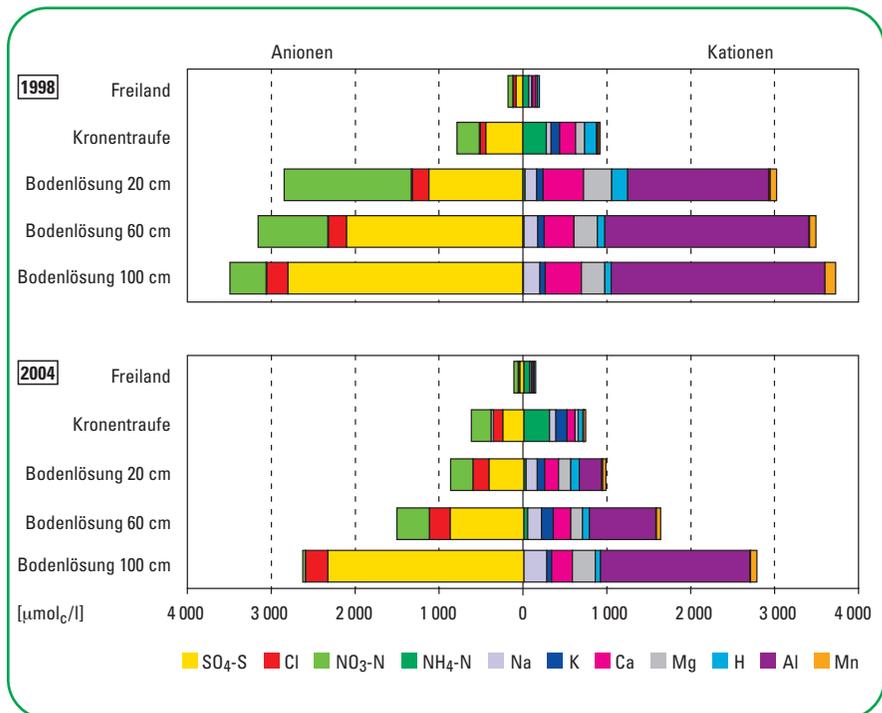
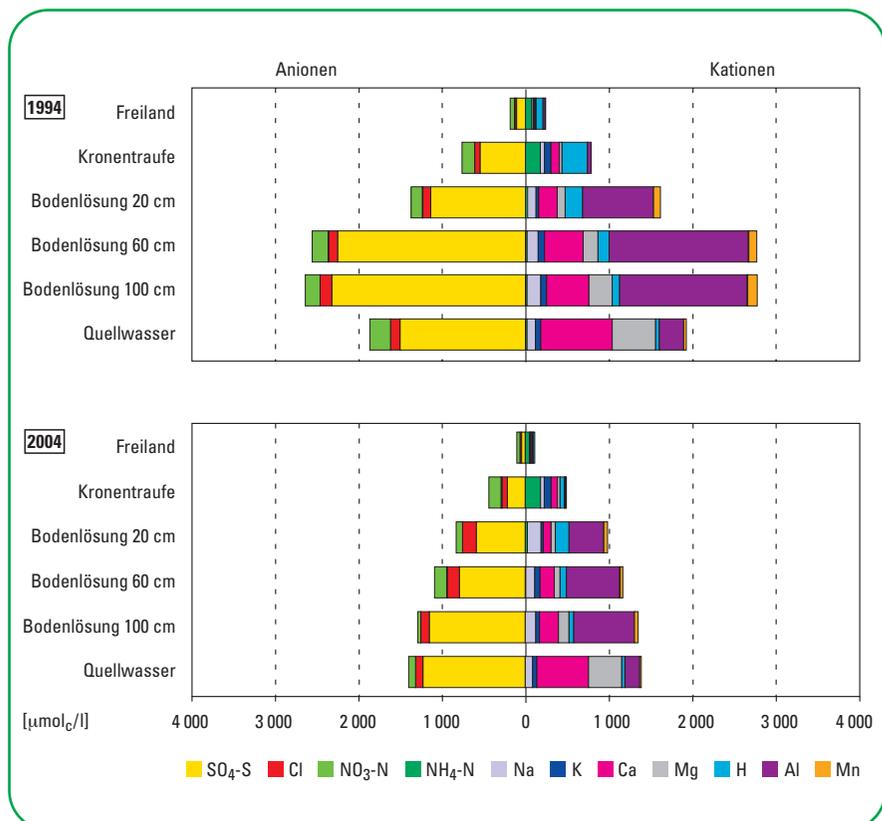


Abb. 6a, b: Mittlere jährliche Ionenzusammensetzung in der Lösungsphase der forstlichen Dauerbeobachtungsfläche Cunnersdorf für die Jahre 1994 und 2004



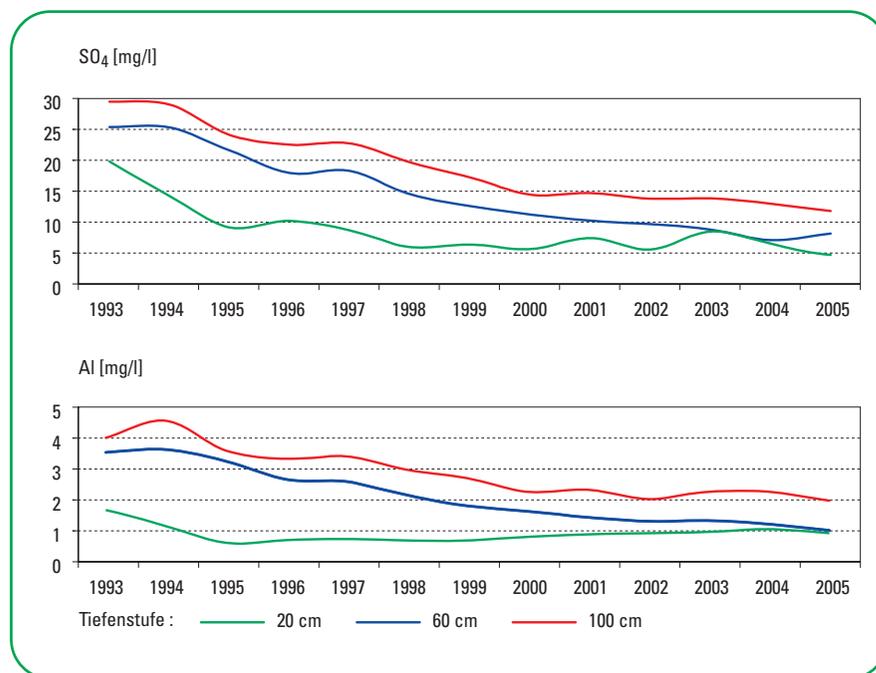
Verschiebung der jeweiligen Ionenanteile feststellbar. Verantwortlich dafür sind die Pufferreaktionen des Bodens. Im vorliegenden Aluminium-Pufferbereich (pH 3,8 bis 4,2) werden Protonen (H⁺) vorwiegend durch Aluminiumionen ersetzt. Ein erheblicher Anteil der bis in das Quellwasser hohen Aluminium- und Schwefelgehalte (vgl. Abb. 6a, b) muss allerdings dem „chemischen Gedächtnis“ des Bodens zugeschrieben werden. Die in großem Umfang als Aluminium-Sulfat-Salze gespeicherten Schwefel- und Aluminiumvorräte des Bodens gehen nunmehr wieder in Lösung. Infolge dieser Schwefelmobilisierung ist auch weiterhin der Verlust der Böden an Nährelementen und Pufferkapazität groß. Die Jahresvergleiche veranschaulichen zudem den Trend insgesamt abnehmender Konzentrationen. Dies kann als ein Beleg für eine verminderte Belastung der Waldökosysteme durch Stoffeinträge interpretiert werden.

An der Messfläche Bautzen ist auffällig, dass die anfänglich hohen Nitratverlagerungen in den Unterboden offensichtlich ein Ende gefunden haben, während in Cunnersdorf der Stickstoff bis in das Quellwasser auftritt. Hohe Kalzium- und Magnesiumgehalte verweisen hier auf den umfangreichen Nährstoffexport in Verbindung mit dem Austrag an Sulfationen.

Momentan liegen die jährlichen Schwefel-einträge bei etwa 10 bis 20 kg/ha ([3] 2004). Damit erreichen sie in der ehemals durch das Waldsterben stark geschädigten Erzgebirgsregion oft nur noch einen Bruchteil der Werte aus den späten 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts.

Zudem scheint vielfach der Prozess der Schwefelmobilisierung abzuklingen, was wiederum die bisher übermäßige Nährelementfreisetzung aus dem Boden positiv beeinflusst. Beispielhaft lässt sich dies aus einigen Daten der Fichten-Messfläche Klingenthal ableiten (vgl. Abb. 7a, b). Seit Beginn des Messprogramms (1993/94) ist sowohl im Sicker- als auch im Quellwasser der Messfläche ein ausgeprägter, kontinuierlicher Rückgang der Schwefel- und Aluminiumgehalte festzustellen ([3] 2004). Gleichzeitig ist – nur unterbrochen durch den Einfluss des Schadereignisses im Winter 1995/96 – ein

Abb. 7a, b: Entwicklung der mittleren jährlichen Sulfat- und Aluminiumgehalte im Sickerwasser der Forstlichen Dauerbeobachtungsfläche Klingenthal



Anstieg der pH-Werte des Bodens feststellbar (vgl. Abb. 9). Im Verbund mit vergleichbaren Ergebnissen der Landestalsperrenverwaltung zur Wasserqualität in Talsperrenzulaufen ([3] 2004) unterstreichen die Daten den Trend einer Verbesserung der Umweltsituation in den Waldgebieten.

Trotz dieser erfreulichen Entwicklungen sind die Verluste an den Nährelementen Kalzium, Magnesium und Kalium immer noch zu hoch. Dies verdeutlicht der Vergleich der mittleren Ökosystembilanzen im Zeitraum von 1997–2003 (vgl. Abb. 10 und 11). Mit Ausnahme der Flächen Klingenthal und Olbernhau im west-

lichen bzw. mittleren Erzgebirge beträgt an allen forstlichen Dauerbeobachtungsflächen der Austrag (100 cm Tiefe) ein Vielfaches der mit dem Niederschlag eingetragenen Elementmengen.

In welchem Umfang dieser Nährstoffverlust mit dem Sickerwasser stattfindet, hängt entscheidend von der Pufferkapazität der Böden und der bestehenden Säurebelastungen der jeweiligen Waldökosysteme ab. Letztlich entscheidet der bodenchemische Zustand darüber, in welcher Form die Säurebelastung an tiefere Bodenschichten weitergeleitet wird und ob eine Gefährdung für die Qualität von Grund- und Quellwasser besteht.

Abb. 8: Bodenprobenahme zur Bodenzustandserhebung (BZE) im FoB Adorf



Abb. 9: Entwicklung der mittleren jährlichen pH-Werte im Sickerwasser der Forstlichen Dauerbeobachtungsfläche Klingenthal

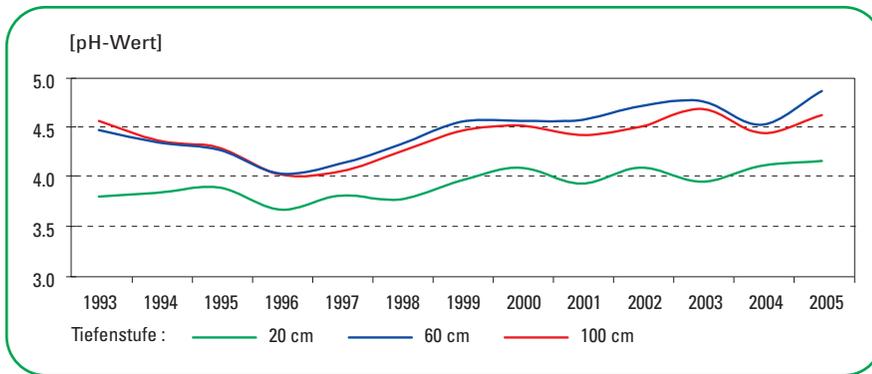


Abb. 10: Mittlere jährliche Ökosystembilanz aus Elementeintrag und -austrag der „basischen“ Kationen Ca, Mg und K (Zeitraum 1997–2003).

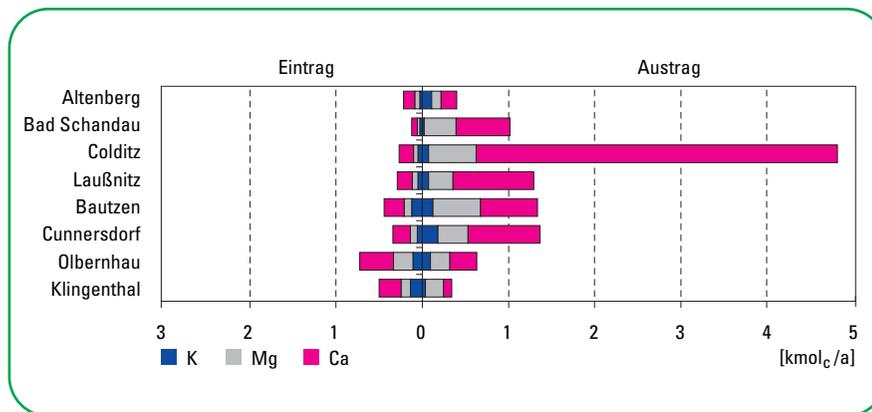


Abb. 11: Mittlere jährliche Ökosystembilanz aus Elementeintrag und -austrag der „Kationsäuren“ Mn, Fe, Al und H (Zeitraum 1997–2003).

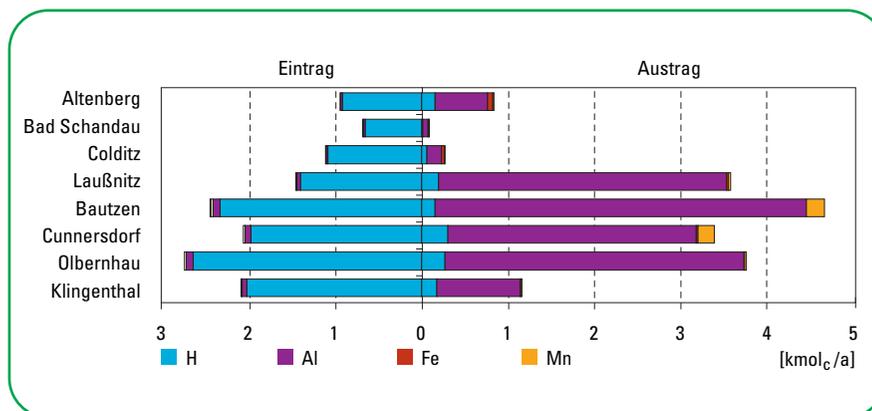


Abb. 12: Entnahme von Niederschlagsproben im FoB Adorf



Im überwiegenden Teil der untersuchten Waldökosysteme ist im Verhältnis zur Säurebelastung die Summe an Pufferkapazität – einerseits aus dem Baseneintrag und andererseits aus der Freisetzung von Ca, Mg und K durch Puffermechanismen des Bodens – bei Weitem nicht ausreichend. Deshalb wird ein größerer Teil über die Freisetzung von Aluminium (in den Messflächen Cunnersdorf und Bautzen auch durch Mangan) in die Bodenlösung abgepuffert. Nur in den Messflächen Colditz (Eiche) und Bad Schandau/Nationalpark Sächsische Schweiz (Buche) ist die Summe verfügbarer basischer Kationen nahezu ausreichend.

Folglich wird es zur Vermeidung einer fortschreitenden Bodenverarmung und Bodenversauerung zumindest in den Waldökosystemen des Erzgebirges – trotz der aufgezeigten positiven Entwicklungen – auch in der Zukunft weiterhin notwendig sein, wenigstens einen Teil des Verlustes an Pufferkapazität bzw. des Nährstoffdefizits durch Kalkungsmaßnahmen zu kompensieren.

Kronenzustand/Biotische Schäden

Allgemeine Schadsituation

Veränderungen im Belaubungs-/Benadelungs-zustand eines Baumes sind ein gut sichtbares Merkmal für die physiologische Verfassung des Baumes. Kronendichte und -struktur werden von einem Komplex natürlicher und durch den Menschen verursachter Faktoren, wie z. B. der lufthygienischen Situation, der Nährstoff- und Wasserversorgung des Bodens, aktuellen Witterungsverläufen sowie biotischen und abiotischen Schadereignissen beeinflusst. Diese wirken, indem sie mittel- und langfristig die Vitalität und Widerstandsfähigkeit eines Baumes herabsetzen und sicht- und messbare Schäden auslösen. Während eine Bewertung von Umweltfaktoren, die zu einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Stresseinflüssen führen, nur mit Hilfe aufwendiger Ursachenforschung quantifiziert werden kann, erfasst die Waldzustandserhebung (WZE) den aktuellen Kronenzustand und weitere sichtbare Beeinträchtigungen des Baumes (vgl. Tab. 2, Anhang).

Die Waldzustandserhebung wurde im Jahr 2006 auf dem 4x4-km-Raster durchgeführt und umfasst insgesamt 284 Probepunkte mit 6 816 Probepflanzen. Die Stichprobe repräsentiert die aktuellen Bestockungsverhältnisse in Sachsen sehr gut (vgl. Tab. 3, Anhang).

Im Ergebnis dieser terrestrischen Kronenzustandsbewertung sind 2006 in Sachsen – ohne Berücksichtigung regionaler und baumartenspezifischer Unterschiede –

- 14 % der Waldfläche als deutlich geschädigt (Schadstufen 2–4),
- 45 % als schwach geschädigt (Schadstufe 1) und
- 41 % ohne erkennbare Schadmerkmale (Schadstufe 0) einzustufen (vgl. Abb. 13; Tab. 4, Anhang).

In der Gruppe der deutlichen Schäden weisen die Bäume auf 13 % der Waldfläche mittelstarke Schäden auf (Schadstufe 2), während ein Prozent stark geschädigt bzw. abgestorben (Schadstufen 3 und 4) ist.

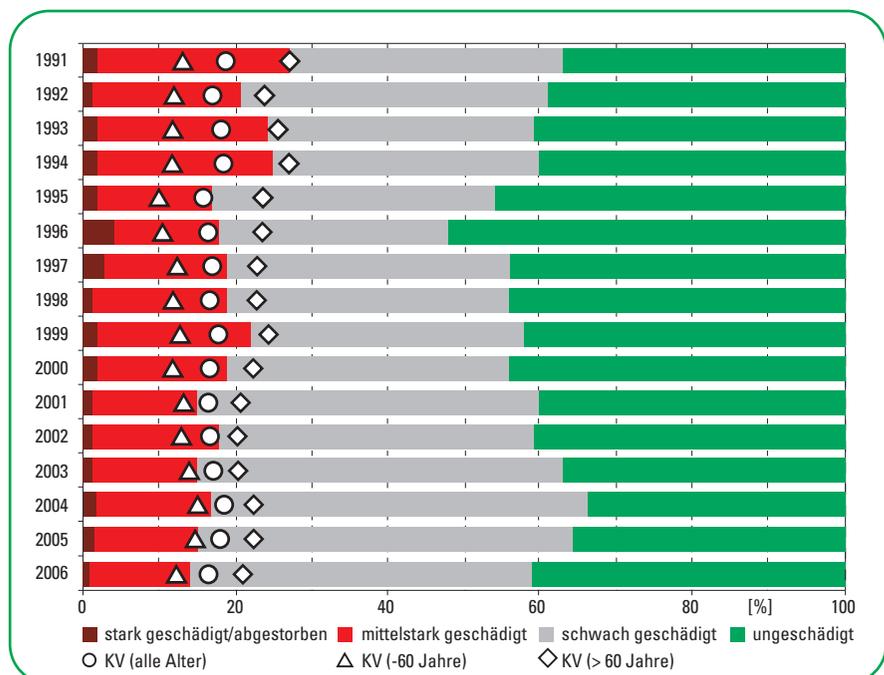
Rückblickend kann seit Beginn des 16-jährigen Beobachtungszeitraumes eine Abnahme der deutlichen Schäden konstatiert werden. Im Zeitraum von 1991 bis 2006 ging der Anteil der nach der Waldzustandserhebung deutlich geschädigten Waldfläche von 27 % auf 14 % zurück. Im Vergleich zum Vorjahr konnte abermals eine leichte Verbesserung des Kronenzustandes festgestellt werden, die deutlich geschädigte Waldfläche erreicht mit 14 % ihr Minimum. Gleichzeitig stieg der Anteil der als ungeschädigt eingeschätzten Bäume um 5 Prozentpunkte auf 41 % an. Gleich einer Fieberkurve wird dieser Trend von deutlichen Zu- und Abnahmen begleitet. So fiel der Anteil der deutlich geschädigten Waldfläche zunächst auf 17 % (1995) ab und stieg zwischenzeitlich auf 22 % (1999) an. Sowohl hinsichtlich des Schadniveaus als auch beim Trend der Vitalitätszustände treten Unterschiede zwischen jüngeren (bis 60 Jahre) und älteren Bäumen (über 60 Jahre) auf. Ältere Bäume weisen in den Schadstufen 2 bis 4 (deutliche Schäden) ein um 15 Pro-

zentpunkte höheres Schadniveau auf. Die Schäden bleiben bei jungen Bäumen mit leichten Schwankungen annähernd gleich, während bei älteren Bäumen der Anteil deutlicher Schäden von 45 % im Jahr 1991 auf nunmehr 22 % gesunken ist.

Da die Stichprobenbestände natürlichen Ausscheidungsprozessen und der forstlichen Bewirtschaftung unterliegen, ist es möglich, dass Stichprobenbäume aus dem Kollektiv ausscheiden. Streng systematisch wird in diesen Fällen ein Ersatzbaum ausgewählt. So wurden in diesem Jahr 77 Bäume (über 60 Jahre) aus folgenden Gründen ersetzt:

- 60 Bäume durch forstliche Eingriffe entnommen
- 5 Bäume durch Wind oder Schneedruck geworfen
- weitere 12 Bäume erfüllten nicht mehr die Anforderungen an einen Stichprobenbaum, i. d. R. gehörten sie nicht mehr zur herrschenden Bestandesschicht. Die Krone war von Nachbarbäumen überwachsen und somit nicht mehr bonitierbar.

Abb. 13: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) aller Baumarten von 1991 bis 2006



Der Ersatz von Stichprobenbäumen umfasst in diesem Jahr 2,3 % des Kollektivs. Ein statistischer Einfluss auf das Ergebnis der Waldzustandserhebung kann für größere Auswerteeinheiten (Baumart, Wuchsgebiet) ausgeschlossen werden.

Schäden an den Hauptbaumarten

Bei natürlicher, ungestörter Verbreitung der Vegetation würde die Waldfläche Sachsens nur zu etwa einem Siebentel mit Nadelbäumen bestockt sein. Im Zuge der Urbanisierung (Waldflächenrückgang) hat sich das Waldbild infolge der Waldnutzung und -bewirtschaftung grundlegend verändert. Heute dominieren mit einem Anteil von insgesamt 70 % Nadelbaumarten, vorrangig Fichte und Kiefer, die Baumartenverteilung. Laubbäume, allen voran die Birke, nehmen lediglich 30 % der Waldfläche ein. Der Flächenanteil der natürlicherweise vorkommenden Hauptbaumarten Eiche und Buche beträgt zusammen sogar nur 11 % [1].

Fichte

Kronenzustand

Häufigste Baumart in den sächsischen Wäldern ist die Gemeine Fichte mit 41,6 %. Sie prägt vor allem in den Mittelgebirgen das Bild des Waldes.

Die aktuelle Waldzustandserhebung weist für die Fichte einen Flächenanteil mit deutlichen Schäden von 12 % aus, der Flächenanteil leicht geschädigter Fichten beträgt 38 %.

Gegenüber dem Vorjahr stieg der Anteil von Fichten ohne nennenswerte Nadelverluste um insgesamt 9 Prozentpunkte, die nunmehr einen Flächenanteil von 50 % einnehmen. Auch in Bezug auf die mittlere Kronenverlichtung hat sich das diesjährige Ergebnis der Fichte im Vergleich zu den Vorjahren leicht verbessert (vgl. Abb. 14).

Die Zeitreihe veranschaulicht eine kontinuierliche Verbesserung des Gesundheitszustandes der Fichte: Im Trend sind die deutlichen Schäden seit 1991 um etwa die Hälfte zurückgegangen. Diese positive Entwicklung hat sich in den letzten 6 Jahren jedoch

stark verringert. Die im Wesentlichen durch SO₂-Immission verursachten drastischen Kronenverlichtungen und -verfärbungen, die in der Vergangenheit zum flächigen Absterben von Fichtenbeständen in den Hochlagen des Erzgebirges führten und zuletzt im Winter 1995/96 akut auftraten, werden nicht mehr registriert. Die Entwicklung der deutlichen Schäden führte jedoch nicht in gleichem Maße zu einer Häufung von Fichten ohne Schadmerkmale. Seit Erhebungsbeginn schwankt der Anteil ungeschädigter Fichtenflächen zwischen 35 % und 52 %, ohne dass sich ein Trend abzeichnet.

Nadelvergilbungen, wie sie beispielsweise nach dem Schadwinter 1995/96 intensiv an Fichten auftraten, wurden 2006 an 3 % 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).

Aufgrund der allgemeinen Verbesserung der lufthygienischen Situation in Verbindung mit den durchgeführten Kalkungsmaßnahmen kann die Kronenzustandsentwicklung der Fichte insgesamt als positiv bewertet werden.

Infolge der für die Fruktifikation günstigen Witterungen im vergangenen Jahr trugen über 57 % aller Fichten Zapfen (vgl. Tab. 5,

Anhang). Bei den älteren Fichten wiesen 44 % geringen und 28 % mittleren bis starken Zapfenbehang auf. Die starke Blüte äußerte sich nicht zuletzt in dichten Pollenwolken, die Mitte Mai vielerorts beobachtet werden konnten.

Abiotische Schäden

Nachdem ein Gewittersturm im Sommer 2005 bereits eine Wurf- und Bruchholzmenge von ca. 225.000 m³ verursachte, führten weitere Sturmereignisse Mitte Dezember und die erheblichen Schneefälle im Winter 2005/06 zu einem Schadholanfall von weiteren 243.000 m³. Die Summe der Zwangsnutzungen entsprach rund der Hälfte der jährlich eingeplanten Nutzungsmenge. Die Schäden konzentrierten sich auf die oberen Lagen des Westerzgebirges. Besonders betroffen waren die Forstbezirke Eibenstock, Adorf und Neudorf. Dabei handelte es sich zum Teil um Folgeschäden in den Randbereichen bereits beräumter Schadflächen von Sommer und Herbst 2005.

Mit der Aufarbeitung des Holzes wurde sofort im Frühjahr begonnen. Da Wurf- und Bruchholz ideale Bruthabitate für rindenbrütende Borkenkäfer und damit ein Auslöser für deren Massenvermehrung sind, wurde so das Risiko von Folgeschäden reduziert.

Abb. 14: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Fichte von 1991 bis 2006

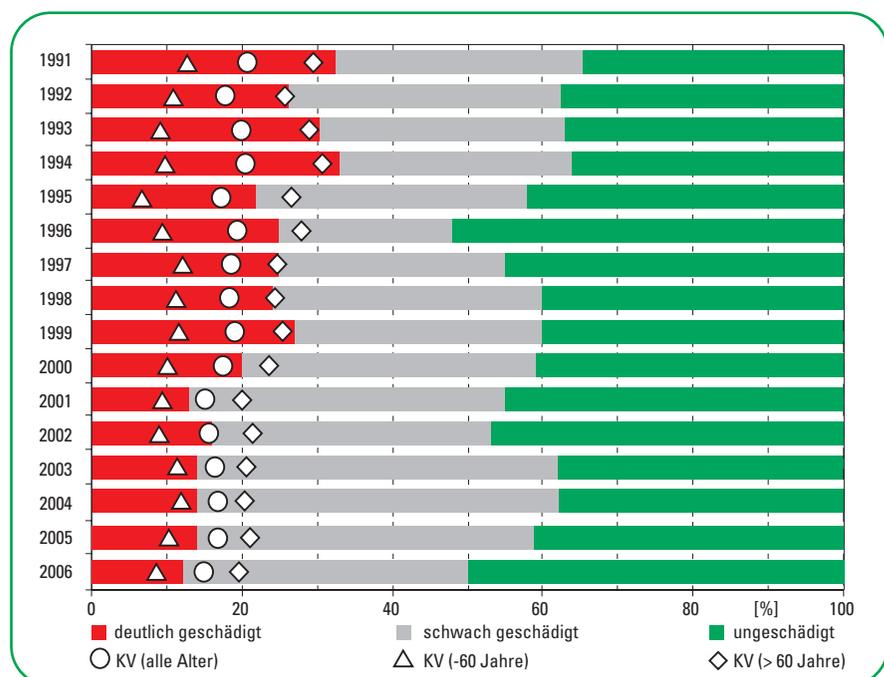


Abb. 15: Wurf- und Bruchschäden am Rand einer bereits im Vorjahr entstandenen und sanierten Schadfläche



Die außerplanmäßig angefallenen Holzmen- gen konnten durch Verlagerungen der ur- sprünglich geplanten Waldbewirtschaftung teilweise vom Staatsbetrieb Sachsenforst aufgefangen werden. In Beständen mittleren Alters zogen diese hohen Zwangsnutzungen beispielsweise Reduzierungen der ursprüng- lich vorgesehenen Holznutzungen nach sich. Außerdem stehen hohe Aufwendungen für Wiederaufforstungen an. Ein Absterben von Fichten infolge der Tro- ckenperiode im Juni und Juli trat nicht in dem Umfang wie im Sommer 2003 ein.

Biotische Schäden

Die von dem extrem warmen und trockenen Sommer 2003 in Fichtenbeständen ausge- löste großräumige Massenvermehrung des Buchdruckers (*Ips typographus* L.) und des Kupferstechers (*Pityogenes chalcographus* L.) war in den Folgejahren 2004 und 2005 wieder rückläufig. Ursachen dafür waren günstige Witterungsbedingungen und die Effektivität der durchgeführten Maßnahmen, besonders der Befallssanierung. So belief sich die im Sommer 2005 entstandene und in der Folgezeit bis zum Frühjahr 2006 registrierte Menge befallener Fichten auf 28.200 m³. Dies entspricht 22 % des Ver- gleichswertes für 2003. Trotz des deutlichen Rückganges liegt diese Menge dennoch über dem Durchschnitt der Jahre vor 2003.

Abb. 16: Durch Buchdrucker zum Teil in Kombination mit Kupferstecher befallene Holzmenge von 1989 bis 2006 (*Angabe für 2006 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter 2006/07 sichtbar)

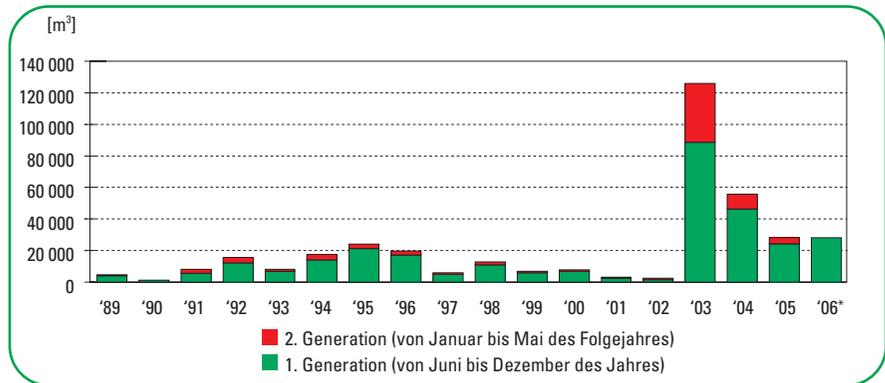
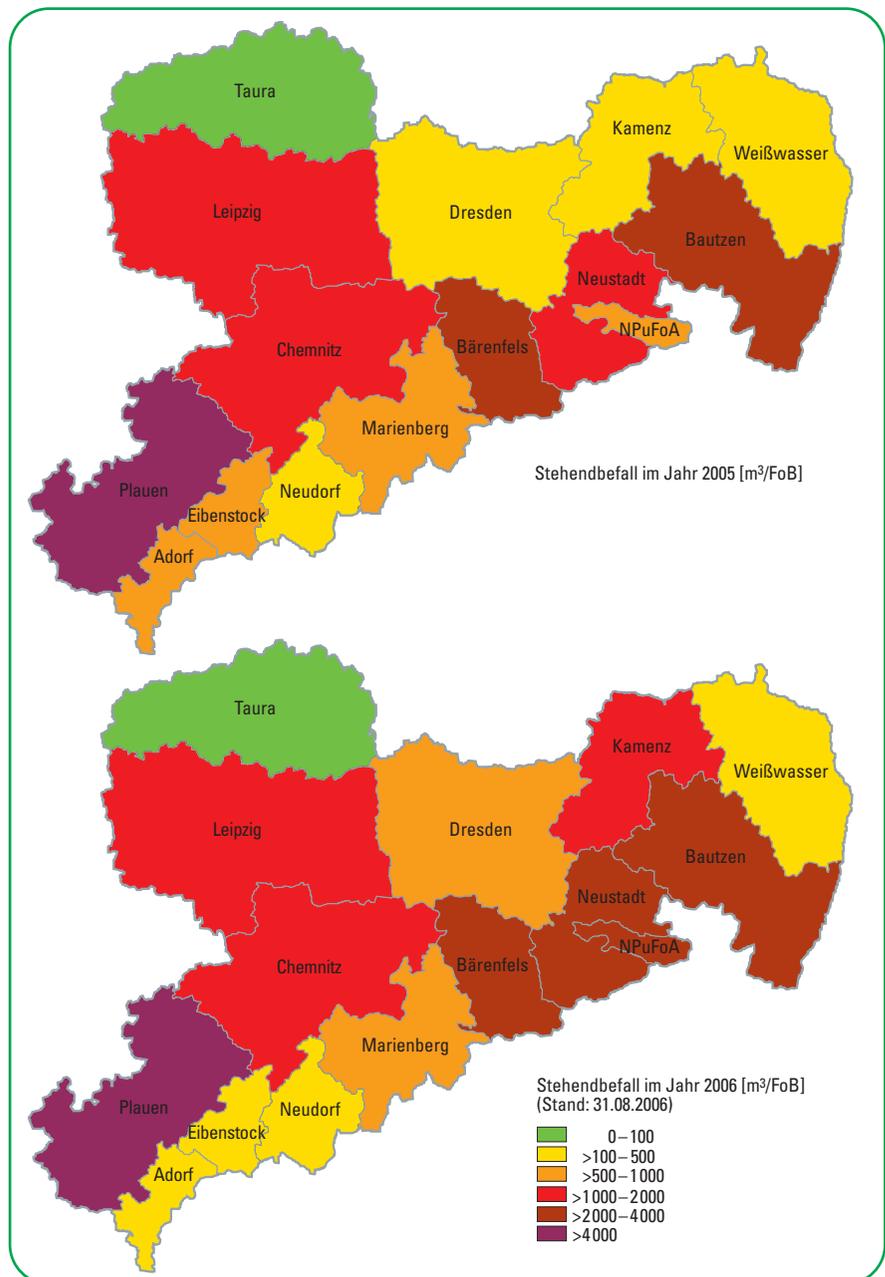


Abb. 17: Regionale (forstbezirkswise) Verteilung des Stehendbefalls durch Fichten- borkenkäfer für die Befallsjahre 2005 und 2006* per 31.08.06 (*Angabe für 2006 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter 2006/07 sichtbar)



Der Schwärmflug der Borkenkäfer im Frühjahr 2006 begann witterungsbedingt, wie auch die Austriebsphänologie der Vegetation, etwa eine Woche später als im Jahr zuvor. Diese zeitliche Verschiebung der Käferaktivität setzte sich bis Mitte Juni fort. In den Hoch- und Kammlagen des Westerzgebirges erfolgte der Schwärmflug erst in der zweiten Junidekade. Damit war ein langer Zeitraum für die insektizidfreie Aufarbeitung des noch vorhandenen Wurf- und Bruchholzes gegeben. Die Witterung im Juli führte zu einer Trendwende in der Befallsentwicklung. Sie erhöhte zum einen die Befallsgefährdung der Bäume (Trockenstress) und verbesserte zum anderen gleichzeitig die Entwicklungsbedingungen für die Borkenkäfer (Wärmeangebot). Ein Vergleich zur Situation im Jahr 2003 zeichnete sich ab. In Gebieten mit stark ausgeprägten Wasserdefiziten und erhöhten Ausgangsdichten an überwinterten Käfern aus 2005 kam es im Juni/Juli bereits zu einem Anstieg des Befalls am stehenden Baum. Die bis Ende August landesweit angefallene Menge von 28.100 m³ entspricht dem Gesamtbefall des Vorjahres (vgl. Abb. 16). Aufgrund der Eigentumsverhältnisse in den besonders betroffenen Regionen Vogtland, Osterzgebirge, Elbsandsteingebirge und Oberlausitzer Bergland sind von dieser Entwicklung insbesondere private und kommunale Waldbesitzer betroffen (vgl. Abb. 17). Auf den Staatswald entfiel ein Drittel der bis Ende August erkannten Befallsholzmenge. Der Witterungswechsel im August mit überdurchschnittlichen Niederschlägen verringerte offensichtlich das hohe Gefahrenpotenzial wieder und verhinderte eine Befallsentwicklung analog zu der im Jahr 2003. Diese Entwicklungsphase hielt nur bis zu einem erneuten Anstieg des Befallsrisikos im September an. Bis in den Winter hinein wird neuer Käferbefall sichtbar werden. Darüber hinaus erhöht sich die Gefahr für einen Borkenkäferbefall 2007.

Kiefer

Kronenzustand

Die Gemeine Kiefer ist mit 30,1 % Anteil an der Waldfläche die zweithäufigste Baumart in Sachsen und prägt vor allem die Wälder des Tief- und Hügellandes.

2006 zeigten die Kiefern auf 12 % der Fläche deutliche und auf 56 % schwache Schäden, während sie auf 32 % der Fläche ungeschädigt waren (vgl. Abb. 18). Im Landesdurchschnitt gleichen sich somit die Anteile deutlicher Schäden bei Kiefer und Fichte an.

Bei den älteren Kiefern hat sich im Vergleich zu den Ergebnissen des vergangenen Jahres der Kronenzustand geringfügig verschlechtert. Dies drückt sich sowohl in einer Zunahme der deutlichen Schäden von 16 auf 18 Prozent als auch in einem Anstieg der mittleren Kronenverlichtung aus.

Nachdem zu Beginn der 90er Jahre eine beachtenswerte Verbesserung des Kronenzustandes mit einer Verringerung der deutlich geschädigten Fläche von 27 % (1991) auf 7 % (1996) konstatiert werden konnte, nahmen die Schäden seitdem wieder leicht zu. Das betrifft ebenso die leichten Schäden, so dass der Anteil der ungeschädigten Kiefern sank und heute wieder das Niveau von 1991 erreicht wird.

Zwar ist auch bei der Kiefer das Schadenniveau zwischen den Altersbereichen differenziert

und 7 % deutlichen Schäden bei jüngeren Kiefern stehen 18 % bei älteren Bäumen gegenüber. Anders als bei der Baumart Fichte finden Veränderungen im Schadverlauf jedoch in gleichem Maße bei älteren und jüngeren Kiefern statt.

Nadelvergilbungen spielten mit Ausnahme des Jahres 2000 im letzten Jahrzehnt eine untergeordnete Rolle und blieben zumeist unter einem Prozent. Mit 2 % der Kiefern zeigten 2006 wieder mehr Bäume leichte Vergilbungssymptome. Dies kann als erstes Indiz eines erheblichen Trockenstresses gewertet werden, der sich bis Mitte August 2006, dem Ende der Erhebung, auf manchen Standorten einstellte.

Wie in den letzten Jahren **fruktifizierte** auch 2006 wieder ein Großteil der Kiefern. An 66 % der älteren Kiefern wurde geringer, an 30 % mittlerer bis starker Zapfenbehang registriert (vgl. Tab. 5, Anhang).

Biotische Schäden

Die großräumige Massenvermehrung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) während der Jahre 2003 bis 2005 ist beendet. Die Populationsdichten nähern sich wieder ihrem sogenannten „Eisernen Bestand“ (Latenzniveau) an. Dabei noch auftretende, kleinstflächige Fraßschäden sind tolerierbar. Auf-

Abb. 18: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Kiefer von 1991 bis 2006

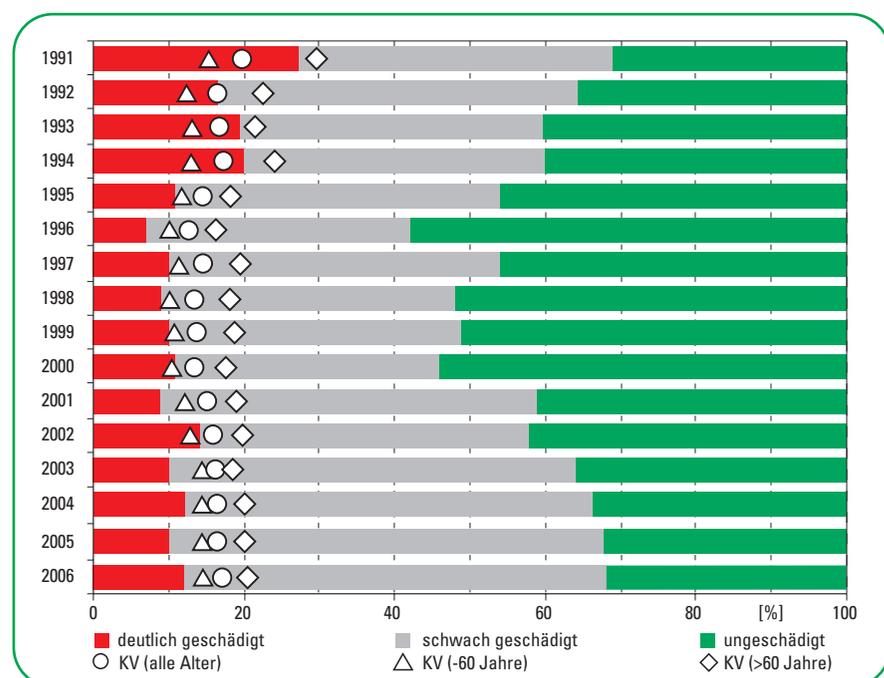


Abb. 19: Pheromonfallenfänge der Nonne in ausgewählten Forstbezirken für die Jahre 1992 bis 2006

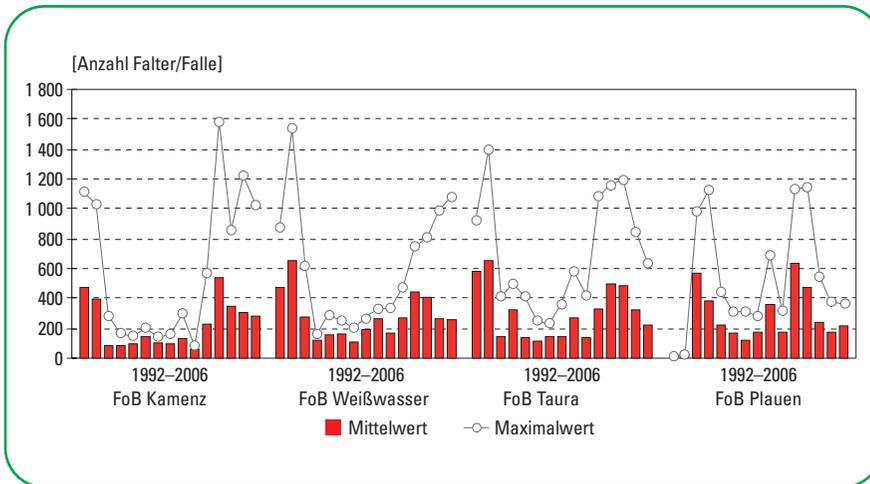


Abb. 20: Regenerierte, absterbende und abgestorbene Kiefern nach Nonnenfraß in einem im Vorjahr stark befallenen, unbehandelten Bestand



grund ihrer Vermehrungszyklen ist davon auszugehen, dass von dieser Art in den nächsten Jahren keine Gefahr für ein großflächiges Auftreten bestandesbedrohender Fraßschäden ausgeht. In Beständen, in denen es zu starken fraßbedingten Nadelverlusten kam, setzte sich der Absterbeprozess von Einzelbäumen fort. Die Trockenperioden dieses Jahres verstärkten das Problem nochmals.

Die Anzahl der Kiefernspinner (*Dendrolimus pini* L.) befanden sich im Frühjahr auf Latenzniveau. Nach geringfügigem Anstieg im Vorjahr nahmen die Belagsdichten der Forleule (*Panolis flammea* Schiff.) und auch der Kiefernbuschhornblattwespen (*Diprion spec.*) tendenziell wieder ab. Im nordwestlichen Landesteil kam es zur Stagnation der Blattwespendichten auf einem leicht erhöhten Niveau.

Der bereits im Vorjahr festgestellte Anstieg der Populationsdichten des Kiefernspanners (*Bupalus piniarius* L.) setzte sich in gleicher Intensität mit erneuter Verdoppelung der Belagsdichten bis zum Frühjahr 2006 fort. Das galt wiederum fast für das gesamte Verbreitungsgebiet dieser Art in Nordsachsen. Ausgenommen davon waren Nonnen-Bekämpfungsgebiete der letzten Jahre. Zu diesem Zeitpunkt wiesen 10 bis 20 % der

Abb. 21: Belagsdichten des Kiefernspanners im Frühjahr 2006

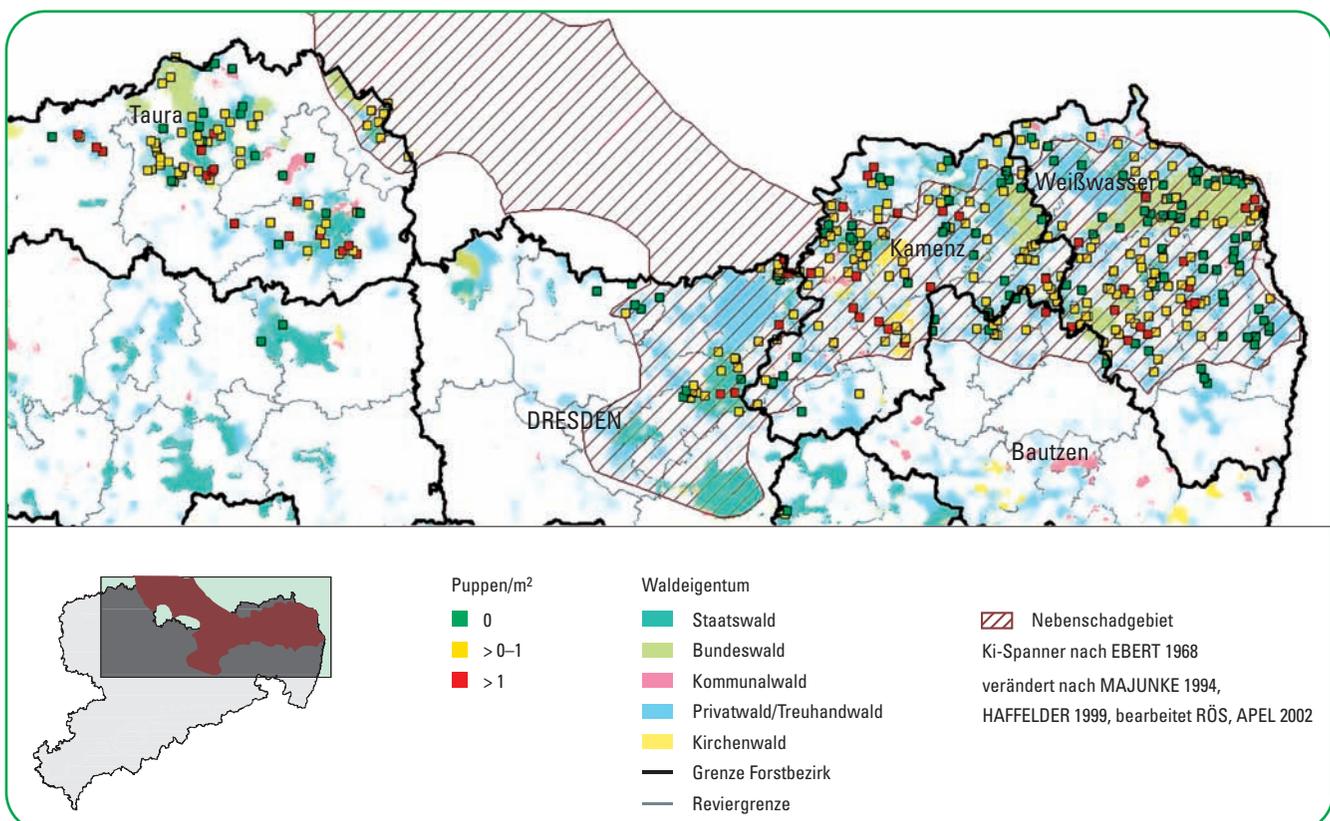
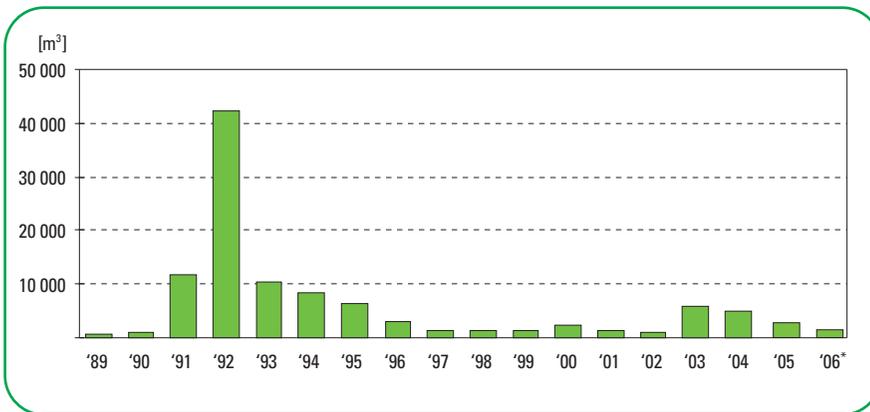


Abb. 22: Durch Prachtkäfer befallene Holzmenge von 1989 bis 2006 (*Angabe für 2006 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter sichtbar)



potenziell gefährdeten Bestände Populationsdichten über der Warnschwelle von einer Puppe/m² auf (vgl. Abb. 21). Die Parasitierungsrate der Weibchen war mit Werten von 15 bis 40 % gering und damit typisch für eine beginnende Massenvermehrung. Von dieser Entwicklung ging 2006 keine Bestandesgefährdung aus, dazu waren die Belagsdichten noch zu gering. Die Situation muss jedoch weiter beobachtet werden.

Nach dem erheblichen, jedoch nicht mit der Massenvermehrung 1991–93 vergleichbaren Anstieg des Befalls von Kiefern mit Larven des Blauen Kiefernprachtkäfers (*Phaenops cyanea* L.) infolge des extremen Sommers 2003, ging dieser bis zum Frühjahr 2006 kontinuierlich zurück (vgl. Abb. 22). Für diese sehr wärmeliebende Käferart bot die Witterung im Juli optimale Schwärmbedingungen. Der dabei entstandene Befall wird erst in den Herbst- und Wintermonaten und insbesondere 2007 sichtbar. Wesentlich für das Schadausmaß wird der Witterungsverlauf im Frühjahr 2007 sein, der die Entwicklungsbedingungen für die in der Bastschicht überwinterten Larven beeinflusst.

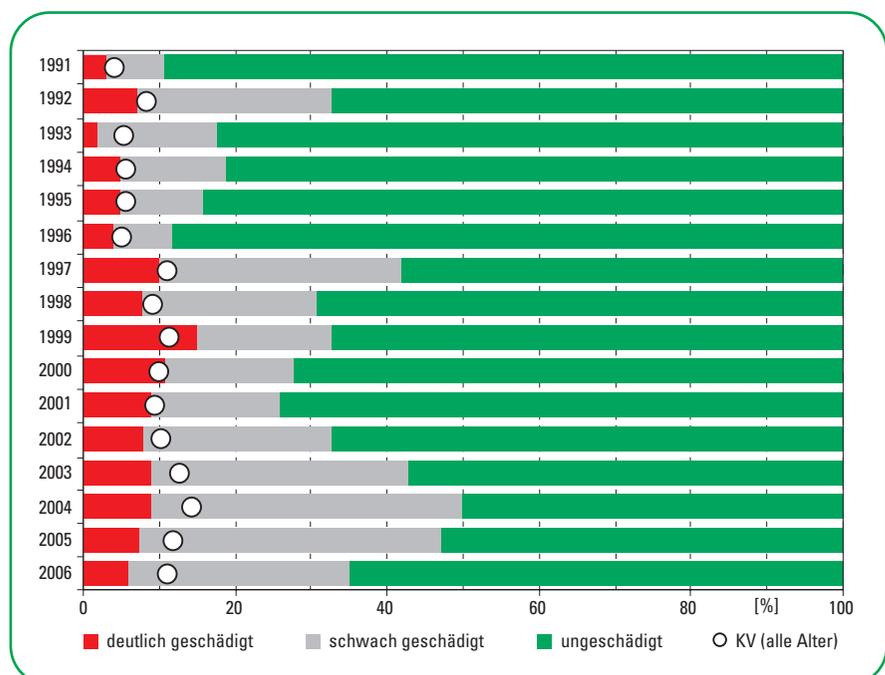
Auch für andere stamm- und rindenbrütende Borkenkäfer, wie beispielsweise den Zwölftzähligen (*Ips sexdentatus* Boern.) und den Sechszähligen Kiefernborkekäfer (*Ips acuminatus* Gyll.), die häufig mit dem Kiefernprachtkäfer vergesellschaftet sind, zeichnet sich bereits aufgrund der auch für sie sehr günstigen Bedingungen gebietsweise eine Befallszunahme ab.

Sonstige Nadelbäume

Kronenzustand

Sonstige Nadelbäume besitzen in Sachsen einen Anteil an der Waldfläche von 6,0 %. Die zu dieser Baumartengruppe zählenden Baumarten sind hier meist nicht heimisch und wurden erst im Zuge der Umsetzung spezieller waldbaulicher Konzepte, wie z. B. der Aufforstung des Erzgebirgskammes nach dem flächigen Absterben der Fichte, angepflanzt. Folglich sind etwa 3/4 der begutachteten sonstigen Nadelbäume jünger als 40 Jahre, wobei die Europäische Lärche mit etwa 50 % die häufigste Baumart in dieser Gruppe ist.

Abb. 23: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der sonstigen Nadelbäume von 1991 bis 2006



Das Schadniveau sonstiger Nadelbäume ist verglichen mit den beiden Hauptnadelbaumarten niedrig, zumal junge Bäume i. d. R. in geringerem Maße Schäden zeigen. Dennoch lassen die Schadstufenentwicklung, aber auch der Verlauf der mittleren Kronenverlichtung eine Schadzunahme zwischen 1991 und 1999 erkennen. In diesem Zeitraum erhöhte sich der Flächenanteil deutlicher Schäden von 3 auf 15 %. Der Anteil deutlicher Schäden fiel seitdem wieder leicht ab und erreicht 2006 sechs Prozent. Währenddessen stiegen sowohl die mittlere Kronenverlichtung als auch der Flächenanteil schwacher Schäden auf ein Maximum im Jahr 2004 (vgl. Abb. 23). In den letzten beiden Jahren nimmt der ungeschädigte Flächenanteil wieder zu und erreicht nunmehr 65 %. Die aktuelle Verbesserung des Kronenzustandes wird durch die mittlere Kronenverlichtung belegt. Sie sank von 14,1 %, dem bisher höchsten Wert im Jahr 2004, auf derzeit 11 %.

Biotische Schäden

Wie bereits im Vorjahr spielte auch im Frühjahr 2006 der sehr auffällige Befall von Lärchenbeständen durch die Lärchenminiermotte (*Coleophora laricella* Hb.) eine sehr untergeordnete Rolle für den Benadelungszustand dieser Baumart. Gebietsweise trat ein erheblicher Befall durch den Großen Lärchenborkekäfer (*Ips cembrae* Heer) auf.

Eiche

Kronenzustand

Stiel- und Trauben-Eiche nehmen in den sächsischen Wäldern gemeinsam einen Flächenanteil von 5,3 % ein. Im Zuge des verstärkten Anbaus von Nadelbäumen ist in der Vergangenheit der Eichenanteil deutlich gesunken und beschränkt sich heute vornehmlich auf wechselfeuchte und wechsell-trockene Standorte. Ihre morphologischen und physiologischen Eigenschaften verhelfen der Eiche dazu, auch auf diesen hinsichtlich des Wasserhaushaltes recht problematischen Standorten zu wachsen und stabile Waldbestände zu bilden. Dort angebaute Nadelbäume weisen hingegen hohe Anfälligkeiten gegenüber verschiedenen abiotischen und biotischen Schadfaktoren auf.

Im Jahr 2006 beläuft sich der Flächenanteil leicht und deutlich geschädigter Bäume auf 75 %. Damit verbesserte sich der Kronenzustand zum dritten Mal in Folge. Erstmals ist ein Viertel der Eichen als ungeschädigt eingestuft worden (vgl. Abb. 25).

Im Vergleich zu den Nadelbäumen fällt auf, dass das hohe Schadniveau starken Schwankungen unterworfen ist. Während in den Jahren 1993 (57 %), 1999 (68 %) und 2004 (53 %) sehr hohe Anteile deutlicher Schäden festgestellt wurden, erreichten diese 1992 nur 34 %, 2002 lediglich 31 % und im Jahr 2006 ein Minimum von 29 %. Es kann auf ein relativ hohes und annähernd konstantes Schadniveau geschlossen werden, welches von periodisch auftretenden Schadfaktoren überlagert wird.

Wahrscheinlich ist die zwar verminderte, aber anhaltende Schadstoffbelastung Ursache für eine verminderte Belaubung der Eichen. Für die starken Schwankungen der Belaubungsdichte erscheinen zudem der Befall durch Insekten, insbesondere blattfressende Schmetterlingsraupen, sowie die Witterungsbedingungen während der vorangegangenen Vegetationsperioden ausschlaggebend zu sein. So reagieren Eichen auf Trockenstress häufig mit vorzeitiger Laubverfärbung und dem Abwurf ganzer Zweige (Astabsprünge). Durch ihr hohes Regenerationspotenzial sind sie aber befähigt, derartige Verluste bei günstigeren Bedingungen wieder auszugleichen.

Abb. 24: Fruchtanhang an Eiche



Bei Bewertungen des Gesundheitszustandes sollte deshalb der oftmals angespannte Wasserhaushalt der Eichenstandorte berücksichtigt werden.

Die Eichen trugen stärker noch als im vergangenen Jahr Früchte. Von den über 60 Jahre alten Eichen fruktifizierten mehr als zwei Drittel, davon 14 % mittel bis stark.

Abb. 25: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Eiche von 1991 bis 2006

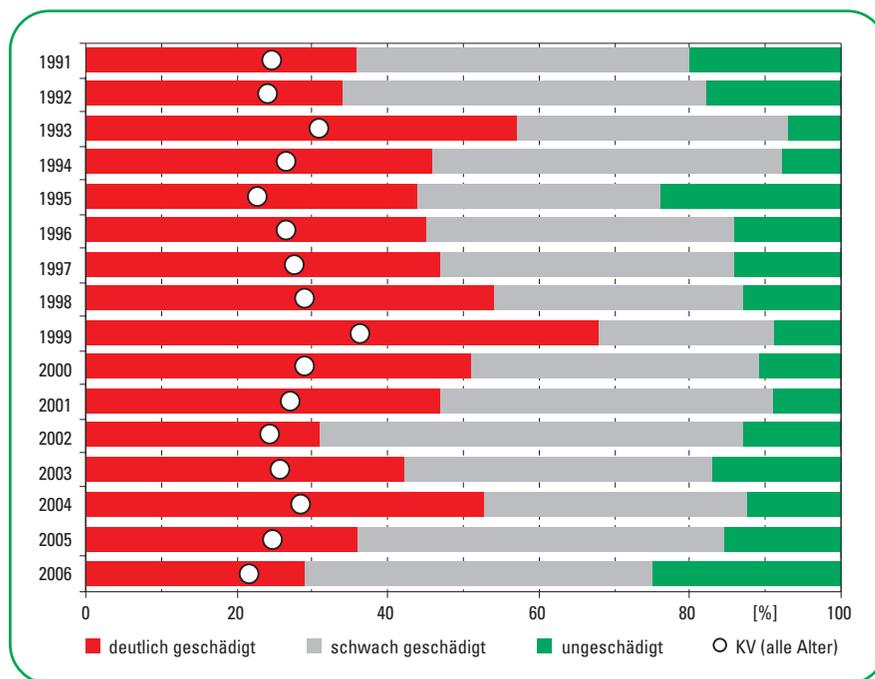
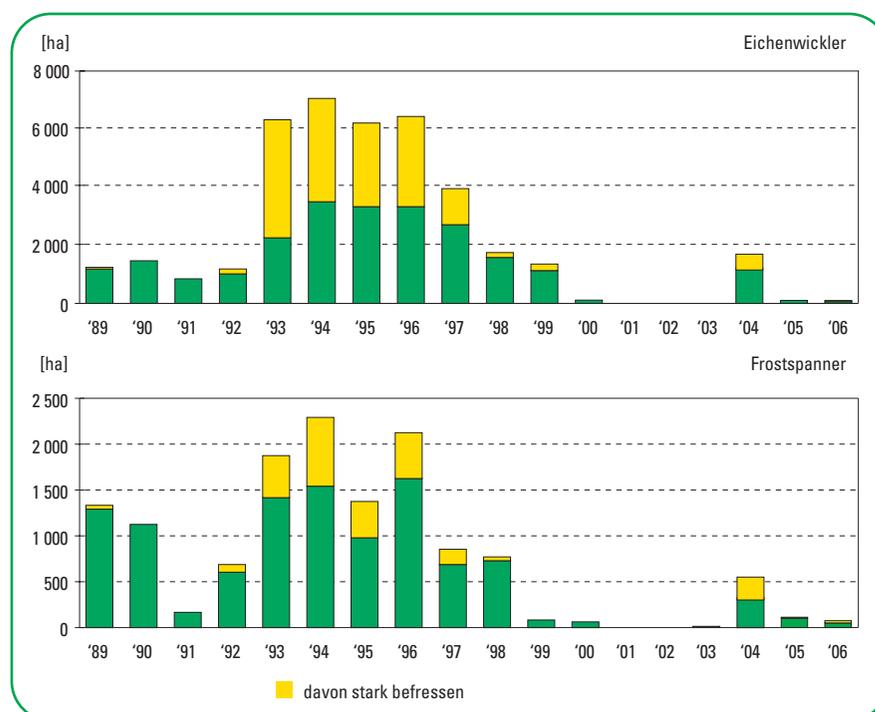


Abb. 26: Befallsflächen [ha] durch Eichenwickler (oben) und Frostspanner (unten) 1989 bis 2006



Abiotische Schäden

Trockenheitsbedingte Schäden bleiben bei der Baumart Eiche auf Einzelbäume beschränkt. Im Frühjahr 2004 war es zu einem zeitlich sehr verzögerten Austrieb gekommen. Dies wurde unter anderem auf die Trockenheit 2003 zurückgeführt. Derartige Folgewirkungen mit einer regionalen Differenzierung könnten auch 2007 auftreten.

Biotische Schäden

Fraßschäden durch sogenannte „Eichenfraßgesellschaften“ (Eichenwickler, Schwammspinner und Frostspanner-Arten) waren in diesem Jahr sehr gering und beeinflussten den Belaubungszustand nicht. Mit einem erkennbaren Befall auf weniger als 150 ha waren die Schäden geringer als erwartet. Zu lokal möglichen Überlagerungen des Befalls einzelner Arten kam es nicht. Die zum Teil erheblichen Temperaturschwankungen im Frühjahr verhinderten möglicherweise die Synchronisation zwischen dem Austreiben der Blätter und dem Schlupf der Eirauen. Dies ist für die weitere Entwicklung der Raupen und damit das Schadausmaß wesentlich.

Nach mehreren Jahrzehnten der Latenz nehmen die Populationsdichten des Maikäfers auch in historischen Befallsgebieten Sachsens wieder zu. Diese Entwicklung belegte 2006 kleinflächig ein sehr auffälliger Schwärmflug des Feldmaikäfers (*Melolontha melolontha* L.) im Gebiet des sogenannten Bautzen-Löbauer-Mischfluges. In diesem Gebiet schwärmt der Käfer regelmäßig im 2. Jahr nach einem Schaltjahr. Vom Wurzelfraß der Engerlinge geht eine potenzielle

Abb. 27: Zum Schwärmflug startender Maikäfer



Gefährdung, insbesondere für Waldumbauflächen mit Laubbaumarten, aus. Aufgrund der 4-jährigen Entwicklungsdauer steigen die Populationsdichten nur sehr langsam, aber kontinuierlich an.

Buche

Kronenzustand

Mit 3,2 % besitzt die Rotbuche einen vergleichsweise geringen Anteil an der sächsischen Waldfläche und wird dadurch auch seltener von der Waldzustandserhebung erfasst. Die Aussagen zum absoluten Schadenniveau dieser Baumart können daher statistisch nicht abgesichert werden. Da jedoch jedes Jahr ein nahezu identisches Kollektiv von Buchen erfasst wird, können Trends aufgezeigt werden. Neben der Belaubungsdichte besteht gerade bei der Buche die Möglichkeit, Vitalitätszustände anhand von Verzweigungsmustern festzustellen ([3]1999). Im zurückliegenden 16-jährigen Beobachtungszeitraum hat sich der Kronenzustand der Buche drastisch verschlechtert. Konnten 1991 noch mehr als die Hälfte der Buchen als gesund eingestuft werden, kehrte sich die Situation bis heute um. 2006 zeigen 41 % der Buchen deutliche und 40 % schwache Schäden, lediglich 19 % sind gesund (vgl. Abb. 28). Vergleichbar mit dem Schadverlauf bei der

Eiche weist auch die Buche deutliche Phasen der Erholung auf. Ein solcher Rückgang fand zwischen 1995 und 1997 statt. Auch seit dem Jahr 2004 – nach der Trockenheit im Sommer 2003 waren die Schäden maximal – erholte sich der Belaubungszustand der Buche wieder leicht. Ungeachtet dieser Verbesserung bleibt die Buche die am stärksten geschädigte Baumart in Sachsen.

Recht deutlich lässt die mittlere Kronenverlichtung die zunehmende Schädigung der Buche erkennen, die ähnlich wie bei der Eiche durch periodisch auftretende Schadereignisse überprägt wird. Ursache könnten die Veränderungen in der Schadstoffbelastung mit einem Anstieg der Ozonkonzentration in der Luft sein, dem gegenüber die Buche, verglichen mit anderen Hauptbaumarten, besonders empfindlich ist.

Möglicherweise resultiert das schlechte Erscheinungsbild der Buchen auch aus dem Alter der Bäume. Während das gesamte Kollektiv der Stichprobenbäume aller Baumarten nur zur Hälfte älter als 60 Jahre ist, beträgt der untersuchte Anteil bei der Buche 72 %. Von den bewerteten Buchen sind allein 47 % über 100 Jahre alt. Ältere Bäume sind weniger vital, denn mit zunehmendem Alter verschiebt sich die Relation von der grünen Blattmasse, die den Baum ernährt, zugunsten der Holzmasse (Stämme und Zweige), die Nährstoffe verbraucht.

Abb. 28: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Buche von 1991 bis 2006

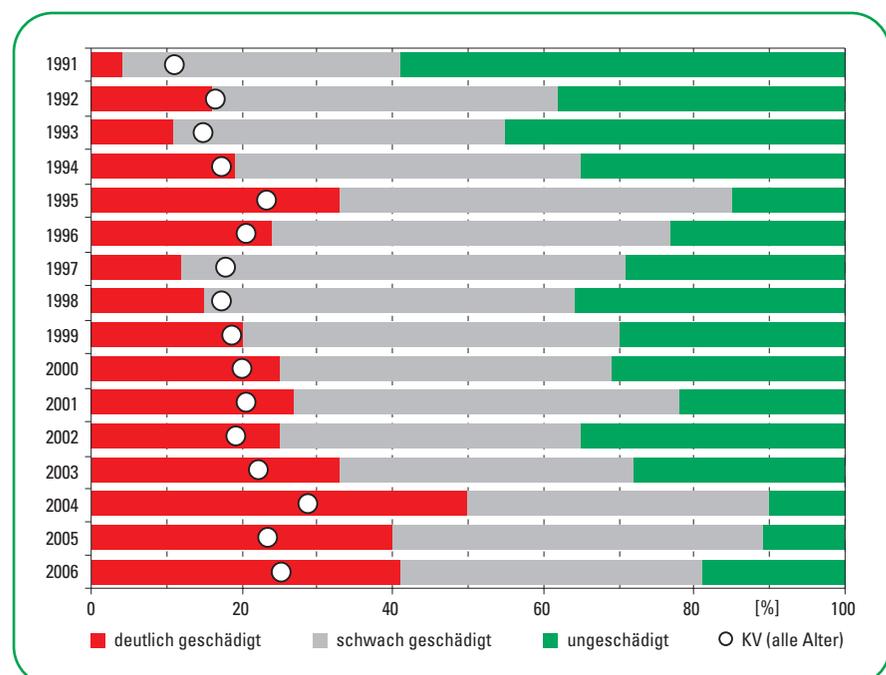
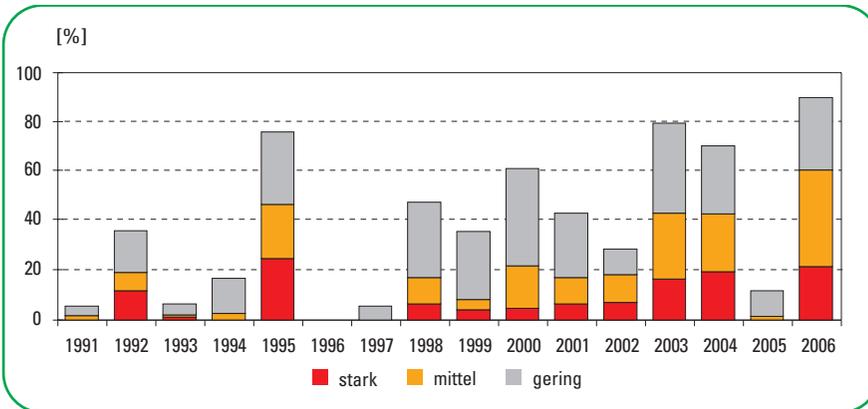


Abb. 29: Fruktifikation der älteren (über 60-jährigen) Buchen von 1991 bis 2006



Das Erscheinungsbild der Buche war in den vergangenen Jahren merklich durch wiederholt stärkeren Fruchtanhang geprägt. Warme sommerliche Witterungsbedingungen führen zu einer häufigen Anlage von Blütenknospen. Damit verbunden werden weniger Blattknospen ausgebildet. Im darauf folgenden Jahr treiben die Buchen weniger Blätter aus und blühen intensiver. Da Blüte und Fruchtbildung einerseits Reservestoffe verbrauchen und andererseits die verringerte Blattdichte die photosynthetische Bildung der Reservestoffe einschränkt, stellt eine reichliche Fruktifikation eine stärkere physiologische Belastung dar. Die häufigen Fruktifikationen in den Jahren von 1998 bis 2004 trugen aus diesem Grund zum Blattverlust der Buche bei. Nachdem im Jahr 2005 überwiegend schwacher Fruchtbehang festgestellt wurde, fruktifizierten in diesem Jahr 90 % der älteren Bäume. Mit einem Anteil von 61 % mittlerem und stärkerem Fruchtbehang war das Jahr 2006 ein ausgesprochenes Mastjahr (vgl. Abb. 29).

Abb. 30: Fruchtanhang an Buchen



Biotische Schäden

Die Schäden an den Verjüngungen werden stellvertretend bei der Buche beschrieben, da sie die zurzeit am häufigsten gepflanzte Baumart in Sachsen ist. Die nach dem Winter 2005/06 in Verjüngungsflächen aufgetretenen Schäden durch Mäusefraß belaufen sich landesweit auf ca. 350 ha. Diese Schadfläche entspricht dem Durchschnittswert der letzten 10 Jahre und liegt bei 50 % des vorjährigen, extrem hohen Befalls. Etwa die Hälfte dieser Fläche weist Fraßschäden durch Erd- und Feldmaus (*Microtus agrestis* L. und *M. arvalis* Pal.) auf. Besonders problematisch aufgrund der begrenzten und sehr aufwändigen Möglichkeiten für Gegenmaßnahmen ist der Befall durch Schermaus (*Arvicola terrestris* L.) auf einem Viertel der Flächen einzuschätzen. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um Erstaufforstungen.

Sonstige Laubbäume

Kronenzustand

Die sonstigen Laubbäume (Gemeine Birke, Ahornarten, Gemeine Esche, etc.) haben einen Waldflächenanteil von 13,5 %, die Birke dominiert mit über 50 % in dieser Baumartengruppe. Der Schädigungsgrad der Baumartengruppe weist einen uneinheitlichen Verlauf auf, der die Tendenz eines Anstieges der Kronenverlichtung andeutet. Im Zeitraum 1991–1997 schwankte die deutlich geschädigte Fläche zwischen 11 und 17 %. Der Folgezeitraum bis 2005 war durch ein höheres Schadniveau mit Werten zwischen 20 und 27 % gekennzeichnet. 2006 fiel der Anteil deutlicher Schäden wieder auf 17 % ab, wobei die mittlere Kronenverlichtung und die Fläche ungeschädigter Bäume diese Entwicklung adäquat widerspiegeln. (vgl. Abb. 31).

Es ist davon auszugehen, dass infolge der Trockenheit des Sommers 2003 in den Jahren 2004 (2,1 %) und 2005 (3,3 %) auffallend viele Bäume mit vollständigen Blattverlusten registriert wurden. In diesem Jahr fiel die Absterberate der sonstigen Laubbäume mit 0,2 % wieder auf das geringe Niveau der Vorjahre ab.

Abiotische Schäden

Aktuelle Schadenssymptome infolge der Trockenheit 2006, wie vorzeitiger Blattverlust von teils noch grünen Blättern beziehungsweise auffällige Blattverfärbungen, waren ab Ende Juli an verschiedenen Baumarten erkennbar. Vorwiegend betroffen waren wiederholt Standorte mit besonderer Exposition gegenüber Trockenstress: wechselfeuchte sowie wechselfrockene Standorte, sandige Böden, Felspartien, südwestlich exponierte Bestandesränder u. a. Insbesondere an relativ kleinen Pflanzen, deren eigene Wasservorräte gering sind, traten Verfärbungen und Blattnekrosen häufiger auf. Besonders auffällig sind Trockenstresssymptome an Birken, Pappeln und Aspen, die teilweise durch den Abwurf grüner Blätter ihren Wasserverbrauch minimieren (vgl. Abb. 32). Da es sich bei diesen Reaktionen auch um pflanzenphysiologische Anpassungsmechanismen handelt, ist eine abschließende Schadbewertung erst 2007 möglich. Schäden bis hin zum Absterben sind bei jüngeren Birken nicht

Abb. 31: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der sonstigen Laubbäume von 1991 bis 2006

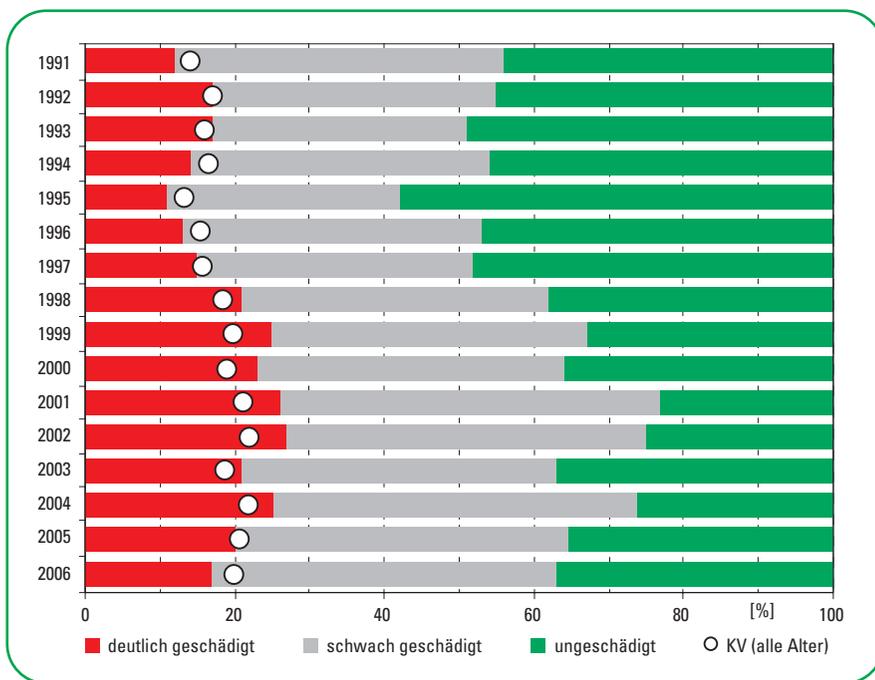


Abb. 32: Vorzeitiger Blattverlust an Aspen infolge der Trockenheit



Abb. 33: Spärlicher Austrieb von Roterle infolge des Befalls durch Erlenblattfloh



auszuschließen. An älteren Bäumen ist das Auftreten von Birkenschleimfluss ein weiteres Symptom, welches durch Wassermangel provoziert werden kann.

Bis Ende Juli wurden 250 ha Dürreschäden auf Verjüngungsflächen festgestellt. Die Schäden konzentrierten sich auf diesjährige Aufforstungen im Bereich der Forstbezirke Taura, Dresden, Neustadt, Bautzen und Leipzig. Aber auch in den Berglagen des Erzgebirges können Dürreschäden bei frisch gepflanzten Bäumen zu erheblichen Ausfallquoten führen. Denn mit der Bereitstellung der Pflanzen in der Baumschule nehmen die Pflanzen kein Wasser mehr auf, verbrauchen den in der Biomasse gespeicherten Vorrat und verlieren zudem einen erheblichen Teil der Feinwurzelmasse. Da letztere für die Wasseraufnahme von besonderer Bedeutung ist, reagiert die Pflanze entsprechend sensibel auf den Bodenwasservorrat, zumal der beim Pflanzen aufgelockerte Boden rascher austrocknet und die Pflanze noch keine neuen Feinwurzeln bilden konnte.

Wie bereits im Vorjahr zeigte die Roterle auch 2006 einen verzögerten und spärlichen Austrieb mit auffälligen Wachswolleablagerungen und braunen Saugstellen an den Blattunterseiten. Ursache dieser Symptome war wiederum ein intensiver Befall mit dem Erlenblattfloh (*Psylla alni* L.). Das Vorkommen dieser, zu den Pflanzenläusen gehörenden Art, wird durch hohe Luftfeuchtigkeit gefördert, weshalb besonders Erlen in Tallagen unter diesem Schädling zu leiden hatten.

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 bis 2006). Um auch kleine Wuchsgebiete bzw. solche mit geringem Waldanteil in die Auswertung einbeziehen zu können, wurden sie, soweit es sinnvoll erschien, zu 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 sinnvolle Auswertung allerdings zu gering.

Die Ergebnisse der Wuchsgebietsauswertung 2006 sind in *Abb. 34* sowie *Tab. 7 (Anhang)* veranschaulicht. Die Diagramme in *Abb. 34* zei-

gen die Entwicklungstrends der Schäden in den Wuchsgebieten. Zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse für die Wuchsgebiete von der dort jeweils vorherrschenden Baumarten- und Altersklassenverteilung geprägt werden (*vgl. Tab. 6, Anhang*). Zugleich spiegeln sich in den Ergebnissen die regionalen Besonderheiten vorherrschender Boden- und Klimatypen wieder, deren Einflüsse auf den Kronenzustand im Zusammenhang mit dem Witterungsverlauf 2006 spürbar wurden. Einen Eindruck von der räumlichen Verteilung der Baumarten sowie deren Kronenzustand vermittelt zusätzlich die mittlere Kronenverlichtung in *Abb. 35*.

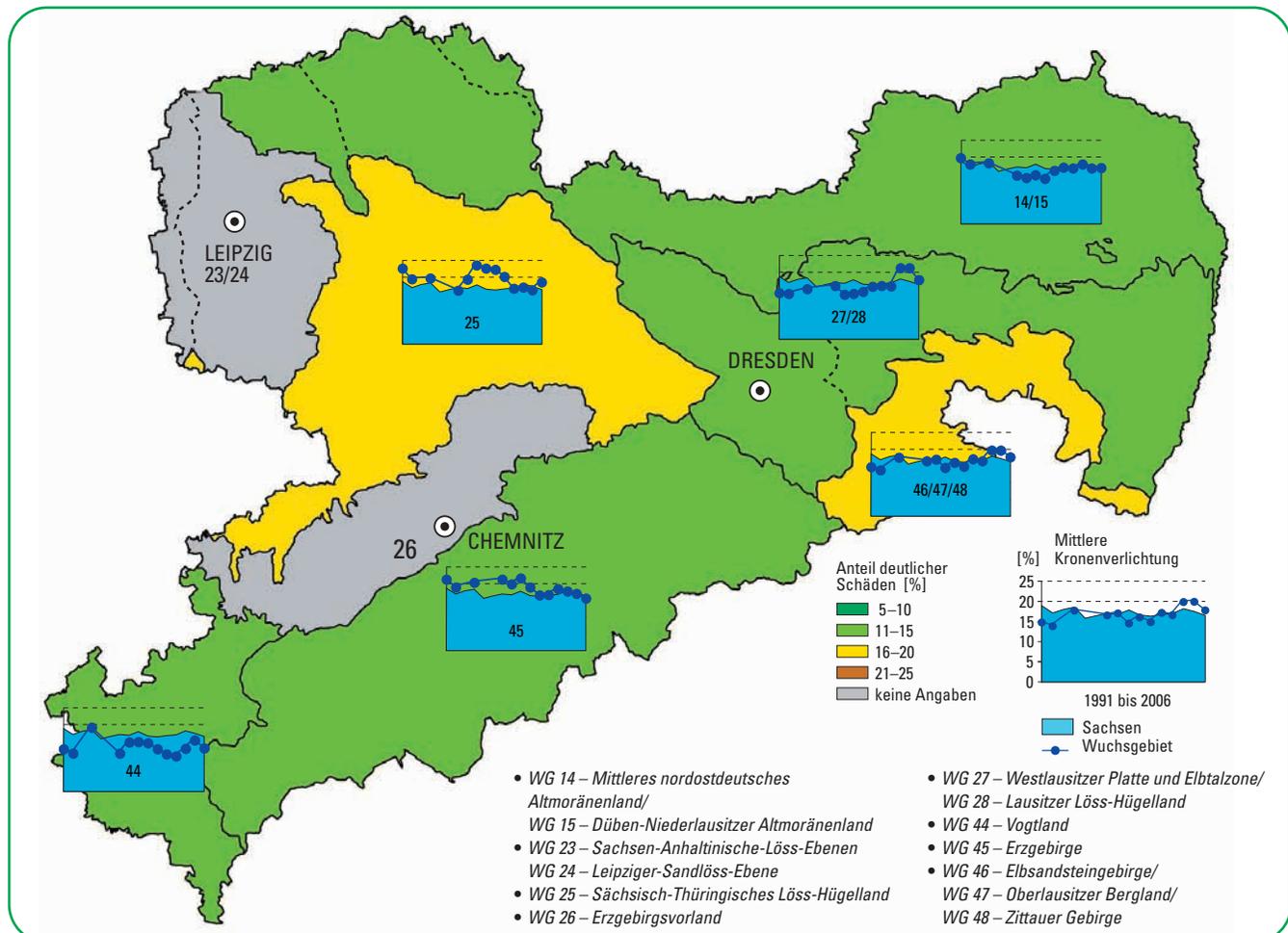
Der in diesem Jahr diagnostizierte Flächenanteil deutlicher Schäden variiert im Vergleich zum Beginn der Erhebungen nur wenig. Er schwankt von 11 % in den Wuchsgebieten Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland (WG 14, 15) und Vogtland (44) bis 18 % in den Wuchsgebieten Elbsandsteingebirge / Oberlausitzer Bergland / Zittauer Ge-

birge (WG 46, 47, 48). Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Waldzustand in fast allen Wuchsgebieten verbessert. Einzig im Sächsisch-Thüringischen Löss-Hügelland (WG 25) haben die Schäden um 3 Prozentpunkte zugenommen.

Im **Erzgebirge** (WG 45), dem walddreichsten Wuchsgebiet Sachsens, hat sich der Zustand in den letzten Jahren spürbar zum Positiven verändert. Der Anteil der Waldfläche mit deutlichen Schäden hat sich, ausgehend vom hohen Niveau 1991 mit 36 %, auf 15 % (2006) verringert und damit dem Landesdurchschnitt angenähert. 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 Rauchs Schäden“.

Das **Vogtland** (WG 44) liegt mit 11 % deutlich geschädigter Waldfläche markant unter dem Landesdurchschnitt. Damit setzte sich der im Trockenjahr 2003 beginnende Trend steigender Schäden nicht mehr fort und das Wuchs-

Abb. 34: Anteil deutlicher Schäden 2006 und Veränderung der mittleren Kronenverlichtung von 1991 bis 2006 in den Wuchsgebieten (WG)



gebiet zeichnet sich wieder durch vergleichsweise geringe Schäden aus. In den zurückliegenden 10 Jahren schwankte der Anteil deutlicher Schäden zwischen 6 und 17 Prozent. Die in verstärktem Maße als ungeschädigt bewerteten Bäume trugen wesentlich zur Verringerung der mittleren Kronenverlichtung bei.

In den Wuchsgebieten **Elbsandsteingebirge/ Oberlausitzer Bergland/ Zittauer Gebirge** (WG 46, 47, 48) zeigen die Bäume auf 18 % der Fläche eine deutliche Kronenverlichtung. Der seit 1999 beobachtete Rückgang der ungeschädigten Waldfläche bei gleichzeitiger Zunahme der durchschnittlichen Kronenverlichtung hat sich infolge der Verbesserungen im Jahr 2006 nicht mehr fortgesetzt. Ungeachtet dieser Entwicklung weist diese Wuchsgebietsgruppe jedoch bei den deutlichen Schäden im Landesvergleich die höchsten Schädigungsgrade auf.

Aufgrund des überdurchschnittlich hohen Schadniveaus lag in den Jahren 1998–2002 das Wuchsgebiet **Sächsisch-Thüringisches**

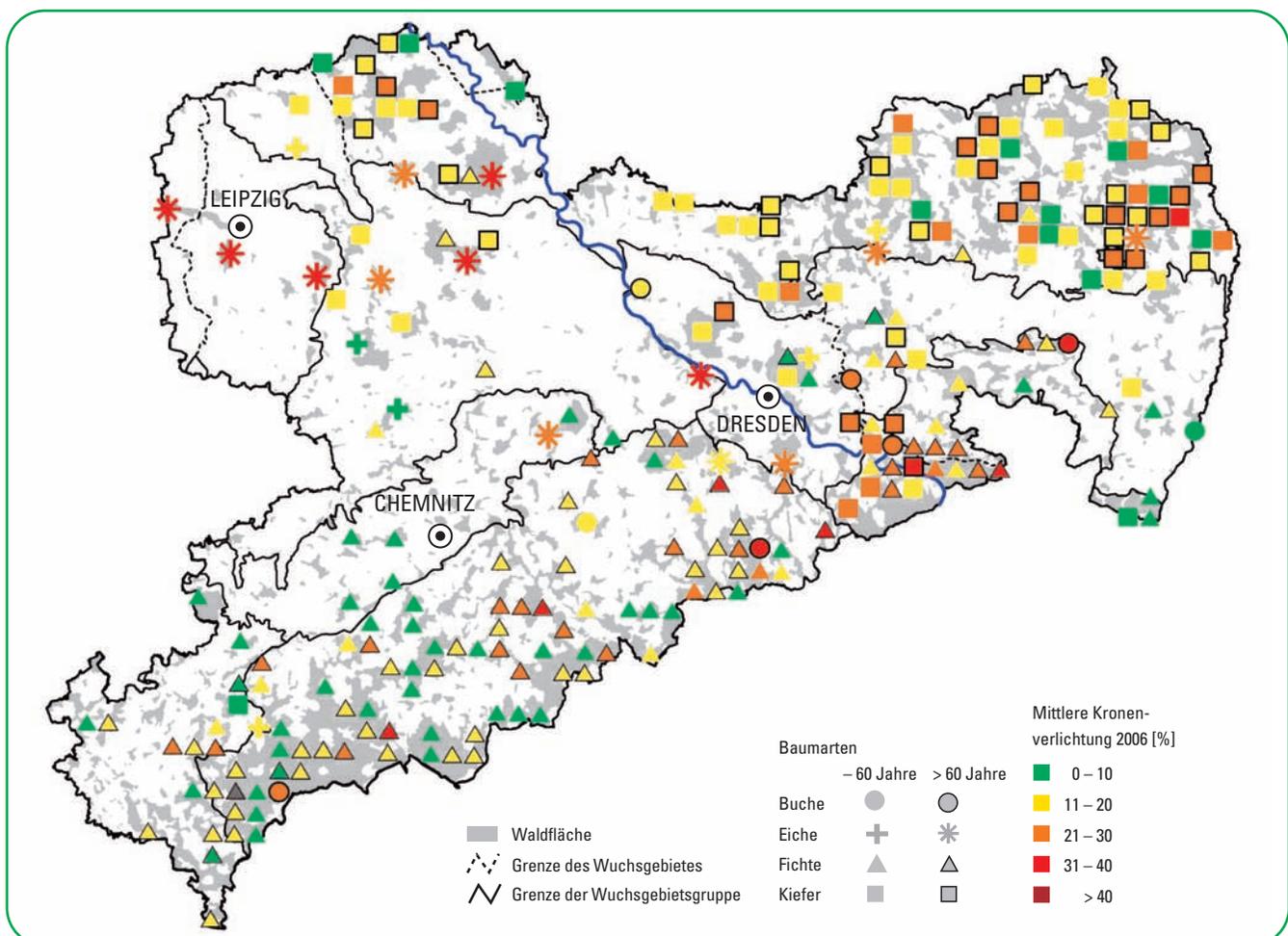
Löss-Hügelland (WG 25) verstärkt im Blickpunkt. Nach einem Maximum von 39 % im Jahr 1999 sind seit 2002 die deutlichen Schäden wieder zurückgegangen. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich jedoch einzig in diesem Wuchsgebiet der Kronenzustand um 3 Prozentpunkte verschlechtert. Ebenso stieg die mittlere Kronenverlichtung von 17,1 auf 18,7 Prozent an. Neben den südöstlichen Wuchsgebieten Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge treten Waldschäden somit verstärkt im Sächsisch-Thüringischen Löss-Hügelland – zwischen den Städten Leipzig, Chemnitz und Dresden – auf.

In den Wuchsgebieten **Westlausitzer Platte und Elbtalzone/ Lausitzer Löss-Hügelland** (WG 27, 28) übertrifft das Schadniveau seit dem Jahr 2004 den Landesdurchschnitt, offenbar als Folge der Trockenheit im Jahr 2003. Im Jahr 2006 erreicht der Anteil der deutlich geschädigten Waldfläche 15 % und ging damit um 3 Prozentpunkte zurück. Gleichzeitig nahm die als gesund eingestufte Waldfläche auf

40 % deutlich zu und die mittlere Kronenverlichtung um 4 Prozentpunkte ab. In den nördlichen Wuchsgebieten **Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/ Düben-Niederlausitzer Altmoränenland** (WG 14, 15) wurden bei der diesjährigen Erhebung 11 % deutliche Schäden diagnostiziert. Das Ergebnis blieb gegenüber dem Vorjahr unverändert. Es liegt wie im Vogtland unter den anderen Wuchsgebieten. Dagegen befindet sich die mittlere Kronenverlichtung mit 16,8 % jedoch 3 Prozentpunkte über dem Wert des Vogtlandes. Insbesondere in den Forstbezirken Kamenz und Weißwasser hat die mittlere Kronenverlichtung örtlich zugenommen. In Verbindung mit der lokal differenzierten Wasserhaltekapazität des Bodens zeigen sich hier erste Auswirkungen der sommerlichen Trockenstressperiode.

Über den gesamten Erhebungszeitraum betrachtet hat sich jedoch das Schadniveau, insbesondere das der hier dominierenden Kiefern (82 % Flächenanteil), gegenüber dem Anfang der 90er Jahre merklich verringert.

Abb. 35: Mittlere Kronenverlichtung der Hauptbaumarten an den Stichprobenpunkten im 4x4-km-Raster (mindestens 5 Bäume der Hauptbaumart am Stichprobenpunkt)



Abgrenzung stark geschädigter Waldökosysteme durch eine neue Immissions-schadzone

Als Grundlage zur Förderung von Maßnahmen, die einer Stabilisierung von Wäldern dienen, deren Schädigung auf Umweltbelastungen zurückzuführen sind, sieht das Waldgesetz für den Freistaat Sachsen eine Immissions-schadzonierung vor (§ 32 SächsWaldG). In der Vergangenheit wurde diese anhand der Begutachtung von Nadel- bzw. Blattverlusten in Verbindung mit der vorwiegend direkten Wirkung erhöhter bis teils extremer Schadstoffkonzentrationen auf die Baumkronen ausgewiesen (vgl. Abb. 36). Diese Zonierung ist vor dem Hintergrund deutlich verminderter Schadstoffgehalte in der Atmosphäre heute nicht mehr zeitgemäß, insbesondere auch deshalb, weil sie nicht die neueren Erkenntnisse zu den indirekten Langzeiteffekten der Immissionsbelastung in den Waldökosystemen berücksichtigt. Beispielsweise sind das die schleichende Nährstoffverarmung und Versauerung der Waldböden unter dem Einfluss des „Sauren Regens“ mit der Konsequenz verminderter Standortsproduktivität ([3] 2004). Diese sind in Form der Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit entscheidende Faktoren für Vitalität, Stabilität und Wachstum der Bäume. Im Rahmen der Regionalisierung bodenchemischer Daten der Bodenzustandserhebung ([3]2004) wurde unter Einbeziehung des Waldzustandes der Jahre 1991 bis 2003 eine qualifizierte, ökologisch fundierte Ausweisung einer Immissions-schadzone (vgl. Abb 37) vorgenommen. Zusätzlich berücksichtigt wurden dabei die Ersatzbaumarten (z. B. Lärche, Murraykiefer, Blaufichte), welche nach dem flächenhaften Absterben der Fichte in Immissions-schadgebieten angepflanzt wurden. Die mit Hilfe statistischer Methoden erfolgten Berechnungen zur Ausweisung einer Schadzone tragen der Tatsache Rechnung, dass allein der in der Waldzustandserhebung regelmäßig beurteilte Kronenzustand über die nachhaltige Schädigung des Standortes bzw. Ökosystems nur sehr eingeschränkt Auskunft gibt. Die Standortsproduktivität stellt einen entscheidenden Faktor für Vitalität, Stabilität und Waldwachstum dar, der sich infolge der Immissionen nachteilig ver-

Abb. 36: Immissions-schadzonen 1990

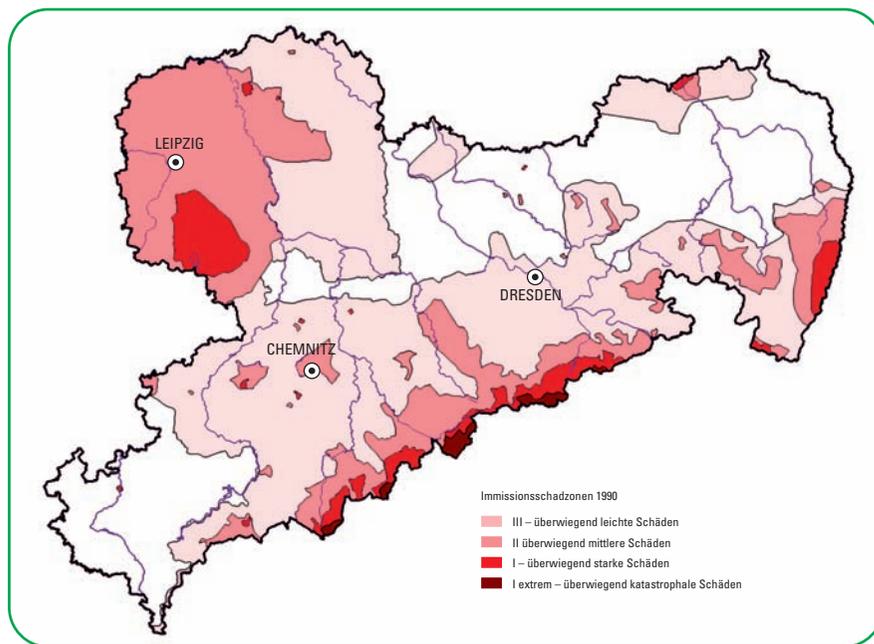
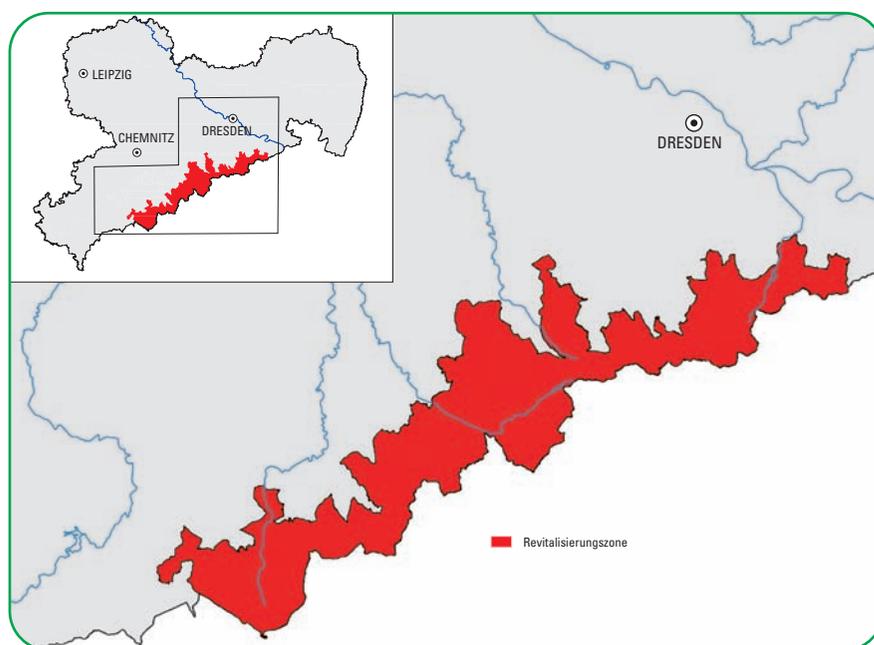


Abb. 37: Neuabgrenzung der Immissions-schadzone 2006



ändert hat. Ebenso bedeutsam sind weitere Faktoren, wie Geländeausprägung, Höhenlage (z. B. Kammlagen) und Exposition. Eine wesentliche Einflussgröße ist zudem das Alter der Waldbäume. Unter Berücksichtigung der genannten Einflussfaktoren wurde als Zielgröße die mittlere Kronenverlichtung errechnet, welche zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse auf ein Alter von 60 Jahren prog-

nostiziert wurde. Nicht der aktuelle Waldzustand, sondern diese prognostizierte mittlere Kronenverlichtung war die Basis für die neue Schadzonenabgrenzung! Zur Abgrenzung der Immissions-schadzone werden Waldteile herangezogen. Waldteile dienen der räumlichen Gliederung des Waldes und bilden im Sinne der Schadzonierung das strukturelle Gerüst, in welchem z. B.

Maßnahmen zur Waldschadenssanierung – Umwandlung vorhandener Pionier- und Übergangsbestockungen – geplant und durchgeführt werden können. Innerhalb der Waldteile werden die errechneten Kronenverlichtungen entsprechend ihres Flächenanteils gemittelt. Ersatzbaumarten fließen in diese Berechnung anteilig mit ein und werden dabei mit vollständigem Nadelverlust gewertet. Liegen die gemittelten Kronenverlichtungen innerhalb eines Waldteils bei mindestens 25 % (deutliche Schäden), so wird dieser mit seiner gesamten Waldfläche Teil der neu ausgewiesenen Immissionsschadzone. Die vom SMUL gemäß § 32 SächsWaldG ausgewiesene Immissionsschadzone erstreckt sich auf einer Waldfläche von rd. 49 000 ha, was ca. 10 % der sächsischen Gesamtwaldfläche entspricht. Sie verteilt sich auf die Forstbezirke Neustadt, Bärenfels, Marienberg und Neudorf. In diesen Gebieten sind auch zukünftig erhöhte Anstrengungen zur Sanierung und Stabilisierung des immissionsschädigten Waldes notwendig.

Abb. 38: Großflächige Wiederaufforstung mit der Ersatzbaumart Stechfichte im Immissionsschadgebiet des Forstbezirkes Marienberg bis zum Jahr 1992



Abb. 39: Wiedereinbringung der heimischen Baumart Fichte ab 1996 in die ersatzweise angebauten Stechfichtenbestände

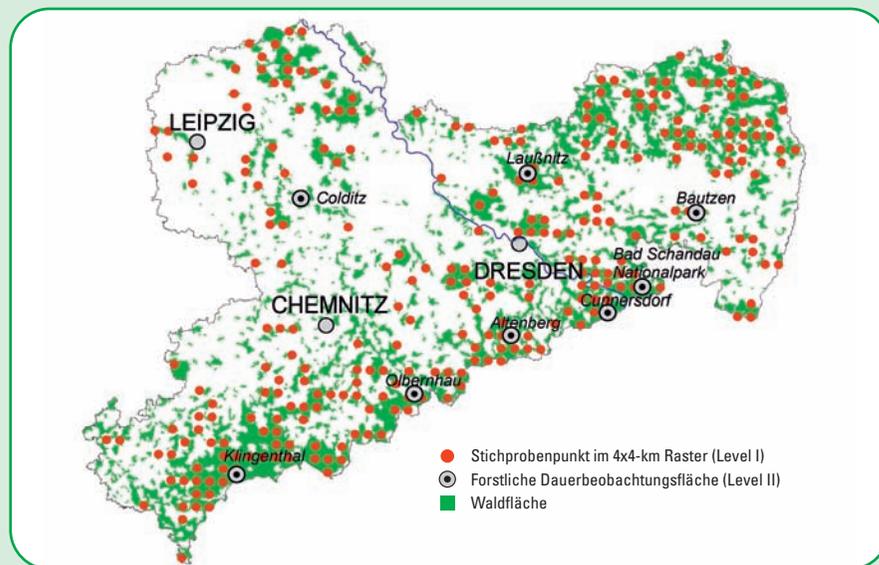


Anhang

Forstliches Monitoring

Die Einrichtung eines europaweiten Waldzustandsmonitorings geht zurück auf die Ratifizierung des Übereinkommens über weiträumige Luftverunreinigungen (Genfer Luftreinhaltekonvention 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. 40: Lage der Stichprobenpunkte im 4x4-km-Raster (Level I) und der Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF=Level II) in Sachsen



Level I

Zeitnahe und flächenrepräsentative Informationen über den Zustand des Waldes und dessen Entwicklung

Systematisches Stichprobenraster im Abstand von 4 x 4 km (entspricht ca. 284 Probeflächen in Sachsen)

- Kronenzustand (WZE)
- Bodenzustand (BZE)
- Baumernährung

Ziele

Grundlagen

Untersuchungsprogramm

Level II

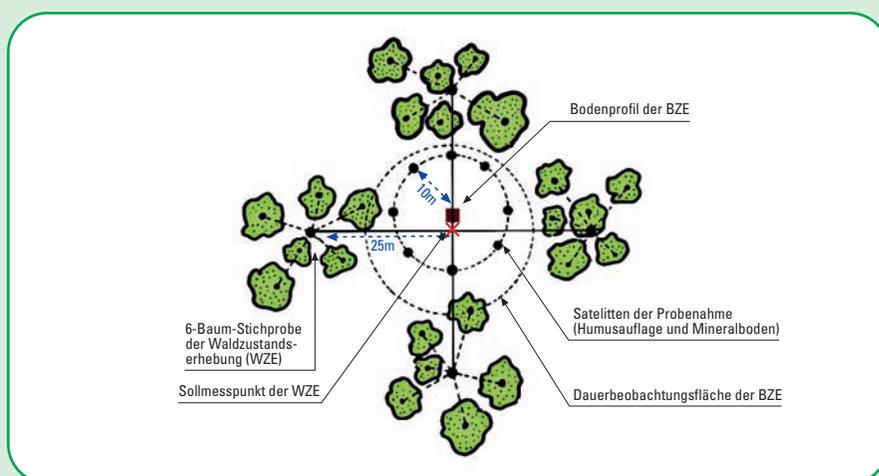
Intensive Untersuchungen der Ursache-Wirkungsbeziehung zwischen Waldökosystemen und den sie beeinflussenden Faktoren

Forstliche Dauerbeobachtungsflächen (DBF) in repräsentativen Waldbeständen (8 DBF in Sachsen)

- Meteorologie
- Stoffeinträge
- Bodensicker-/Quellwasser
- Streufall
- Kronenzustand
- Baumwachstum
- Baumernährung
- Bodenvegetation

Einen Überblick über das vom Staatsbetrieb Sachsenforst (SBS) betreute Messnetz sowie die Aufnahmen vor Ort geben die Abb. 45 und 46 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. 41: Schematische Übersicht zur Durchführung der Wald- und Bodenzustandserhebung



Wirkungen von Luftschadstoffen

Die 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 in Waldökosystemen. Bis weit in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts waren es vorwiegend Schwefelverbindungen aus Kohlekraftwerken, die das Emissionsgeschehen bestimmten und regional – beispielsweise im Erzgebirge – zum Absterben ganzer Waldkomplexe führten. Demgegen-

über hat in den letzten Jahrzehnten die Emission von Stickstoffverbindungen aus Verkehr und Landwirtschaft stark an Bedeutung gewonnen, so dass übermäßige Stickstoffeinträge bereits vielerorts den Hauptbelastungsfaktor der Ökosysteme darstellen.

Sowohl Schwefel- als auch Stickstoffverbindungen fungieren in der Luft als Säurebildner und sind infolge des Ferntransports und der Bildung des so genannten „Sauren Regens“ auch in entlegenen Waldgebieten von herausragen-

der Bedeutung. Es ist unumstritten, dass infolge dieser Stoffbelastungen – neben den direkten Schäden an den oberirdischen Pflanzenorganen – vor allem eine beschleunigte Veränderung der chemischen und biologischen Bodeneigenschaften stattgefunden hat. Teilweise sind nachhaltige Störungen im Ökosystem bei gleichzeitigem Verlust wesentlicher Standorteigenschaften eingetreten und oftmals ist bereits eine Verlagerung der Schadstoffbelastung bis in das Quell- und Grundwasser festzustellen.

Schwefeldioxid (SO₂), Schwefel, Schwefelsäure



Schwefelfreisetzungen erfolgen hauptsächlich bei der Verbrennung von Braunkohle und Öl in Kraftwerken und Industrie-feuerungen, wobei Schwefeldioxid (SO₂) entsteht.



SO₂ wirkt bei Aufnahme über die Blattoffene als Stoffwechselgift und beeinträchtigt insbesondere die Fotosynthese und den Spaltöffnungsmechanismus der Blätter, wodurch Störungen des Wasser- und Nährstoffhaushaltes, eine mangelhafte Frosthärte der Blattoffene sowie Schädigungen des Feinwurzelwachstum induziert werden. In der Vergangenheit war besonders die direkte Wirkung des SO₂-Gases als so genanntes Rauchgas für die „klassischen Waldschäden“ und über den Säureeintrag für die beschleunigte Nährstoffverarmung und Versauerung der Waldböden verantwortlich.

Stick(stoff)oxide, Nitrat, Ammonium



Eine wesentliche Quelle für die Bildung von Stickoxiden (NO_x = NO und NO₂) ist der Straßenverkehr, deren Freisetzung in die Umwelt trotz Katalysatortechnologie deutlich zugenommen hat. Nach Umwandlung in Nitrit- bzw. Nitrationen stellen sie einerseits eine Hauptquelle des Stickstoffeintrags in die Wälder dar und tragen andererseits zum „sauren Regen“ bei. Zudem sind sie die wichtigste Vorläufersubstanz für die Bildung von Ozon.

Ammonium-(NH₄-)Verbindungen sind die zweite Hauptquelle des Stickstoffeintrags von Waldökosystemen. NH₄ wirkt ebenfalls wachstumsfördernd und wird in der Luft relativ rasch aus Ammoniakemissionen gebildet, die zu etwa 80 % in der Landwirtschaft und dort überwiegend aus der Tierhaltung freigesetzt werden.



Nitrat (NO₃) ist ein wichtiger Pflanzennährstoff. Im Übermaß führt er zwar auf den von Natur aus armen und durch menschliche Nutzung oftmals degradierten Standorten zur Wachstumsbeschleunigung, letztlich jedoch zu ungünstigen Elementrelationen bei der Nährstoffaufnahme, so dass die Pflanzenernährung gestört ist. Infolge eines Überangebots an Stickstoff verlassen Nitrat-Ionen in größeren Mengen das Ökosystem mit dem Sickerwasser, wobei gleichzeitig eine äquivalente Menge an anderen Nährstoffen (z. B. Magnesium und Kalzium) unwiederbringlich aus dem Boden ausgewaschen wird.

Ähnlich wie bei der Blattdüngung durch Nitrat, werden auch bei der Ammoniumaufnahme aus Nebel oder Regen Nährstoffgleichgewichte und eine Veränderung der Nahrungsqualität für nadel- und blattfressende Insekten induziert, womit wiederum die Anfälligkeit der Bäume gegen andere Stressfaktoren zunimmt. Die Wurzelaufnahme von Ammonium kann zudem erhebliche bodeninterne Säurebelastungen hervorrufen: Fichten zeigen beispielsweise eine Bevorzugung von Ammonium gegenüber Nitrat, während der verbliebene Teil des Ammoniums oftmals vollständig in Nitrat umgewandelt wird und das Ökosystem mit dem Sickerwasser verlässt. Somit überlagern sich zwei Versauerungseffekte: Einerseits induziert die Wurzelaufnahme von NH₄ eine Säureabgabe an den Boden, andererseits werden andere Kationen (z. B. Ca²⁺ und Mg²⁺) zusammen mit Nitrat ausgetragen. Letzteres vermindert zwangsläufig die Fähigkeit des Bodens zur Pufferung bzw. Neutralisierung von Säurebelastungen und entspricht somit einer Zunahme der Bodenversauerung. Diese bodeninternen Säurebelastungen können z. T. bedeutsamer sein als der direkte Säureeintrag mit dem sauren Regen. Ferner besteht in sauren Böden in Gegenwart von Ammonium eine nur eingeschränkte Fähigkeit der Wurzelzellen zur Aufnahme anderer Nährelemente, wodurch rückwirkend wiederum latente Nährstoffmangelverhältnisse verstärkt werden können.

Vor allem in trockenen Regionen kann es durch eine vom überreichlichen Stickstoffangebot profitierende Bodenvegetation – neben Artenverschiebungen aufgrund geänderter Konkurrenzverhältnisse – zu ernsthaften Problemen hinsichtlich der Wasserversorgung der Waldbestände kommen. Auf vernässten Standorten ist ferner die Abgabe klimawirksamer Spurengase (z. B. Lachgas) an die Atmosphäre möglich.

Die ökologischen Aspekte hinsichtlich überhöhter Stickstoffemissionen verdeutlichen, dass sich in den Waldökosystemen ein vormaliger Mangelnährstoff zunehmend zu einem Schadfaktor mit vielfältigem Schadenspotenzial gewandelt hat. Mittlerweile sind ohne Verminderung der Stickstoffemissionen die nachhaltige Entwicklung der Wälder und der Erhalt ihrer vielfältigen Funktionen (z. B. die Trinkwassergewinnung) nicht mehr gewährleistet.

Ozon (O₃)



Ozon ist ein sehr reaktives 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. Zumindest in den Sommer- bis Herbstmonaten muss in den höheren Lagen des Erzgebirges von einer Gefährdung der Waldökosysteme durch Ozon ausgegangen werden.

Pufferung von Säuren durch Pflanzen und Böden



Unter Pufferung wird das Konstanthalten des pH-Wertes einer Lösung trotz Zufuhr von Säuren (H⁺-Ionen, Protonen) oder Laugen (OH⁻-Ionen) verstanden. **Puffersysteme** setzen sich im chemischen Sinne aus einer schwachen Säure (oder Base) und ihrem Salz zusammen. Ein solches Paar wären Kohlensäure und Kalk (Kalziumkarbonat, CaCO₃). In den Pflanzen bzw. im Boden gibt es aber noch andere Substanzen, die Protonen „abpuffern“ können. Diese sind (wie die Silikatverwitterung) keine Puffer im chemischen, sondern im funktionellen Sinne. Die Pufferung ist bedeutungsvoll, da Pflanzen und Bodenorganismen empfindlich auf plötzliche und starke Änderungen des pH-Werts reagieren (u.a. wegen dessen indirekter Wirkung auf die Nährstoffverfügbarkeit).

Werden Säuren oder Säurebildner (SO₂, NO₂) über den Regen (nass), den Nebel (feucht) oder als Gas bzw. Staub (trocken) im Kronendach des Waldes abgelagert (deponiert), so unterliegen sie einem **Kronenraumaustausch**, sie werden gepuffert. Das heißt, hier versuchen die Pflanzen den pH-Wert im Blattinneren konstant und damit die Zellen funktionstüchtig zu halten. Die

Protonen werden dabei ausgetauscht gegen Nährstoffe wie Kalium (Quelle: Schließzellen der Spaltöffnungen), Kalzium (Quelle: Zellwände) und Magnesium (Quelle: Chlorophyll). Diese werden zusammen mit den im Niederschlag vorhandenen Anionen (z. B. SO₄, NO₃) aus dem Blatt ausgewaschen. Der Verlust kann Störungen im Wasserhaushalt, der Zellwandstabilität und der Kohlenstoffaufnahme (Energiegewinnung) nach sich ziehen. Um die Blatt- und letztlich ihre Gesamtfunktion aufrecht zu erhalten, muss die Pflanze versuchen, die Nährstoffverluste durch die erneute Aufnahme der Nährelemente aus der Bodenlösung auszugleichen („Nachladen des Blattpuffers“ = Versauerung des Bodens).

Misst man nun den pH-Wert in dem Wasser, welches das Kronendach verlässt (Kronentraufe) oder am Stamm abläuft (wichtig nur bei Buchen), so bestimmt man die aktuelle Säurestärke, die sich nach den o. g. Austauschprozessen mit den Vegetationsoberflächen eingestellt hat. Sie wird als sog. „freie Säure“ bezeichnet. Ist man aber an der Menge der insgesamt im Kronenraum wirkenden Säure (**Gesamtsäure**) interessiert, so kann man diese nur rechnerisch aus der gemessenen freien Säure im Bestandsniederschlag und der Menge der im Zuge der Kronenraumpufferung aus dem Blätterdach freigesetzten Nährstoffe abschätzen. Dazu müssen die Nährstoffe aufgrund ihrer sich von den Protonen unterscheidenden Wertigkeiten und Atommassen in gleichwertige (äquivalente) Konzentrationen umgerechnet werden.

Im Boden setzen sich die Pufferreaktionen fort, sobald saurer Bestandsniederschlag als Sickerwasser in Kontakt mit den anorganischen Bodenbestandteilen tritt. Je nach dem geologischen Ausgangsmaterial des Bodens und seinem Zustand können unterschiedliche Reaktionen mit verschiedenen Puffersubstanzen erfolgen. Da Sachsen keine kalkhaltigen Böden aufweist, wird die Pufferung von der Löslichkeit der oxidischen Aluminium- und Eisenverbindungen sowie der Basensättigung der Austauscher bestimmt.

pH-Bereich	Puffersystem im Boden
8,6–6,2 (neutral)	Kohlensäure/Carbonat-Pufferbereich
6,2–5,0 (schwach sauer)	Silikat-Pufferbereich
5,0–4,2 (mäßig sauer)	Austauscher-Pufferbereich
4,2–3,0 (stark sauer)	Aluminium-Pufferbereich
< 3,0 (extrem sauer)	Eisen-Pufferbereich

Tabellarische Übersichten

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

Name DBF/ Forstamt	Wuchsgebiet	Geologie	Höhe [m]	Standortsformengruppe		Bestand Alter 2005	Betrieb seit
				JMT*	JNS*		
Klingenthal	Erzgebirge	Eibenstocker Granit	840	Hf-TZ2		Fichte	07/1993
				5,0	1210	87 Jahre	
Olbernhau	Erzgebirge	Grauer Gneis	720	Hf-TZ2; HF-TM2		Fichte	10/1994
				6,3	918	115 Jahre	
Cunnersdorf	Elbsandsteingebirge	Quadersandstein mit Lösslehm	440	Uf-TM2; Uf-TM2w		Fichte	07/1993
				7,2	816	102 Jahre	
Neukirch (ehem. Bautzen)	Oberlausitzer Bergland	Lausitzer Granodiorit	440	Uf-TM2		Fichte	07/1995
				7,6	757	91 Jahre	
Laußnitz	Düben-Niederlausitzer Altmoränenland	diluvialer Decksand	170	Tm-TM2m		Kiefer	10/1994
				9,0	667	98 Jahre	
Colditz	Sächsisch- Thüringisches Löss-Hügelland	Lösslehm über Grundmoräne	185	Um-WK2; Um-WM2		Eiche	07/1995
				8,8	645	53 Jahre	
Bad Schandau	Elbsandsteingebirge	Basalt und Quader- sandstein mit Lösslehm	260	Uf-TK2; Uf-TM2		Buche	09/1998
				8,2	774	52 Jahre	
Altenberg	Erzgebirge	Rhyolith	750	Mf-TZ2; Hf-TZ2		Fichte	05/2000
				5,4	956	100 Jahre	

* JMT = Jahresmitteltemperatur [°C]; * JNS = Jahresniederschlag [mm]

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

Kronen- verlichtung [%]	Anteil vergilbter Nadeln/Blätter [%]				
	0–10	11–25	26–60	61–100	
0–10	0	0	1	2	0 = ohne Schadmerkmale 1 = schwach geschädigt 2 = mittelstark geschädigt 3 = stark geschädigt 4 = abgestorben } deutlich geschädigt
11–25	1	1	2	2	
26–60	2	2	3	3	
61–99	3	3	3	3	
100	4	-	-	-	

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	80–100	> 100
Fichte	41,6	43	3	17	23	15	21	20
Kiefer	30,1	31	7	17	35	13	14	14
Sonstige Nadelbäume	6,0	5	32	42	11	7	3	5
Buche	3,2	3	0	0	28	17	8	47
Eiche	5,3	5	7	16	12	10	15	40
Sonstige Laubbäume	13,5	13	9	18	35	21	9	8
Alle Baumarten	(99,7+0,3 Blößen)	100	6	18	27	15	16	18

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	203 970	50	38	11	1	12
bis 60 Jahre	88 190	78	19	3	0	3
über 60 Jahre	115 780	28	53	18	1	19
Kiefer	146 120	32	56	12	0	12
bis 60 Jahre	85 850	44	49	7	0	7
über 60 Jahre	60 270	16	66	18	0	18
Sonstige Nadelbäume	21 790	65	29	5	1	6
Nadelbäume	371 880	44	44	11	1	12
Buche* ¹	12 410	19	40	40	1	41
Eiche	25 440	25	46	28	1	29
Sonstige Laubbäume	60 270	37	46	12	5	17
Laubbäume	98 120	32	45	20	3	23
Alle Baumarten	470 000* ²	41	45	13	1	14
bis 60 Jahre	242 100	59	34	6	1	7
über 60 Jahre	227 900	22	56	26	1	22

*¹ keine gesicherte Aussage, *² Fläche ohne Nichtholzboden

Tab. 5: Häufigkeit (%) des Auftretens von Nadel-/Blattvergilbungen, Insekten- und Pilzbefall sowie 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	3	1	0	1/1	0/0	0/0	37/44	15/21	5/7
Kiefer	2	0	0	3/1	1/0	0/0	64/66	16/24	4/6
Sonstige Nadelbäume	6	1	0	19/0	2/0	0/0	34/43	5/17	4/15
Buche	3	0	0	21/2	1/1	0/0	28/29	34/39	20/22
Eiche	1	0	0	41/5	7/0	0/0	48/55	12/13	1/1
Sonstige Laubbäume	1	0	0	32/2	4/0	1/0	28/28	17/22	11/21
Alle Baumarten	2	0	0	10/1	1/0	0/0	44/49	16/22	6/8

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

Wuchsgebiet	Ges.	- 60	> 60	Fichte	Kiefer	Sonstige Nadelbäume	Buche	Eiche	Sonstige Laubbäume
14* Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland	29	59	41	3	82	0	0	3	12
15* Düben-Niederlausitzer Altmoränenland									
23* Sachsen-Anhaltinische Löss-Ebenen	3	31	69	0	0	5	0	25	70
24* Leipziger Sandlöss-Ebene									
25* Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland	6	47	53	17	19	5	1	24	34
26* Erzgebirgsvorland	3	86	14	67	1	14	1	11	6
27 Westlausitzer Platte und Elbtalzone	10	54	46	25	32	1	6	14	22
28 Lausitzer Löss-Hügelland									
44* Vogtland	5	44	56	71	12	4	1	4	8
45 Erzgebirge	33	44	56	84	2	5	3	1	5
46 Elbsandsteingebirge									
47 Oberlausitzer Bergland	11	56	44	52	17	16	6	1	8
48 Zittauer Gebirge									
Sachsen	100	51	49	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	34	55	11
15* Düben-Niederlausitzer Altmoränenland	Kiefer	33	56	11
23* Sachsen-Anhaltinische Löss-Ebenen	keine Aussage möglich			
24* Leipziger Sandlöss-Ebene	keine Aussage möglich			
25* Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland	Alle	35	49	16
26* Erzgebirgsvorland	keine Aussage möglich			
27 Westlausitzer Platte und Elbtalzone	Alle	40	45	15
28 Lausitzer Löss-Hügelland				
44* Vogtland	Alle	63	26	11
	Fichte	61	29	10
45 Erzgebirge	Fichte	49	38	13
	bis 60 Jahre	81	16	3
	über 60 Jahre	26	54	20
	Alle	46	39	15
	bis 60 Jahre	75	20	5
46 Elbsandsteingebirge	Alle	35	47	18
48 Zittauer Gebirge				
Sachsen		41	45	14

* Wuchsgebiet erstreckt sich über mehrere Bundesländer; hier sächsischer Teil

Tab. 8: Mittelwerte der Luftchemie; Messtechnik: Passivsammler (vgl. IVL Göteborg – <http://www.ivl.se/>),
Messzeitraum: Juni 2001 bis April 2006; Messturnus: monatlich (grau hinterlegt = Jahresmittel);

Ammoniak (NH ₃) Untere Bestimmungsgrenze: 0,3 µg/m ³							Stickstoffdioxid (NO ₂) Untere Bestimmungsgrenze: 0,1 µg/m ³						
Jahr/Fläche	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Jahr/Fläche	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Klingenthal	0,5	0,5	1,0	1,0	0,7	0,8	Klingenthal	4,5	5,1	5,3	4,4	5,0	5,4
Olbernhau	0,8	0,6	1,2	1,8	1,6	1,8	Olbernhau	7,4	7,8	8,2	6,1	7,5	7,8
Cunnersdorf	0,6	0,7	1,5	1,2	1,1	1,8	Cunnersdorf	8,4	9,4	8,9	8,1	8,4	10,6
Bautzen	1,2	0,8	1,7	1,3	1,7	3,1	Bautzen	6,7	7,4	7,0	6,6	6,3	7,7
Laußnitz	1,1	1,2	1,6	1,3	1,2	1,6	Laußnitz	8,7	9,4	9,3	8,5	8,8	10,1
Colditz	1,8	1,6	1,8	1,5	2,1	1,6	Colditz	9,3	10,1	11,2	8,9	9,4	11,8
Bad Schandau			1,2	0,7	0,9	1,6	Bad Schandau			6,5	6,7	6,5	8,7
Altenberg			1,4	0,8	1,0	1,1	Altenberg			7,1	6,4	7,5	7,3

Schwefeldioxid (SO ₂) Untere Bestimmungsgrenze: 0,2 µg/m ³							Ozon (O ₃) Untere Bestimmungsgrenze: 2 µg/m ³						
Jahr/Fläche	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Jahr/Fläche	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Klingenthal	1,7	2,6	2,4	1,7	2,3	2,5	Klingenthal	54,7	54,8	70,7	61,9	64,9	65,6
Olbernhau	3,4	6,3	7,5	4,3	6,1	6,6	Olbernhau	57,6	58,9	74,0	62,9	64,7	68,4
Cunnersdorf	5,8	7,8	7,4	5,9	6,1	10,8	Cunnersdorf	46,8	50,0	58,1	50,0	53,5	54,1
Bautzen	3,1	4,8	5,1	3,5	4,0	7,0	Bautzen	64,5	60,4	69,3	61,8	64,1	69,3
Laußnitz	2,0	3,5	3,8	2,5	3,1	4,8	Laußnitz	41,1	46,6	55,2	48,3	50,8	50,8
Colditz	1,6	2,5	3,0	1,9	2,5	3,9	Colditz	41,3	46,0	54,7	48,8	52,8	52,7
Bad Schandau			4,2	3,7	3,6	7,4	Bad Schandau			53,5	44,6	50,6	57,4
Altenberg			5,6	3,6	5,3	5,6	Altenberg			75,1	62,2	67,8	60,7

Literaturverzeichnis

- [1] BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT: Die zweite Bundeswaldinventur – BWI², Bonn 2004
- [2] REGIONALE PEFC-ARBEITSGRUPPE SACHSEN e.V: Regionaler Waldbericht für den Freistaat Sachsen 2006
- [3] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT: Waldzustandsberichte 1999–2005
- [4] ZIRLEWAGEN, D.: Ableitung einer Schadzonierung für die Wälder Sachsens durch Anwendung statistischer Methoden. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, Graupa 2004
- [5] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT: Waldgesetz für den Freistaat Sachsen (SächsWaldG), rechtsbereinigt Stand 01.01.2006

Glossar

Anion:	Ein negativ geladenes Ion heißt Anion. Anionen entstehen aus Atomen bzw. Molekülen durch Elektronenaufnahme oder durch Abgabe von Wasserstoff-Ionen H^+ (Protonen).
Equitensiometer:	Tensiometer dienen zur kontinuierlichen Messung der Bodenfeuchte, auch Saugspannung genannt. Ein Equitensiometer bestimmt über die elektrische Leitfähigkeit des Bodens die Energiemenge, die erforderlich ist, um eine definierte Menge Wasser aus dem Boden zu gewinnen.
Kation:	Ein Kation ist ein positiv geladenes Ion. Kationen entstehen aus Atomen oder Molekülen durch Abgabe von Elektronen oder Aufnahme von Wasserstoff-Ionen H^+ (Protonen).
Kationensäuren:	Metall-Kationen, die in wässriger Lösung in Abhängigkeit vom pH-Wert der Lösung aus ihrer Hydrathülle Wasserstoff-Ionen H^+ (Protonen) abgeben können und somit wie Säuren wirken.
Kronentraufe:	Ausmaße einer Baumkrone bei senkrechter Projektion der Baumkronen-Außenseiten auf den Erdboden. Das ist die Fläche, die von Baumkronen überspannt wird.
Latenzniveau:	Individuen einer Art sind im Ökosystem vorhanden, ihre Anzahl ist jedoch so gering, dass sie (noch) nicht in Erscheinung treten.
Parasitierungsrate:	Die Parasitierungsrate beschreibt, wie häufig Individuen einer Population durch andere Organismen, die an oder in ihnen leben und sie dadurch schädigen, befallen sind.
Permanenter Welkepunkt:	Der permanente Welkepunkt (PWP) oder Welkepunkt kennzeichnet den Austrocknungsgrad eines Bodens, bei dem Pflanzenwurzeln kein Wasser aus dem Boden aufnehmen können, so dass Pflanzen unumkehrbar (irreversibel) welken.
Regionalisierung:	Mathematisch-statistisches Verfahren mit dem Daten, die punktuell und stichprobenartig aufgenommen werden, flächenhaft dargestellt werden können.

Impressum

- Herausgeber: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL)
Postfach 10 05 10, 01076 Dresden
Internet: www.smul.sachsen.de
- Bürgerbeauftragte: Sabine Kühnert
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: Staatsbetrieb Sachsenforst
Bonnewitzer Straße 34
01796 Pirna, OT Graupa
Telefon: (0 35 01) 5 42-0, Fax: (0 35 01) 5 42-2 13
E-Mail: poststelle.sbs@smul.sachsen.de (Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente)
Internet: www.forsten.sachsen.de/lfp
- Redaktionsschluss: 8.9.2006
- Fotos: Dirk Synatzschke (23)
Archiv des Staatsbetriebes Sachsenforst
- Autoren: Sven Martens: Witterung,
Dr. Gerhard Raben, Dr. Henning Andreae, Torsten Roch, Markus Weise: Immissionen/Stoffeinträge/Stoffausträge,
Immissionsschadzonierung,
Sven Martens, Arnd Schöndube: Kronenzustand,
Lutz-Florian Otto: Abiotische/Biotische Schäden
- 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
E-Mail: publikationen@sachsen.de (Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente)
- 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.

