



Das Lebensministerium



## Waldzustandsbericht 2004

Freistaat  Sachsen

Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

# Inhalt Waldzustandsbericht 2004

(Waldschadensbericht nach § 58 SächsWaldG)

	<b>Seite</b>
<b>Waldzustand im Überblick (D, GB, CZ, PL)</b>	1
<b>Vorbemerkungen</b>	5
<b>Rahmenbedingungen für den Waldzustand</b>	6
Witterung	6
Immissionen und Stoffbelastung	9
<b>Waldzustand 2004</b>	11
Kronenzustand und biotische Schäden	11
Bodenzustand	21
Ernährungszustand	23
<b>Waldzustand in den Nachbarregionen</b>	26
Tschechisches Erzgebirge	26
Bereich der polnischen Forstdirektion Wrocław	28
<b>Aktuelle Massenvermehrung der Borkenkäfer</b>	30
Biologie und Ökologie	30
Aktuelle Situation	33
<b>Anhang</b>	35
Forstliches Monitoring	35
Wirkungen von Luftschadstoffen	36
Tabellarische Übersichten	38
Literaturverzeichnis	43

Im Jahr 2004 weisen **17 % der sächsischen Waldfläche deutliche**, 49 % leichte und 34 % keine erkennbaren **Schäden** auf. Damit ist für den zurückliegenden 14-jährigen Beobachtungszeitraum eine tendenzielle Verbesserung feststellbar. Allerdings hat sich im Vergleich zum Vorjahr der Kronenzustand auch durch den extremen Witterungsverlauf 2003 geringfügig verschlechtert.

Für die einzelnen Hauptbaumarten gilt:

- Die in sächsischen Wäldern dominierende Baumart **Fichte** ist zu 14 % deutlich geschädigt. Dieser Wert liegt im Schwankungsbereich der Vorjahre, ist aber wesentlich niedriger als zu Beginn der Erhebung. Ausschlaggebend für diese positive Entwicklung ist vorrangig der gravierende Rückgang der „klassischen“ Immissionsbelastung durch Schwefeldioxid.

Die von der Witterung 2003 ausgelöste Massenvermehrung der Borkenkäfer, insbesondere des Buchdruckers und Kupferstechers, bestimmte auch 2004 die Bewirtschaftung vieler mittelalter und alter Fichtenreinbestände. Eine für dieses Jahr befürchtete Kalamität ist nicht eingetreten. Der Befall befindet sich allerdings noch auf einem überdurchschnittlichen Niveau.

- Die **Kiefer**, zweithäufigste Baumart in den sächsischen Wäldern, hat mit 12 % deutlichen Schäden im Vergleich zum Vorjahr wieder ein geringfügig höheres Schadniveau erreicht. Im Rahmen dieser Entwicklung ging der Anteil ungeschädigter Kiefern zurück. Dazu trug auch die Trockenheit 2003 bei. Im kieferndominierten nordöstlichen Landesteil erreichte die Massenvermehrung der Nonne ihr Maximum. Um hier erheblichen Fraßschäden dieser Schmetterlingsart vorzubeugen, wurden auf 9 320 ha Waldfläche Pflanzenschutzmittel ausgebracht.
- Die **Eiche** liegt mit 53 % deutlichen Schäden um 36 Prozentpunkte über dem mittleren Befund aller Baumarten. Gesund sind die Eichen nur noch auf 12 % der Fläche. Im Vergleich zum Vorjahr haben die Schäden erneut zugenommen. Die angespannte Wasserversorgung während der Vegetationsperiode 2003 ist wahrscheinlich maßgeblich für den verzögerten und unzureichenden Laubaustrieb im Frühjahr 2004

verantwortlich und führte in der Folge zu schütterer Belaubung und mehr Trockenreiß in den Eichenkronen.

Fraßschäden durch Wickler- und Frostspanner-Arten hatten nur geringen Einfluss auf den diesjährigen Belaubungszustand der Eichen. Mehltaubefall trat flächig in mittlerer bis hoher Intensität auf.

- Die deutlichen Schäden bei der **Buche** erhöhten sich seit 1991 von 4 % auf heute 50 %. Allein gegenüber dem Vorjahr stieg dieser Anteil um weitere 17 Prozentpunkte an. Es ist davon auszugehen, dass die Vitalität der Buche neben der Schadstoffbelastung gerade durch extreme Witterungseinflüsse und wiederholte Fruktifikation stark beeinträchtigt wurde. Auffällig war landesweit ein intensiver Befall durch die Buchenblattlaus.

Die Situation in den Wuchsgebieten Sachsens sowie in den Nachbarregionen stellt sich wie folgt dar:

- Der Anteil deutlicher Schäden in den einzelnen **Wuchsgebieten Sachsens** schwankt von 10 % im Vogtland bis 25 % in den Wuchsgebieten Westlausitzer Platte und Elbtalzone/Lausitzer Löss-Hügelland. Mit Ausnahme des durch Fichte dominierten Erzgebirges hat sich landesweit der Waldzustand verschlechtert. Auffällig ist die Schadzunahme vor allem in Wuchsgebieten, die aufgrund der Bodensubstrate und Baumartenzusammensetzung gegenüber der Trockenheit 2003 besonders disponiert waren.
- Im tschechischen Teil des Erzgebirges hat sich der Zustand des Waldes – insbesondere der Fichten – in den letzten Jahren kontinuierlich verbessert. Folglich erhöhte sich auch der Zuwachs der Bäume. Unterstützt wird diese Entwicklung durch Waldkalkungen, die hier seit dem Jahr 2000 durchgeführt werden.
- Infolge erheblich reduzierter Immissionsbelastung durch  $\text{SO}_2$  wird auch im Bereich der polnischen **Forstdirektion Wroclaw** seit 1995 eine Verbesserung des Benadelungs-/Belaubungszustands der Bäume registriert. Allerdings sind gesunde Bäume nach wie vor selten. Im Wuchsgebiet Sudeten sind die Schäden etwas höher als in der gesamten Forstdirektion. Trockenheit oder Hoch-

wasser schädigten in den letzten Jahren Waldbestände direkt bzw. begünstigten die Entwicklung von Sekundärschädlingen.

Die warm-trockene **Witterung** der Vegetationsperiode 2003 führte landesweit zu einer kontinuierlichen Bodenaustrocknung. Über das gesamte Jahr hatte sich in weiten Regionen Sachsens ein erhebliches Wasserdefizit aufgebaut. Ab Mai 2004 entspannte sich die Situation etwas mit eher durchschnittlichen Temperaturen und z.T. überdurchschnittlichen Niederschlägen.

Die **Schwefel**einträge sind insbesondere in den vormals hoch belasteten Regionen des Erzgebirges stark zurückgegangen. Die im Boden gespeicherten Schwefelvorräte werden kontinuierlich mobilisiert, so dass die Austräge den Eintrag weit übersteigen.

**Stickstoff** wird gleich bleibend in so hohen Mengen eingetragen, dass die kritischen, langfristig ökosystemverträglichen Belastungsraten insbesondere an den Fichtenstandorten überschritten werden.

Die Befunde zum **Ernährungsmonitoring** verdeutlichen, dass die sichtbare Erholung der Fichtenbestände im sächsischen Mittelgebirgsraum während der letzten Jahre zum einen auf die Ausschaltung des Schwefels als Schadstoff durch Senkung der  $\text{SO}_2$ -Immissionen, zum anderen auf die Stabilisierung der Mg-Ernährung und des Puffervermögens der Waldböden durch wiederholte Bodenschutzkalkungen zurückzuführen ist. Ungekalkte Standorte mit geringen pflanzenverfügbaren Mg-Vorräten gewährleisteten keine stabile und optimale Mg-Ernährung. Die Trauben-Eichen auf Lösslehmstandorten unterliegen durch eine luxuriöse Stickstoff- und mangelhafte Phosphor-Ernährung einem ernährungsphysiologischen Stress.

Die vorgestellten **Modell**ergebnisse zeigen die grundsätzliche Bedeutung und die Potenziale regionalisierter bodenchemischer Befunde und dynamischer Stoffhaushaltsmodellierungen für ein differenziertes Waldökosystemmanagement auf naturwissenschaftlicher Grundlage.

In 2004 17 % of the Saxon forest area are visibly damaged, 49 % are slightly damaged, and another 34 % remained apparently undamaged. This outcome means an improvement since the beginning of the observations 14 years ago. Although, compared with the previous year, the crown condition slightly deteriorated due to the extreme meteorological conditions in 2003.

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

- For **Norway spruce**, being the main tree species of Saxon forests, the proportion of visibly damaged stands amounts to 14 %. This value ranges within the variation of the last years; however, it lies considerably below the level given at the beginning of the assessed period. The decisive reason for this positive development is the enormous decrease of the "classic" immission stress by sulphur dioxide.

Mass propagation of bark beetles, in particular bark-scarabee (*Ips typographus*) and chalcographer (*Pityogenes chalcographus*), triggered by the extreme summer of 2003, was once again the main challenge to the management of many old and medium-aged pure spruce stands. In the current year there were signs of a relaxation of the situation in spite of the infestation being still above average.

- **Scots Pine**, which holds the second-largest proportion of all tree species in Saxon forests, increased its level of visibly damaged stands slightly up to 12 %, compared with the previous year. In addition, the proportion of undamaged trees decreased. This development was influenced by drought in 2003.

In the north eastern part of Saxony with pine being dominant, the mass propagation of the nun (*Lymantria monacha*) reached its climax. To prevent extensive feeding damage by this lepidopterous species a forest area of 9320 ha was treated with pesticides.

- **Common and Sessile Oak** show a visible damage of 53 %, that is 36 percentage points above the average of all tree species. Only 12 % of the oak stands are still healthy. Compared to the previous year,

damage increased once again. The tense water regime during the growing season of 2003 presumably played a major part in the delayed and incomplete bud break in spring 2004, leading to the thinning of foliation and the die-back of branches in the canopy. Feeding by insects (leaf-roller, winter-moth) was insignificant for this year's foliation of oak. Mildew of medium to high intensity occurred area-wide.

- For **Common beech** visible damage went up from 4 % in 1991 to 50 % in 2004. Since 2003 alone there has been an increase of another 17 percentage points. Most likely vitality of beech was impaired by pollutant immission and, in particular, by extreme weather and repeated fruiting. Very striking was an intensive state-wide infestation with beech aphid (*Phyllaphis fagi*).

In the growth areas of Saxony and the neighbouring regions the following situation was found:

- The proportion of visibly damaged stands depends on the **growth area**. It varies between 10 % in the Vogtland and 25 % in the growth areas Westlausitzer Platte (West-Lusatian plate) and Elbtalzone / Lausitzer Löss-Hügelland (Elbe valley zone / Lusatian loess hill zone).

With the exception of the Erzgebirge (Ore Mountains), which is dominated by spruce, forest condition deteriorated. There is an obvious increase of damage mainly in growth areas with high sensitivity to the drought in 2003 depending on soil substrates and tree species composition.

- **On the Czech side of the Erzgebirge (Ore Mountains)** forest condition, in particular that of spruce, has improved steadily over the last years. Consequently, tree increment increased, too. This development is backed by forest liming carried out since 2000.
- In the forests of the **Polish Forest Administration District Wrocław** an improvement of foliation has been registered since 1995 due to the greatly reduced SO<sub>2</sub> immission. However, healthy trees are still rare. In the growth area Sudety damage is somewhat above the average of the whole forest

district. During the last years drought and flooding caused direct damage to stands or favoured the development of secondary pests.

Due to the hot, dry **weather** during the growing season of 2003, soil desiccation was observed state-wide. All over the year 2003 a considerable shortage of water built up in large parts of Saxony. From May 2004 on some relaxation has taken place because of rather normal temperatures and rainfall partly surpassing the average.

The **sulphur** input has considerably fallen, in particular in the formerly highly polluted areas. Sulphur accumulated in the soil is continuously mobilized. Therefore, the output is by far higher than the input.

The **nitrogen** input is still very high so that critical loads for nitrogen will be exceeded in the long run, particularly on spruce sites.

The results of forest **nutrition monitoring** show the reasons for the visible recovery of spruce stands in the Saxon lower mountain ranges during the last years: On the one hand, there is the elimination of sulphur as pollutant by reduction of SO<sub>2</sub> immissions, and, on the other hand, there are the stabilization of the Mg nutrition and the stabilization of the buffering capacity of forest soils by repeated protective soil liming. Unlimed sites with a low level of plant-available Mg do not provide optimal Mg nutrition. Sessile oak (*Quercus petraea*) on loess-loam sites suffers from a trophic stress which is caused by the discrepancy between excessive nitrogen and insufficient phosphorus nutrition.

The **model** results presented show the fundamental importance as well as the potentials of regionalized chemical soil characteristics and dynamic nutrient-cycling-models for establishing a subtly differentiated management of forest ecosystems on the basis of natural sciences.

V roce 2004 vykazuje **17 % lesní plochy V Sasku značné**, 49 % mírné poškození, na 34 % plochy nebyly pozorovány žádné viditelné škody. S přihlédnutím k předcházejícím 14 letům pozorování je to prokazatelné zlepšení. V porovnání s předcházejícím rokem se však zdravotní stav korun mírně zhoršil.

U jednotlivých druhů dřevin byly zjištěny tyto hodnoty:

- **Smrk** – dominantní dřevina saských lesů byl značně poškozen v 14 % případů. Také hodnoty z předchozích let kolísaly kolem tohoto čísla, je však podstatně nižší, než na počátku pozorování. Rozhodující pro tento pozitivní vývoj je především výrazné snížení „klasické“ imisní zátěže oxidem siřičitým, SO<sub>2</sub>. Extrémní počasí v roce 2003 (sucho), vyvolalo však masové rozmnožení podkorního hmyzu, zejména lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) a lýkožrouta lesklého (*Pityogenes chalcographus* L.). Toto přemnožení bylo v roce 2004 rozhodující pro hospodaření ve středně starých a starších smrkových porostech. V tomto roce už byly pozorovány příznaky zlepšení situace, přemnožení škůdce je však stále významné.
- **Borovice** – druhá nejčastější dřevina saských lesů, dosáhla ve 12 % značného poškození, což je opět mírné zvýšení v porovnání s předcházejícím rokem. Navíc se snížil podíl nepoškozených borovic. K tomuto vývoji přispělo sucho v roce 2003. V severovýchodní části území, kde dominuje borovice, dosáhla masového rozmnožení bekyně mniška (*Lymantria monacha*). Aby se předešlo škodám, způsobeným tímto motýlem, byla na ploše 9320 ha provedeno ošetření pesticidy.
- **Dub** – v 53 % značně poškozený, leží o 36 procentních bodů za průměrem poškození pro všechny dřeviny. Zdravé duby byly zjištěny jen ve 12 %. V porovnání s předchozím rokem se poškození opět zvýšilo. Slabé zásobení vodou v průběhu vegetačního období 2003 bylo pravděpodobně příčinou opožděného rašení listů na jaře 2004, což vedlo k řídkému olistění a většímu počtu suchých větví v korunách dubu. Škody způsobené obalečci a píďalkami měly jen malý vliv na stav olistění v tomto roce. Moučnatka se plošně vyskytovala se střední až vysokou intenzitou.

- U **buku** stouplо značné poškození ze 4 % (1991) na dnešních 50% (2004). Jen ve srovnání s minulým rokem se tento podíl zvýšil o dalších 17 procentních bodů. Je možné předpokládat, že vitalita buku byla, kromě zátěže škodlivými prvky, silně narušena vlivy počasí a opakujícími se plodnými roky. Nápadné bylo na celém území pozorované napadení buku hmyzem *Phyllaphis fagi*.

V zalesněných oblastech Saska i v přilehlých regionech lze situaci popsat následovně:

- Podíl značného poškození v zalesněných **oblastech Saska** kolísal od 10 % ve Vogtlande po 25 % v oblasti Westlausitzer Platte a Elbtalzone/Lausitzer Löss-Hügellande. S výjimkou Krušných hor, kde dominuje smrk, se zdravotní stav lesa v celé zemi zhoršil. Nápadné je zvýšení škod především v lesnatých oblastech, které byly svými půdními podmínkami a druhovou skladbou zvláště disponované v průběhu suchého období 2003.
- V **české části Krušných hor** se zdravotní stav lesa – zejména smrku – v posledních letech výrazně zlepšil. Zlepšil se také přírůst. Tento vývoj je podporován vápněním lesní půdy, které probíhá od roku 2000.
- V důsledku značného poklesu imisní zátěže oxidem siřičitým SO<sub>2</sub> je také v lesní oblasti **Wrocław** od roku 1995 registrováno zlepšení stavu olistění. Stejně jako v předcházejícím období je však výskyt zcela zdravých stromů poměrně vzácný. V oblasti Sudety je poškození nejvyšší na území celé lesní zprávy. Lesní porosty byly v minulých letech poškozovány jak suchem, tak záplavami, a tyto faktory vedly rovněž k rozvoji sekundárních škůdců.

Teplé a suché **pocasí** v průběhu vegetačního období roku 2003 vedlo v celé zemi k postupnému vysychání půdy. Nedostatek vody se projevoval v průběhu celého roku i v dalších oblastech v celé zemi. Od května 2004 se situace mírně zlepšila díky průměrným teplotám a nadprůměrným srážkám.

Hodnoty **síry** poklesly zejména v oblasti Krušných hor, které byly v předcházejících letech značně imisně zatížené. Zásoby síry kumulované v půdě se budou postupně uvolňovat, takže výstup bude převyšovat vstupní hodnoty.

**Dusík** vstupuje do ekosystému stále ve vysokých dávkách, takže bude dlouhodobě překračovat kritické hodnoty, zejména na stanovištích smrku.

Sledování **výživy porostů** ukazuje, že viditelné zlepšení stavu smrkových porostů v oblasti saského středohoří v průběhu uplynulých let lze přičítat, kromě značného poklesu depozice síry v důsledku snížení imisí SO<sub>2</sub>, také stabilizaci zásobením hořčíkem a pufrací schopnosti lesních půd, díky opakovanému vápnění. Nevápněná stanoviště s malou zásobou hořčíku nezaručují dostatečnou stabilitu rostlin a optimální výživu tímto prvkem. Duby (*Quercus petraea*) na sprašovitě-jílovitých stanovištích podléhají v důsledku nevyvážené bilance přezásobení dusíkem a nedostatkem fosforu fyziologickému stresu.

Uvedené **modelové výsledky** ukazují zásadní význam a potenciál regionalizovaných půdně-chemických charakteristik půdy a dynamiku koloběhu živin. Ty mohou být podkladem pro citlivé, přírodě blízké hospodaření v lesních ekosystémech na základě vědeckých poznatků.



W 2003 roku 17 % powierzchni leśnej Saksonii wykazywało średnie uszkodzenia, 49 % - uszkodzenia słabe, na 34 % powierzchni nie stwierdzono symptomów uszkodzeń. Ten wynik oznacza poprawę stanu ulistnienia koron w drzewostanach w porównaniu z pierwszą oceną, dokonaną 14 lat temu. Jednak w porównaniu z 2003 rokiem stan koron uległ niewielkiemu pogorszeniu na skutek ekstremalnych warunków meteorologicznych w 2003 roku.

Odnosnie głównych gatunków drzew leśnych poczyniono następujące obserwacje:

- U **świerka pospolitego**, głównego gatunku drzewiastego lasów Saksonii, udział uszkodzeń średnich wyniósł 14 %. Ten wynik mieści się w zakresie zmienności obserwowanej w ostatnich latach, jakkolwiek, znajduje się znacznie poniżej poziomu uzyskanego na początku okresu pomiarowego. Decydującą przyczyną tego pozytywnego kierunku zmian jest olbrzymi spadek „klasycznego” stresu powodowanego przez imisję dwutlenku siarki. Masowe pojawy korników, w szczególności kornika drukarza (*Ips typographus*) i rytownika pospolitego (*Pityogenes chalcographus*), wywołane przez gorące, suche lato 2003, były ponownie dużym wyzwaniem dla służb kierujących pracami urządzeniowymi, szczególnie w starszych drzewostanach świerkowych. W bieżącym roku pojawiły się oznaki złagodzenia sytuacji, pomimo że liczebności szkodników utrzymywały się wciąż powyżej średniej.
- U **sosny zwyczajnej**, której udział wśród wszystkich gatunków drzewiastych w lasach Saksonii zajmuje drugie miejsce, nastąpił niewielki wzrost poziomu średnich uszkodzeń do 12 % w porównaniu z rokiem ubiegłym. Ponadto zmniejszył się udział drzew zdrowych. W pływ na te zmiany miała susza, która wystąpiła w 2003 roku. W północno-wschodniej Saksonii, gdzie sosna jest gatunkiem panującym, masowy pojaw brudnicy mniszki (*Lymnantria monacha*) osiągnął punkt kulminacyjny. W celu przeciwdziałania zniszczeniom spowodowanym wzmocnionym żerowaniem tego gatunku motyla 9320 ha powierzchni leśnej zostało potraktowane pestycydami.
- **Dęby, szypułkowy i bezszypułkowy**, wykazywały uszkodzenia średnie na poziomie 53 %, to jest o 36 punktów procentowych powyżej średniej, odnoszącej się do wszystkich badanych gatunków drzew. Jedynie 12 % drzewostanów

dębowych można nadal uznać za zdrowe. W porównaniu do roku ubiegłego uszkodzenie ponownie wzrosło. Napięty bilans wodny jaki wystąpił podczas okresu wegetacyjnego 2003 przypuszczalnie odgrywał główną rolę w opóźnieniu i zaburzeniu procesów rozwoju pączków wiosną 2004, co doprowadziło do przeredzenia ulistnienia oraz zamierania gałęzi w koronach. Żerowanie owadów: zwójki zieloneczki (*Tortrix viridana*) i piędzika przedzimka (*Operophtera brumata*) nie miało istotnego wpływu na tegoroczny stan ulistnienia koron dębów. Mączniak pojawiał się z różną intensywnością, od średniej do wysokiej, ale był obserwowany wszędzie.

- U **buka zwyczajnego** udział uszkodzeń średnich wzrósł z 4 % w 1991 roku do 50 % w roku 2004. W porównaniu z 2003 rokiem nastąpił wzrost o 17 punktów procentowych. Najprawdopodobniej żywotność buka była osłabiona przez imisję zanieczyszczeń i, w szczególności, przez ekstremalne warunki pogodowe oraz powtarzane owocowanie. Bardzo znaczący był, obejmujący swym zasięgiem cały kraj, nasilony pojaw mszycy bukowej liściowej (*Phyllaphis fagi*).

**W regionach przyrodniczych Saksonii** i regionach z nimi sąsiadujących poczyniono następujące obserwacje.

- Udział uszkodzeń średnich w drzewostanach był uzależniony od regionu przyrodniczego. Zawierał się pomiędzy 10 % w Vogtland a 25 % w regionach: Westlausitzer Platte i Elbtalzone/Lausitzer Löss-Hügelland. Z wyjątkiem Erzgebirge (Rudawy), gdzie dominuje świerk, kondycja lasów uległa pogorszeniu. Wystąpił wyraźny wzrost uszkodzenia głównie w regionach, które ze względu na budowę gleb oraz skład gatunkowy drzewostanów wykazały wysoką wrażliwość na suszę, która wystąpiła w 2003 roku.
- Kondycja lasów części regionu Erzgebirge (Rudawy) znajdującej się po czeskiej stronie, uległa, w ciągu ostatnich lat, znacznej poprawie. W szczególności dotyczy to świerka. W konsekwencji wzrósł również przyrost drzew. Taki kierunek zmian był możliwy dzięki wapnowaniu prowadzonemu w lasach od 2000 roku.
- W lasach **Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych Wrocław** poprawa stanu ulistnienia koron jest rejestrowana od 1995 roku i wynika ze znacznej redukcji imisji SO<sub>2</sub>. Jakkolwiek, zdrowe drzewa w tym regionie są nadal rzadkością. Uszkodzenie drzewostanów w regionie Sudetów

jest nieco wyższe niż średnio w RDLP Wrocław. W ciągu ostatnich lat susze i powódzie stanowią albo bezpośrednią przyczynę uszkodzenia drzewostanów albo sprzyjają rozwojowi wtórnych szkodników owadzi.

W wielu regionach zanotowano przesuszenie gleb, będące skutkiem gorącej, suchej **pogody**, obserwowanej w okresie wegetacyjnym 2003. W ciągu całego roku 2003, na znacznym obszarze Saksonii, pogłębiał się poważny deficyt wody. Od maja 2004 roku niedobory wody nie były już tak dotkliwe, gdyż temperatury i opady powróciły do normy, a miejscami nawet ją przekroczyły.

**Dopływ siarki** znacznie zmniejszył się, zwłaszcza na wcześniej zanieczyszczonych obszarach. Siarka zakumulowana w glebach jest mobilna. Jej odpływ jest znacznie wyższy niż dopływ.

**Dopływ azotu** jest ciągle bardzo wysoki, krytyczne wartości obciążeń związkami azotu będą nadal przekraczane, szczególnie w drzewostanach świerkowych.

Wyniki monitoringu zaopatrzenia lasu w składniki odżywcze wskazują na przyczyny widocznej poprawy kondycji drzewostanów świerkowych w niższych pasmach górskich Saksonii w ostatnim roku. Z jednej strony nastąpiła eliminacja siarki jako czynnika zanieczyszczającego, poprzez zredukowanie emisji SO<sub>2</sub>, z drugiej strony, poprzez powtórzenie ochronnego wapnowania, doszło do ustabilizowania zasilania gleb leśnych związkami magnezu oraz do stabilizacji ich pojemności buforowej. Siedliska nie poddane wapnowaniu, na których występuje niski poziom dostępnego dla roślin magnezu nie zapewniają dostatecznego zaopatrzenia w magnez. Dąb bezszypułkowy rosnący na lessie gliniastym cierpi na stres troficzny spowodowany brakiem równowagi w dostępności azotu (nadmiar) i fosforu (niedobór).

Prezentowane **modelowe** wyniki wskazują na podstawowe znaczenie, przy wprowadzaniu jakichkolwiek zmian w gospodarowaniu leśnymi ekosystemami, wykorzystania wiedzy z dziedziny nauk przyrodniczych, dotyczącej zarówno potencjalnych możliwości gleb, w tym ich właściwości chemicznych, zależnych od regionu występowania, jak i dynamicznych modeli obiegu nutrientów.

# Vorbemerkungen

Die ungewöhnlich lange Trockenheit des vergangenen Jahres ist nicht spurlos an unseren Wäldern vorbeigegangen. Das belegen die Ergebnisse des diesjährigen Waldzustandsberichtes. Sichtbarer Ausdruck dessen sind die schütterere Belaubung der Bäume und das Absterben von Laubbäumen auf besonders trockenen Standorten. Aber auch das massenhafte Auftreten tierischer Schädlinge wurde in der Öffentlichkeit besonders wahrgenommen. In den zurückliegenden Jahren wirkte sich der Rückgang von Luftschadstoffen, insbesondere von Schwefel, positiv auf den Gesundheitszustand des Waldes aus. Der Mangel an Niederschlägen im letzten Jahr rief jedoch wieder eine Verschlechterung des äußeren Erscheinungsbildes, besonders bei Laubhölzern, hervor.

Hinzu kommt, dass in den Fichtengebieten Sachsens die lang anhaltende und überdurchschnittlich warme und trockene Witterung eine Massenvermehrung von Borkenkäfern bewirkte, deren bekannteste Arten der Buchdrucker und der Kupferstecher sind. Diese Gefahr ist leider noch nicht gebannt. Ich möchte hier an alle Waldbesitzer appellieren: Nehmen Sie Ihre Verantwortung wahr, bekämpfen Sie die Käfer rechtzeitig. Es gilt die wirtschaftliche und ökologische Leistungsfähigkeit unserer Wälder langfristig zu erhalten.

Trotz der zahlreichen Maßnahmen und der dabei erzielten Fortschritte zur Verbesserung des Gesundheitszustandes unseres sächsischen Waldes verdeutlichen diese Aussagen, dass wir auch zukünftig alles unternehmen müssen, um den Wald zu stabilisieren und die noch immer hohe Anfälligkeit gegenüber Schadfaktoren zu minimieren.

Deshalb werden wir an unseren Sanierungsmaßnahmen festhalten. Das ökologische Waldumbauprogramm, welches auch die Unterstützung von privaten und körperschaftlichen Waldbesitzern vorsieht, wird fortgesetzt. Auch die Waldkalkung als erfolgreiches Mittel zur Stabilisierung der Waldökosysteme werden wir weiter durchführen.

Diese Maßnahmen sind gleichzeitig ein Teil der Anpassungsstrategie der Forstwirtschaft an den bereits begonnenen Klimawandel zur Risikominimierung und -verteilung. Denn in Zukunft werden vor allem die Niederschläge im Tiefland sowie die Wärme in den Mittelgebirgen zum limitierenden Umweltfaktor für die Struktur und Zusammensetzung der Wälder.



Stanislaw Tillich

Sächsischer Staatsminister für Umwelt und Landwirtschaft

# Rahmenbedingungen für den Waldzustand

## Witterung

Hauptfaktoren für die Vitalität und Stabilität der Wälder sind die Dynamik von Lufttemperatur- und Strahlungsverhältnissen, die Höhe und Verteilung der Niederschläge sowie die örtlichen Boden- und Grundwasserverhältnisse. Nach dem heißen Sommer 2003 waren die Lufttemperaturen auch im Winterhalbjahr 2003/2004 leicht überdurchschnittlich. Lediglich im Oktober 2003 und Januar 2004 sanken die **Lufttemperaturen** flächendeckend auf die langjährigen Mittel oder darunter. Im März/April 2004 lagen die Lufttemperaturen mit 1–2 K deutlich über den langjährigen Mitteln. Die Monate Mai bis Juli waren sowohl im Tiefland als auch in den Mittelgebirgen etwas zu kalt (vgl. Abb. 1 und 2). Dagegen war der August deutlich zu warm!

Leichte Spätfrostereignisse mit Minimaltemperaturen bis zu -2,5 °C traten in prädestinierten Lagen um den 25. Mai 2004 auf. Sie führten zu geringen Frostschäden an forstlichen Kulturen.

Eine besonders wichtige Ressource im Waldökosystem ist der **Niederschlag** bzw. der vorhandene Bodenwasservorrat. Zu Beginn der Vegetationsperiode 2004 hatte sich das bereits im Jahr 2003 aufgelaufene Niederschlagsdefizit weiter aufgebaut. In den Monaten März/April fielen z. T. nur bis zu 50 % der üblichen Niederschlagsmenge (vgl. Abb. 3). Begünstigend auf das Pflanzenwachstum wirkten sich vor allem die flächendeckend überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen im Mai aus. Die Nieder-

Abb. 2a, b: Monatsmittel der Lufttemperatur von April bis August 2004 für die Waldstandorte Doberschütz und Olbernhau und Vergleich zu den langjährigen Monatsmittelwerten (1961–1990) des DWD

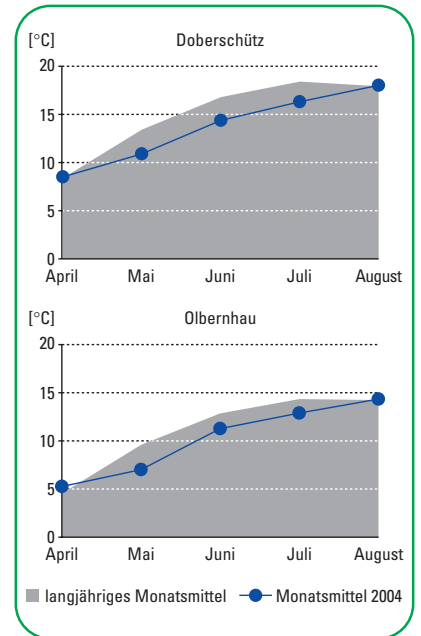
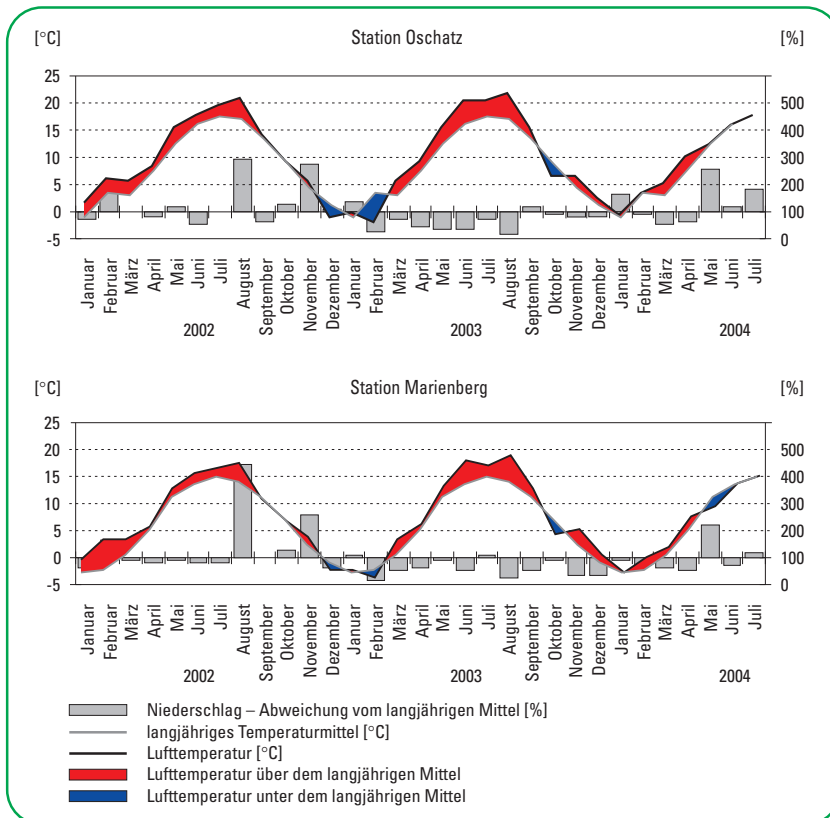


Abb. 1a, b: Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse von 2002–2004 und Vergleich mit den langjährigen Monatsmittelwerten (1961–1990) an den Stationen Oschatz bzw. Marienberg (150 bzw. 639 m über NN, langjährige Jahresmitteltemperatur: 8,7 bzw. 6,2 °C, langjährige Niederschlagssumme: 575 bzw. 896 mm) des Deutschen Wetterdienstes (Quelle: DWD Radebeul)



schläge erreichten teilweise Werte von bis zu 150 % der langjährigen Mengen. Im Juni wurden die langjährigen Mittel nur im West- und Nord(west)sächsischen Raum erreicht bzw. überschritten, während in den südlichen und östlichen Regionen Niederschlagsdefizite von bis zu 30 % der ortsüblichen Mengen auftraten.

Die Regionen mit fortgesetzten Niederschlagsdefiziten von bis zu 25 % waren im Juli eng auf den östlichen Bereich Sachsens begrenzt. In allen übrigen Landesteilen wurden im Juli Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittel von 120 bis 170 % erreicht.

Erst im August waren aufgrund der warm-trockenen Witterungsperiode flächendeckend wieder Niederschlagsdefizite in der Größenordnung von bis zu 50 % zu verzeichnen.

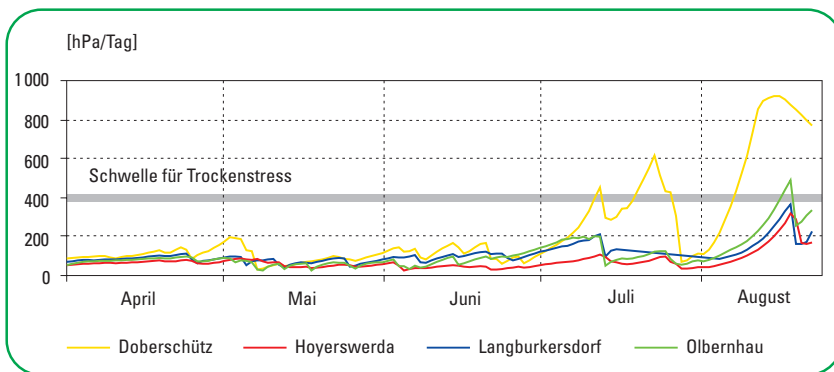
Bilanziert über die gesamte bisherige Vegetationsperiode 2004 (April–August) wurden nur im nordwestsächsischen Bereich Werte von ca. 10–20 % über den langjährigen Mit-



teln der durchschnittlichen Niederschlagsmengen registriert, während in allen übrigen Regionen Defizite von ca. 10 % bis zu 1/3 gegenüber den langjährigen Durchschnittswerten auftraten.

Die **Bodenfeuchte**verhältnisse werden durch die Bodensaugspannung im Hauptwurzelraum der Bäume (in 30 cm Tiefe) an ausgewählten Waldklimastationen dargestellt (vgl. Abb. 4). Die Bodensaugspannung gibt an, wie fest das Bodenwasser im Boden gebunden ist. Bei Werten oberhalb von etwa 400–500 hPa kommt es, je nach Bodensubstrat und Witterungsbedingungen, zu Wasserstress für die Bäume, da Bodenwasser nicht schnell genug pflanzenverfügbar ist. Dieser Stress verschärft sich mit steigender Saugspannung. Erreicht diese 15 000 hPa, können Pflanzen die sehr geringen und fest gebundenen Wassermengen aus dem Boden nicht mehr aufnehmen – man spricht auch vom permanenten Welkepunkt. Aufgrund der außergewöhnlich trockenen Vegetationsperiode 2003 und der fortgesetzten erheblichen Niederschlagsdefizite bis einschließlich April 2004 waren die Bodenwasservorräte zu Beginn der Vegetationsperiode 2004 nicht vollständig aufgefüllt und es kam im Winter 2003/2004 vermutlich flächendeckend kaum zu nennenswerten

Abb. 4: Bodenfeuchte (Bodensaugspannung) im Zeitraum April bis August 2004 für die Tieflands-Sandstandorte Doberschütz und Hoyerswerda sowie die Mittelgebirgsstandorte Olbernhau und Langburkersdorf, gemessen mit Druckaufnehmertensiometern (Messbereich: bis 1 000 hPa)

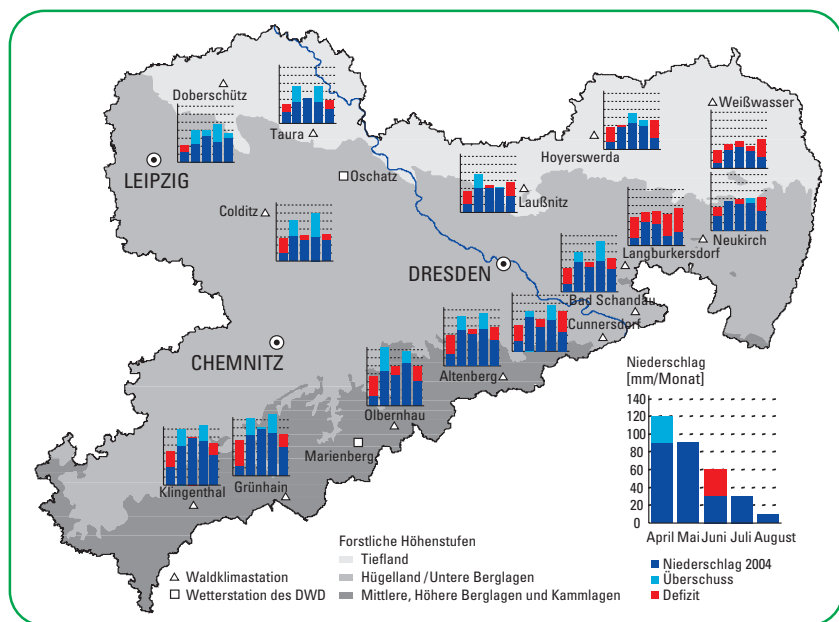


Grundwasserneubildungsraten unter Wald. Nachdem schon zu Vegetationsbeginn im April 2004 ein gravierender Austrocknungsprozess begann, setzten in der 1. Maidekade erhebliche Niederschläge ein. Diese führten überregional zumindest im Oberboden (Hauptwurzelraum der Bäume) zu einer durchgängigen Bodendurchfeuchtung und damit zu günstigen Bodenfeuchteverhältnissen. Lediglich Ende Juni/Anfang Juli nahmen die Bodenfeuchtegehalte leicht ab. Im Juli beschränkten sich die „bodenfeuchtwirksamen“ Niederschläge im Wesentlichen auf 2 Ereignisse mit relativ hohen Niederschlagsintensitäten (20–40 mm/Tag) um den

8. Juli und den 20–22. Juli 2004. Vor und zwischen diesen Niederschlagsfeldern kam es zu geringfügigen Bodenaustrocknungsercheinungen, die jedoch nur kurzzeitig auf einigen Sandstandorten im Tiefland Sachsens den „Wasserstressbereich“ für die Bäume erreichten. Erst im August erhöhte sich dieser Stress im Tiefland nach einer warm-heißen und trockenen Witterungsperiode. Auf einem Messstandort in NW-Sachsen führte die Bodenaustrocknung im Oberboden (30 cm Messtiefe) bis in den Bereich des permanenten Welkepunktes (15 000 hPa), wobei alles pflanzenverfügbare Bodenwasser im oberen Teil des Hauptwurzelraums der Bäume verbraucht war. In den Mittelgebirgsregionen wurde auf insgesamt höherem Bodenfeuchteniveau eine ähnliche Tendenz beobachtet.

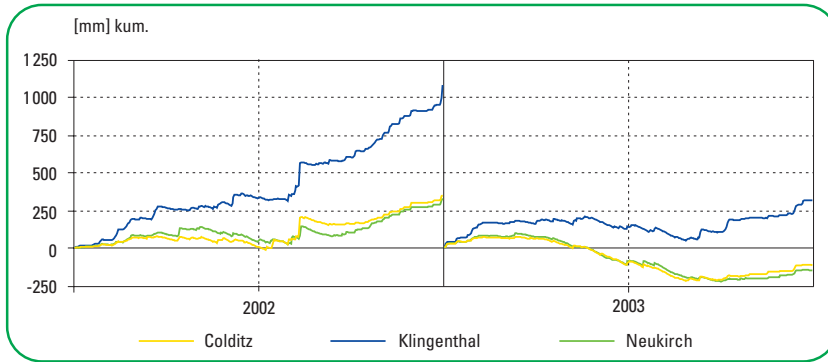
Da die Bodenaustrocknungen erst relativ spät in der Vegetationsperiode einsetzten und bereits in der 2. Augusthälfte durch erhebliche Niederschläge flächendeckend wieder unterbrochen wurden, sind für die Vegetationsperiode 2004 keine nachhaltigen negativen Auswirkungen eines Bodenwassermangels auf die Vitalität und das Wachstum der Bäume zu erwarten.

Abb. 3: Monatssummen der Niederschläge von April bis August 2004 für verschiedene Waldstandorte und Vergleich mit den langjährigen Monatsmittelwerten (1961–1990) des DWD



Die **Auswirkungen der Trockenheit** des Jahres 2003 [17] äußerten sich insbesondere auch in den über weite Regionen Sachsens negativen klimatischen Wasserbilanzen (vgl. Abb. 5). Dies bedeutet, dass die nach einem Standardverfahren berechnete Verdunstung höher war als die Summe der über das Jahr verteilten Niederschläge. Lediglich

Abb. 5: Klimatische Wasserbilanzen für die Klimastationen Neukirch, Colditz und Klingenthal



in den Kammlagen des Erzgebirges reichten die Niederschläge auf Jahressicht zur Erfüllung des Verdunstungsanspruchs aus.

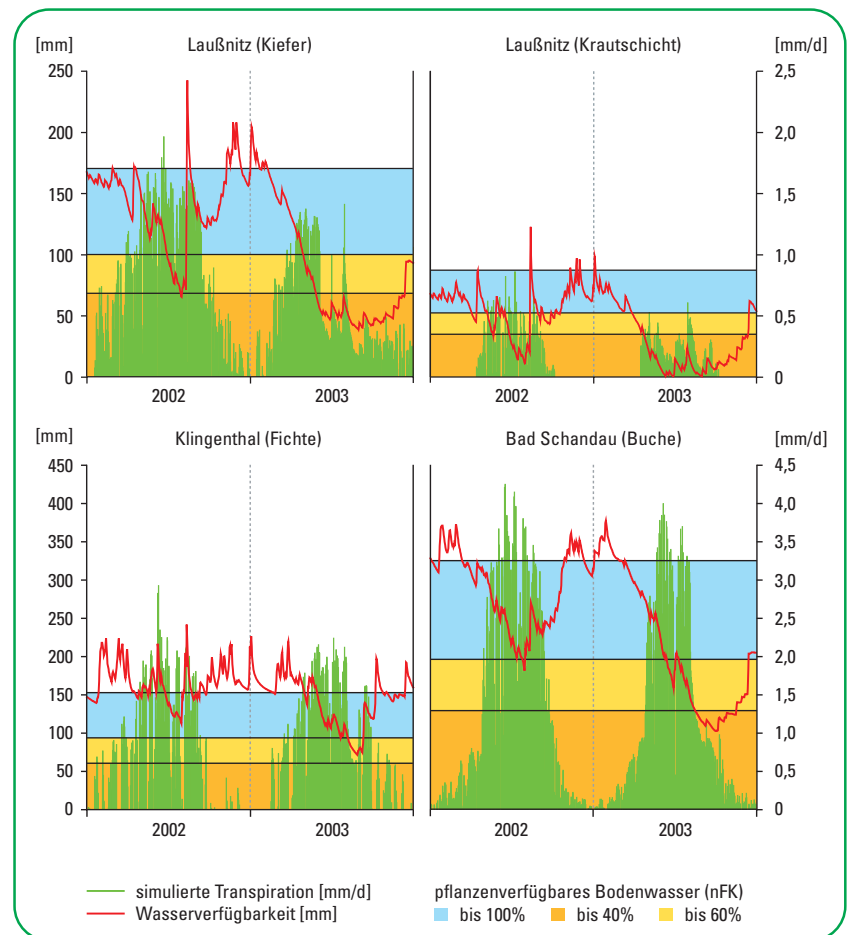
In „normalen“ Jahren ergibt sich ein „Niederschlagsüberschuss“ pro Jahr über der Verdunstung von bis zu 300 mm im Flachland, bis etwa 500 mm in mittleren Mittelgebirgslagen und in höheren Mittelgebirgslagen bis etwa 800–1 100 mm.

Zu beachten ist, dass diese „Niederschlagsüberschüsse“ im Wesentlichen in den Zeiten außerhalb der Vegetationsperiode aufgebaut werden. Damit stehen diese Mengen in der Vegetationszeit nicht mehr uneingeschränkt (Bodenwasserspeicherfähigkeit) bzw. nur unter besonderen Standortverhältnissen (Grundwasseranschluss) zur Verfügung. Im Jahre 2003 fällt diese klimatische Wasserbilanz (mit Ausnahme der höheren Gebirgslagen) gleich zu Beginn der Vegetationsperiode in den negativen Bereich. Schon von Beginn an hat sich ein Wasserstress für die Vegetation aufgebaut, der sich bis zum Ende der Vegetationsperiode 2003 offenbar noch verstärkt hat.

In Folge des Niederschlagsdefizits trockneten die sächsischen Waldböden im Jahr 2003 während der Vegetationsperiode stärker aus als in anderen Jahren. Um den Verlauf und die Stärke des Trockenstresses zu beurteilen, wird die simulierte Blattverdunstung (Transpiration) im Vergleich zu dem jeweils pflanzenverfügbaren Bodenwasser (nutzbare Feldkapazität: nFK) herangezogen. Auf den sandigen Standorten des Nordostsächsischen Tieflandes (z. B. Kiefernbestand Laußnitz) werden bereits in durchschnittlichen Jahren Schwellenwerte von 60 bzw. 40 % des pflanzenverfügbaren Bodenwassers erreicht. Dadurch kann sich das Wachstum von Bäumen vermindern oder

zum Erliegen kommen. Mit zunehmender Unterschreitung dieses Schwellenwertbereiches von 60 % nFK nimmt auch der Wasserstress für die Bäume zu, insbesondere unterhalb des Schwellwertes von 40 % nFK. Stressbedingt finden dann bereits keine Wachstumsprozesse mehr statt und die Ressourcen müssen voll auf die Sicherung der Überlebensfähigkeit konzentriert werden (vgl. Abb. 6a).

Abb. 6a–d: Relative Bodenwasserverfügbarkeit [mm] und simulierte Transpiration [mm/d] im Kiefernbestand Laußnitz (a) Oberbestand (Wurzelzone 0–135 cm Tiefe), (b) Krautschicht (Wurzelzone 0–50 cm Tiefe), (c) Fichtenbestand Klingenthal, (d) Buchenbestand Bad Schandau



Im Jahr 2003 wird in Laußnitz der Schwellenwert von 40 % der nFK bereits Anfang Juni unterschritten und erst Mitte Dezember wieder erreicht. Während eines Großteils der Vegetationsperiode muss hier somit vom Ausbleiben eines Zuwachses und erheblichen Stresspotenzialen ausgegangen werden. Entsprechend fällt auch die Transpiration, also die Verdunstung durch die Nadeln der Kiefern, im Sommer 2003 wesentlich geringer aus als in anderen Jahren. Ab Juli/August 2003 bricht sie regelrecht zusammen.

Bezogen auf den Wurzelbereich der Krautschicht in Kiefernwäldern stellen sich die Ergebnisse für 2003 noch drastischer dar: In 0–50 cm Tiefe verfügte der Boden am Standort Laußnitz im Sommer 2003 über den Zeitraum von mehreren Wochen (16.–30.6., um den 1.9.2003) über keinerlei pflanzenverfügbares Wasser mehr (vgl. Abb. 6b).

Dies war vermutlich die entscheidende Ursache für das Absterben bzw. Vertrocknen der

Bodenvegetation und flach wurzelnder Bäume bzw. von Bäumen auf flachgründigen Standorten in dieser Zeit.

Auch die für große Bereiche des Elbsandsteingebirges potenziell natürliche Waldbaumart Buche schöpfte im Jahr 2003 die verfügbaren Bodenwasservorräte weitgehend aus: Hier wurde in der zweiten August-

hälfte der Schwellenwert für das Erliegen der Durchmesserzunahme unterschritten und erst Ende November 2003 wieder erreicht (vgl. Abb. 6d).

An Standorten mit sehr guter Wasserspeicherung, wie dem Lössstandort Colditz mit Eiche oder in stärker exponierten Regionen mit höheren Jahresniederschlägen und nied-

rigen Jahresmitteltemperaturen (z. B. Fichtenbestand Klingenthal nahe des Erzgebirgskamms), erreichten die minimalen Bodenwasservorräte in der Wurzelzone demgegenüber noch nicht bzw. kaum die Grenzwerte für die Verringerung oder das Erliegen der Durchmesserzunahme (vgl. Abb. 6c).

## Immissionen und Stoffbelastung

Die Umwelt- und Belastungssituation in den sächsischen Wäldern wird exemplarisch in 8 typischen Waldökosystemen nach den Methoden des europäischen Level-II-Programms ermittelt (vgl. Abb. 61 und Tab. 1, Anhang). Dabei sind Stoffbilanzen für die Einschätzung des Ökosystemzustandes und der Stoffbelastung von zentraler Bedeutung, wobei der jeweiligen Stoffdeposition der zugehörige Stoffaustrag mit dem Sickerwasser gegenübergestellt wird (vgl. Abb. 7 und Tab. 10, Anhang).

Seit Beginn des Messprogramms 1993/94 hat sich die **Schwefel**deposition bei jeweils unterschiedlichem regionalem Ausgangsniveau etwa halbiert. Der stärkste Rückgang ist im Erzgebirge zu verzeichnen. In dieser vormals vom Waldsterben stark betroffenen Region erreichen die jährlichen S-Einträge nur noch einen Bruchteil der früheren Raten.

Abb. 7: Jährlicher Eintrag (Gesamtd deposition) und Austrag von Schwefel und Stickstoff in den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen

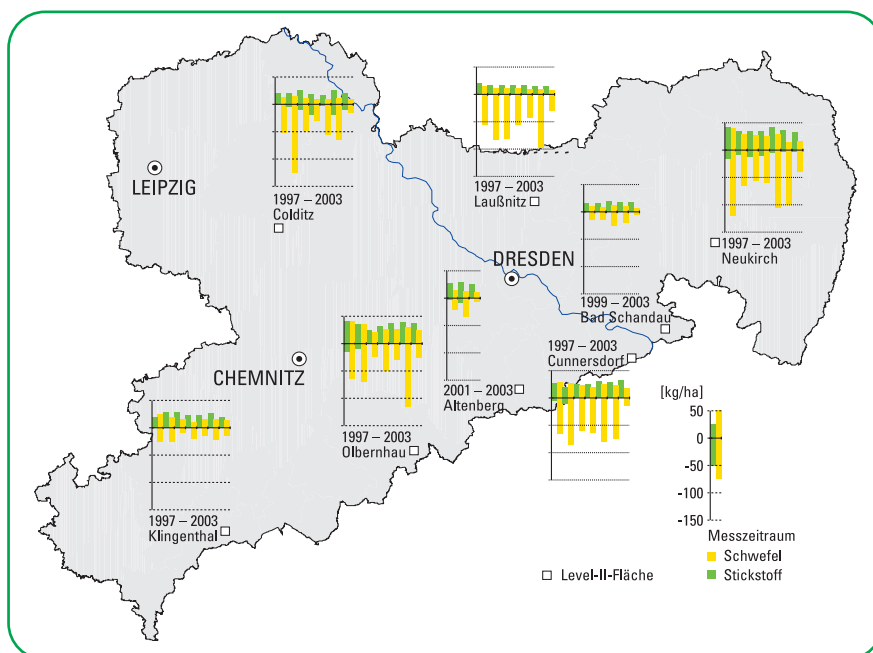
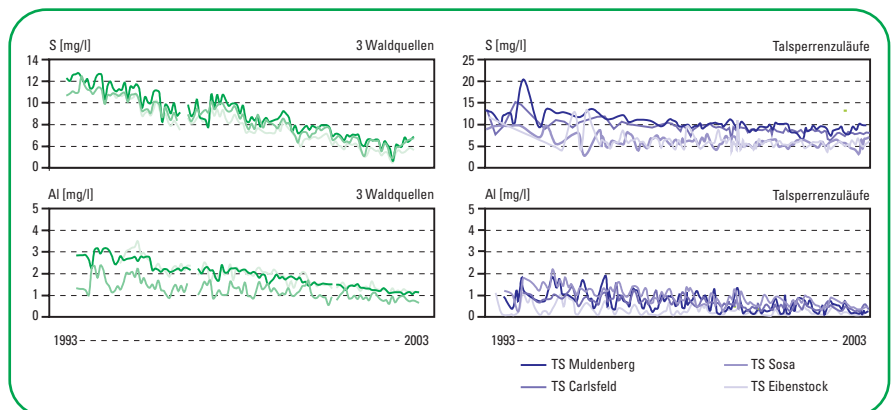


Abb. 8a-d: Entwicklung der Schwefel- und Aluminiumgehalte in Waldquellen der Forstlichen Dauerbeobachtungsfläche Klingenthal sowie in Zuläufen der Talsperren Muldenberg, Sosa, Carlsfeld und Eibenstock (Datenquelle: Landestalsperrenverwaltung)



Momentan liegen sie etwa bei 10 bis 20 kg Schwefel pro Hektar. Dagegen verweisen die teils um ein Vielfaches höheren S-Austragsraten auf das „chemische Gedächtnis“ der Waldböden, die momentan als Schwefel-

quelle fungieren. Die in der Vergangenheit akkumulierten Schwefelvorräte werden verstärkt abgebaut (S-Mobilisierung) mit der Konsequenz entsprechend hoher S-Konzentrationsniveaus in Boden- und Sickerwasser, übermäßiger Nährelementverluste aus den Böden (vor allem Ca und Mg) sowie teils hoher Aluminiumgehalte bis ins Quellwasser [16]. Dieser Mobilisierungsprozess scheint jedoch abzuklingen, denn sowohl im Quellwasser als auch in den Zuläufen der Talsperren zur Trinkwassergewinnung sind kontinuierlich abnehmende S- und Al-Gehalte festzustellen (vgl. Abb. 8 und Tab. 10, Anhang). Auch die Nitratgehalte sind rückläufig.

Unter Einbeziehung der **Stickstoff**aufnahme im Kronenraum schwankt der jährliche N-Eintrag zwischen etwa 15 und 45 kg N/ha und überschreitet damit zumindest in den Fichtenflächen die jeweilige kritische und langfristig tolerierbare Eintragsrate (critical load; [16]) für Stickstoff.

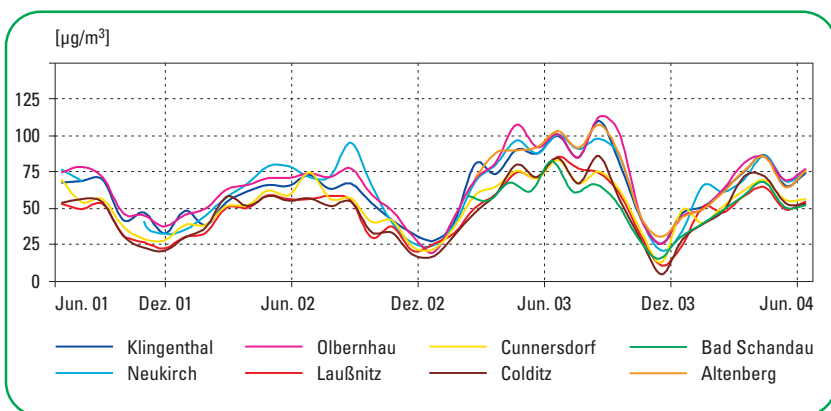
Dennoch hat sich in den letzten Jahren die **Säure**gesamtdeposition im Durchschnitt etwa halbiert. Mit jährlich etwa 2 bis 3 kg H<sup>+</sup>/ha ist die Säurebelastung aber nach wie

vor hoch, so dass insbesondere in den Wäldern des Erzgebirges eine standortsgemäß dosierte Waldkalkung weiterhin unverzichtbar ist.

Einen Eindruck vom allmählichen Wandel der Umwelt- und Belastungssituation in den Wäldern vermittelt die Darstellung zur zeitlichen Entwicklung der Schwefel- und Stickstoffdeposition im Verhältnis zur **kritischen Belastungsrate (critical load)**. Die Überschreitungen haben sich beispielsweise in den Fichtenbeständen der Level-II-Flächen Klingenthal und Olbernhau insgesamt drastisch verringert und seit 1994/95 deutlich der so genannten critical-load-Funktion angenähert (vgl. Abb. 9). In beiden Fällen hat sich allein die S-Deposition auf ein für das jeweilige Ökosystem beinahe akzeptables Maß vermindert. Demgegenüber wurde das Niveau der N-Deposition beibehalten (Klingenthal) oder die Werte sind seit 1998/99 sogar angestiegen (Olbernhau). Damit wird eine Überschreitung der Belastungsfähigkeit der Ökosysteme durch Depositionen sichtbar, die mittlerweile weit überwiegend durch Stickstoffverbindungen induziert wird. Die Grenzwerte für Schwefeldioxid zum Schutz von Ökosystemen sowie der Grenzwert für Stickstoffoxid zum Schutz der Vegetation wurden nach der Richtlinie 1999/30/EG im Jahre 2003 an den dafür ausgewiesenen Messstationen eingehalten (Carlsfeld, Fichtelberg, Schwarzenberg, Colmberg).

Mit dem stetigen Absinken der Schwefeldioxidbelastung der Luft tritt **Ozon** als potenzielles Schadgas für die Vegetation mehr in den Mittelpunkt des Interesses, vor allem auch aufgrund der klimatischen Gegebenheiten der letzten Jahre.

Abb. 10: Monatliche Ozonkonzentrationen an den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen ermittelt über Passivsammler



Zur Ergänzung der kontinuierlichen Messungen des Landesamtes für Umwelt und Geologie [15] nach Richtlinie 2002/3/EG sind an allen acht forstlichen Dauerbeobachtungsflächen Passivsammler zur Ermittlung der monatlichen Konzentrationen von Ozon, Ammoniak, Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid installiert [16].

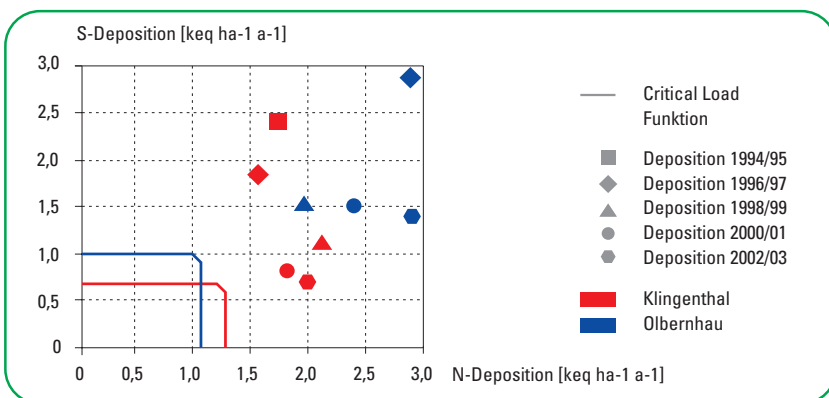
In Abb. 10 sind die monatlichen Mittelwerte der Ozonkonzentration seit Juni 2001 aufgeführt. Die Verläufe zeigen entsprechend den klimaabhängigen Bildungsbedingungen für bodennahes Ozon einen typischen Jahresgang mit geringen Werten im Winterhalbjahr und Maxima im Sommer.

Die höchsten Ozonkonzentrationen werden jeweils im meteorologischen Sommerhalbjahr (April bis September) in den Hochlagen des Erzgebirges (Flächen Olbernhau, Klingenthal und Altenberg) bzw. in Neukirch gemessen. Im Jahr 2003 lagen sie dort bei etwa  $90 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$  und somit  $20 \mu\text{g}$  höher als in den tiefer gelegenen Stationen. Die niedrigs-

ten Werte wurden im Nationalpark Sächsische Schweiz (Fläche Bad Schandau) ermittelt. Die Messwerte bestätigen die durch das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie veröffentlichten Regionalisierungsergebnisse zur Ozonkonzentration im Sommerhalbjahr 2003.

Verglichen mit dem Sommerhalbjahr 2002 ergaben sich für die „europäischen“ Level-II-Flächen höhere Konzentrationen um durchschnittlich etwa  $20 \mu\text{g}$ . Im letzten Winterhalbjahr (Oktober 2003 bis März 2004) sanken die Ozonkonzentrationen auf Werte zwischen  $39$  und  $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und waren nahezu deckungsgleich mit dem Vorjahreszeitraum.

Abb. 9: Critical-Load-Funktion im Vergleich zu den jeweiligen Schwefel- und Stickstoffdepositionen in den forstlichen Dauerbeobachtungsflächen Klingenthal und Olbernhau



## Kronenzustand und biotische Schäden

### Allgemeine Schadsituation

Der Belaubungs-/Benadelungszustand eines Baumes ist ein gut sichtbares Merkmal für seine aktuelle physiologische Verfassung. Er wird von einer Vielzahl von Einflussfaktoren geprägt, wie z. B. der lufthygienischen Situation, dem Zustand des Bodens, aktuellen Witterungseinflüssen, biotischen Schadereignissen. Diese Faktoren werden z. T. bei der Waldzustandserhebung (WZE) erfasst, ihre Wirkung kann jedoch im Einzelnen nur mit Hilfe aufwendiger Ursachenforschung quantifiziert werden.

Die Waldzustandserhebung wurde im Jahr 2004 auf dem 4x4-km-Raster durchgeführt und umfasst 284 Probepunkte bzw. 6 816 Probebäume. Mit der Stichprobe werden die aktuellen Bestockungsverhältnisse in Sachsen sehr gut repräsentiert (vgl. Tab. 3, Anhang). Im Ergebnis der terrestrischen Kronenzustandsbewertung wurden in Sachsen – ohne Berücksichtigung regionaler und baumartenspezifischer Unterschiede –

- 17 % der Waldfläche als deutlich geschädigt (Schadstufen 2–4),
- 49 % als schwach geschädigt (Schadstufe 1) und
- 34 % ohne erkennbare Schadmerkmale (Schadstufe 0) ausgewiesen (vgl. Abb. 11; Tab. 4, Anhang).

In der Gruppe der deutlichen Schäden weisen die Bäume auf 15 % der Waldfläche mittelstarke Schäden auf (Schadstufen 2), auf weiteren 2 % sind sie stark geschädigt bzw. abgestorben (Schadstufen 3 und 4).

Rückblickend kann seit Beginn des 14-jährigen Beobachtungszeitraumes eine Verbesserung des Kronenzustandes konstatiert werden, welche Mitte der 90er Jahre einsetzte. In den letzten 5 Jahren ist bei den deutlichen Schäden kein Trend mehr zu erkennen.

Der Anteil deutlicher Schäden, der 1991 noch 27 % betrug, sank 1995 auf 17 % und blieb – mit Ausnahme des Jahres 1999 – bis heute

unter 20 %. Bei Bäumen, die älter als 60 Jahre sind, ist der Schadrückgang stärker ausgeprägt als bei jüngeren. Allerdings besitzen die älteren Bäume ein höheres Schadniveau. Im Vergleich zum Vorjahr wurde eine Verschlechterung des Kronenzustandes festgestellt, die durch einen höheren Anteil deutlicher Schäden (um 2 Prozentpunkte), insbesondere auch durch den höheren Flächenanteil stark geschädigter und abgestorbener Bäume, zum Ausdruck kommt. Bereits seit 1996 ist eine stetige Abnahme der ungeschädigten Waldfläche zu verzeichnen, welche 2004 sogar den Ausgangszustand von 1991 unterschreitet.

Insgesamt hat die mittlere Kronenverlichtung erneut etwas zugenommen.

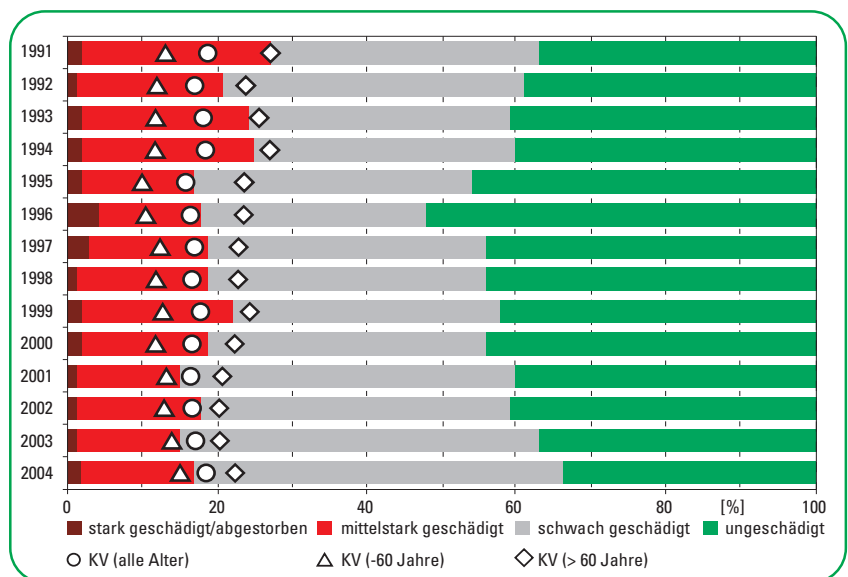
In diesem Jahr fielen landesweit Schäden auf, die vorrangig auf die Trockenheit des Jahres 2003 zurückzuführen sind und sich durch vorzeitigen Abfall von Nadeln und Blättern sowie Störungen in der Verzweigungsstruktur bemerkbar machten. Diese Symptome tra-

ten besonders bei verschiedenen Laubbaumarten regional unterschiedlich in Erscheinung. Die Stichprobenbestände unterliegen einer forstlichen Bewirtschaftung und auch anderen Einflüssen. Aus diesem Grund ist es möglich, dass Stichprobenbäume aus dem Kollektiv ausscheiden. Streng systematisch wird dann ein Ersatzbaum ausgewählt.

In diesem Jahr mussten 54 Bäume (entspricht 1,7 %) vom Kollektiv der über 60-jährigen Stichprobenbäume ersetzt werden:

- 31 Bäume wurden bei forstlichen Eingriffen entnommen
  - 1 Baum war durch Wind geworfen worden
  - weitere 22 Bäume erfüllten nicht mehr die Anforderungen an einen Stichprobenbaum, i. d. R. gehörten sie nicht mehr zur herrschenden Bestandesschicht. Damit war die Krone von Nachbarschaftskonkurrenz überprägt und nicht mehr bonitierbar.
- Der Ersatz von Stichprobenbäumen hat keinen nachweisbaren Einfluss auf das Ergebnis der Waldzustandserhebung für größere Auswerteeinheiten (Baumart, Wuchsgebiet).

Abb. 11: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) aller Baumarten von 1991 bis 2004



## Schäden an den Hauptbaumarten

Nach der potenziellen natürlichen Vegetation würde Sachsen mit nur 13 % Nadelbäumen bestockt sein. Im Zuge der Urbanisierung (Waldflächenrückgang) sowie der folgenden Waldnutzung und -bewirtschaftung hat sich das Waldbild grundlegend verändert. Heute ist die Baumartenverteilung deutlich zu Gunsten von Nadelbaumarten mit insgesamt 78 %, vorrangig der Fichte und Kiefer, verschoben. Insbesondere unsere großflächig vorhandenen Reinbestände sind trotz eines gegenwärtig günstigen Erscheinungsbildes höheren Risiken, wie z. B. Insektenkalamitäten oder Stürmen, ausgesetzt. Der begonnene ökologische Waldumbau hat zur Risikominimierung und -verteilung artenreiche und stabile Mischwälder zum Ziel, die an regionale Klima- und Bodenverhältnisse angepasst sind.

### Fichte

#### Kronenzustand

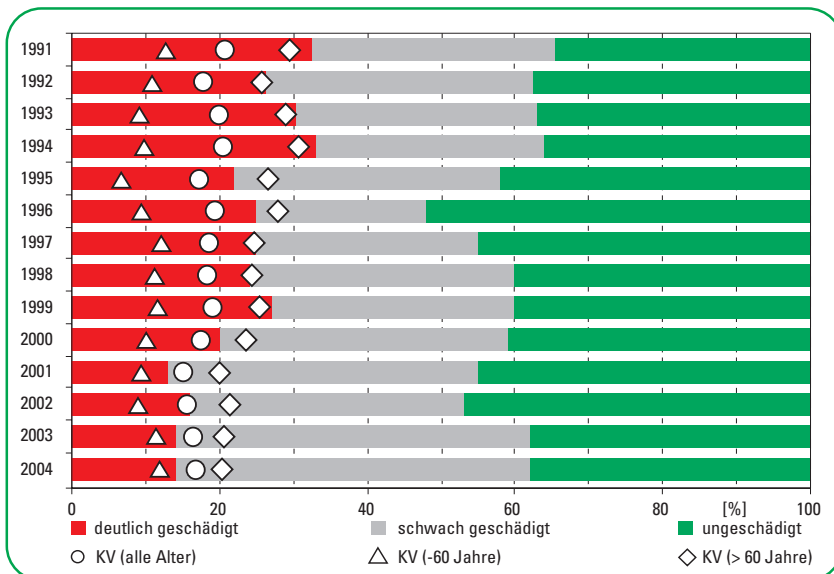
Die Gemeine Fichte dominiert mit einem Anteil von 41,6 % in den sächsischen Wäldern. Besonders in den Mittelgebirgsregionen ist sie die prägende Baumart.

Die aktuelle Waldzustandserhebung weist für die Fichte einen Flächenanteil mit deutlichen Schäden von 14 % aus. Mit 48 % ist der Flächenanteil leicht geschädigter Fichten erheblich. Fichten ohne sichtbare Schäden sind auf 38 % der Fläche zu finden. Damit ist das diesjährige Ergebnis der Fichte im Vergleich zum Vorjahr nahezu unverändert.

Im Landesdurchschnitt ist das Schadniveau der Fichte 2004 mit der Kiefer vergleichbar.

Die Zeitreihe (vgl. Abb. 12) veranschaulicht eine kontinuierliche Verbesserung des Gesundheitszustandes der Fichte: Im Trend sind die deutlichen Schäden seit 1991 um etwa die Hälfte zurückgegangen, wobei in den letzten 4 Jahren kaum noch Veränderungen zu verzeichnen waren. Die akuten Schäden aus dem Winter 1995/96 – verursacht durch SO<sub>2</sub> in Kombination mit Witterungsextremen – sind weitgehend ausgewachsen. Die ungeschädigte Fichtenfläche hat von Erhebungsbeginn bis Mitte der 90er Jahre zugenommen. Seitdem stagniert dieser Trend. Die mittlere Kronenverlichtung ging 1991 bis

Abb. 12: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Fichte von 1991 bis 2004



2001 stetig zurück und erreichte 2001 ihr Minimum. 2004 liegt sie das dritte Mal in Folge leicht darüber. Das Schadniveau der älteren, über 60-jährigen Fichten, hat sich an das geringere Schadniveau der jüngeren Fichten angenähert.

**Nadelvergilbungen** wurden 2004 an über 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). Häufigkeit und Intensität der Vergilbungsercheinungen sind damit ähnlich gering wie im Vorjahr.

Ausschlaggebend für die insgesamt positiv zu bewertende Kronenzustandsentwicklung der Fichte sind vor allem der gravierende Rückgang der „klassischen“ Luftschadstoffe, besonders des SO<sub>2</sub>, und die durchgeführten Kalkungsmaßnahmen [12].

Nach mehreren Jahren mit geringer **Fruktifikation** trugen 2003 und 2004 deutlich mehr Fichten Zapfen. Über die Hälfte der älteren, über 60-jährigen Fichten hatte Zapfenbehang (vgl. Tab. 5, Anhang).

#### Biotische Schäden

Der extrem warme und trockene Sommer 2003 löste eine großräumige Massenvermehrung des **Buchdruckers** (*Ips typographus* L.) und des **Kupferstechers** (*Pityogenes chalcographus* L.) aus. Insbesondere der Befall durch Kupferstecher im Kronenbereich von Altlichten, der gebietsweise zum Absterben

ganzer Bäume oder von Teilen der Krone führte, war ein Indikator für die trockenheitsbedingte Schwächung der Fichten. Auf extrem dürregefährdeten Standorten starben Fichten nur infolge des Wassermangels ab. Dabei auftretende Schadsymptome, wie z. B. die Rotfärbung der Nadeln, sind auch für käferbefallene Bäume im Endstadium des Absterbens typisch und auf den Befall 2003 zurückzuführen. Mit ca. 126 000 m<sup>3</sup> entspricht die von Juni 2003 bis Mai 2004 angefallene Befallsholzmenge nahezu der in den vorangegangenen 14 Jahren insgesamt aufgetretenen Menge (vgl. Abb. 13). Trotz der durchschnittlichen Witterungsbedingungen und intensiver Gegenmaßnahmen aller betroffenen Waldbesitzer setzte sich die Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer auch 2004 fort. Da die bessere Wasserversorgung in diesem Jahr zu einer Stabilisierung der Fichten führte, hat sich auch deren Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Käferbefall erhöht. Die niedrigeren Temperaturen verlangsamten die Entwicklung der Käfer und somit ist von einem geringeren Befall auszugehen als 2003. Die bis zum 31.08.04 erkannte und registrierte Menge entspricht 90 % des vergleichbaren Vorjahreswertes. Bis zum Frühjahr 2005 ist jedoch mit einem weiteren Zugang zu rechnen.

Der Befall 2004 konzentrierte sich wie bereits im Vorjahr im Wesentlichen auf Fichtenbestände in den Unteren Berglagen und im Hügelland mit feuchtem und mäßig feuchtem

bzw. trockenem Klima (vgl. Abb. 14). Im Westerzgebirge liegt die Befallsmenge über den Vorjahreswerten.

Die routinemäßige Überwachung der **Nonne** (*Lymantria monacha* L.), einer polyphagen Schmetterlingsart, weist gebietsweise überdurchschnittliche Falterdichten aus. Diese spiegeln sich jedoch nicht in fraßbedingten Nadelverlusten in Fichtenbeständen wider.

## Kiefer

### Kronenzustand

Die Gemeine Kiefer ist mit 30,1 % Anteil an der Waldfläche die zweithäufigste Baumart in Sachsen. Sie prägt das Waldbild vor allem in den Wäldern des Tief- und Hügellandes. 2004 zeigten die Kiefern auf 12 % der Fläche deutliche Schäden, auf 54 % schwache Schäden und auf 34 % waren sie gesund (vgl. Abb. 15).

Insbesondere für den Beginn der 90er Jahre konnte eine gravierende Verbesserung des Kronenzustandes konstatiert werden. Die deutlich geschädigte Fläche verringerte sich von 27 % (1991) auf 7 % (1996), seitdem pendelt sie sich zwischen 9 und 14 % ein. Die leichten Schäden nehmen einen erheblichen Anteil ein, der in den letzten 4 Jahren noch zugenommen hat. Damit einhergehend sank der Anteil der ungeschädigten Bäume vom Jahr 2000 bis heute um 20 Prozentpunkte.

Der Verlauf der mittleren Kronenverlichtung unterstreicht diese Aussagen. Das Schadenniveau zwischen den Altersbereichen ist wenig differenziert. Vor allem die Kiefern über 40 Jahre ähneln sich in der Intensität ihrer Kronenverlichtung.

Infolge der Trockenheit 2003 kam es auf vielen Standorten vornehmlich mit schwach bindigen Bodensubstraten zu Wasserstresserscheinungen für die Vegetation. Die Kiefern reagierten darauf mit Nadelvergilbungen und vorzeitigem sowie verstärktem Nadelabwurf. Von einer erhöhten direkten, aber auch indirekten Destabilisierung der Kiefernbestände – zum Beispiel durch günstige Entwicklungsbedingungen für Schadinsekten – kann ausgegangen werden.

**Nadelvergilbungen** spielten eine untergeordnete Rolle: nur 0,3 % der Kiefern zeigten Vergilbungssymptome.

Abb. 13: Durch Buchdrucker z.T. in Kombination mit Kupferstecher befallene Holzmenge von 1989 bis 2004 (\*Angabe für 2004 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter 2004/05 sichtbar)

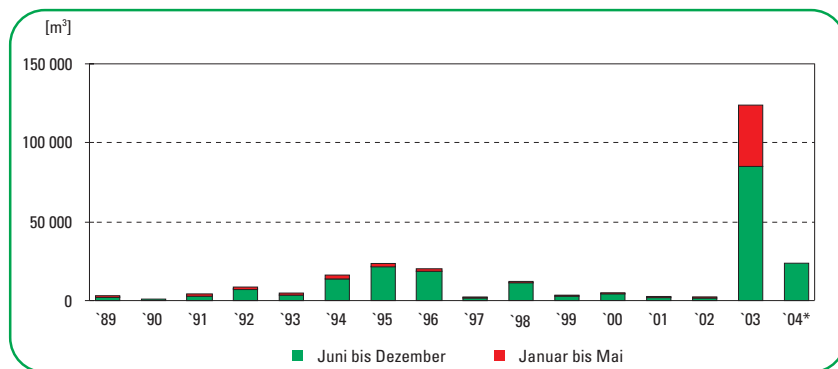


Abb. 14: Regionale (forstamtsweise) Verteilung des Stehendbefalls durch Fichtenborkenkäfer für den Zeitraum Juni bis August 2004 (Stand: 31.08.04)

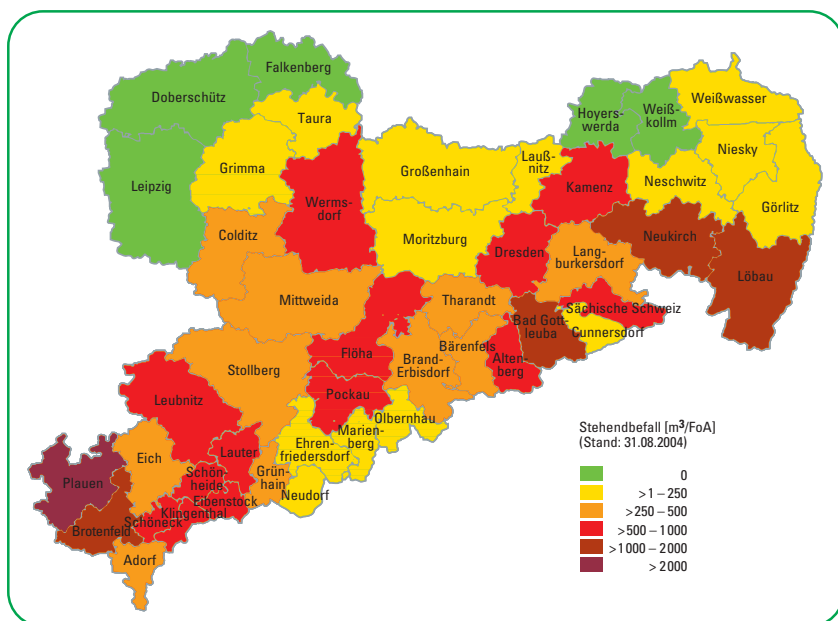


Abb. 15: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Kiefer von 1991 bis 2004

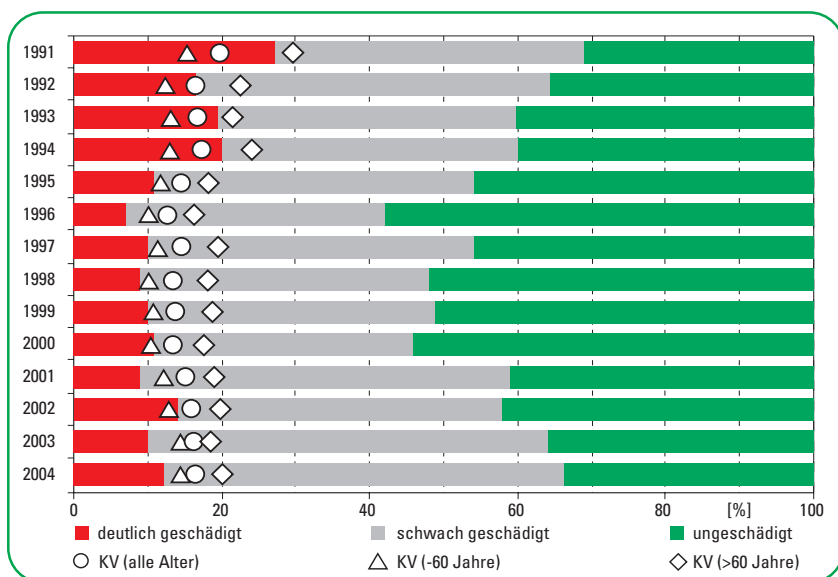
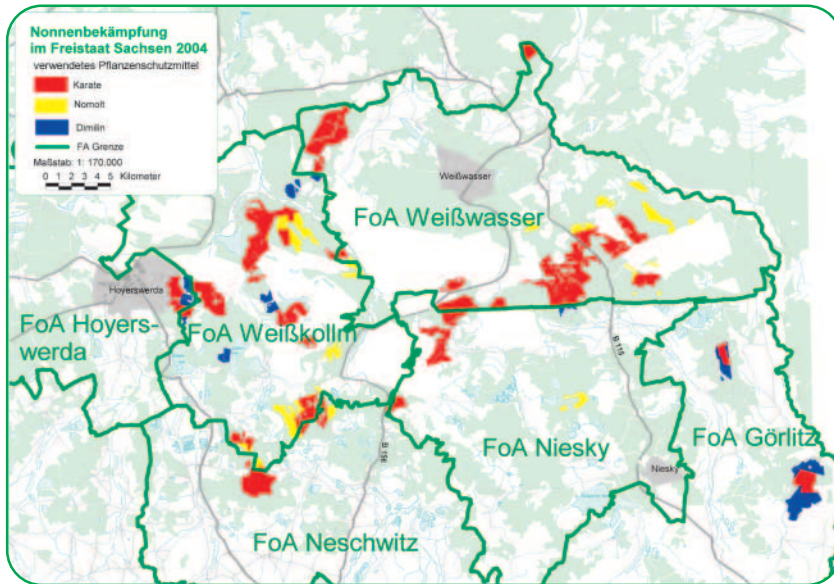


Abb. 16: Mit Pflanzenschutzmitteln behandelte Befallsgebiete der Nonne



2004 **fruktifizierte** wieder ein Großteil der älteren Kiefern. An 67 % wurde geringer, an 25 % mittlerer bis starker Zapfenbehang registriert (vgl. Tab. 5, Anhang).

### Biotische Schäden

Die **Nonne** (*Lymantria monacha* L.) befindet sich gegenwärtig in einer großräumigen Massenvermehrung. Der bereits seit 1998/99 zu beobachtende Anstieg der Populationsdichten vollzog sich vor allem im kiefern-dominierten nordöstlichen Landesteil Sachsens. In diesem Jahr erreichte die Massenvermehrung offensichtlich ihren Kulminationspunkt (vgl. Abb. 17). Im Niederschlesischen Oberlausitzkreis, im nördlichen Teil der Landkreise Bautzen und Kamenz, sowie im östlichen Teil der kreisfreien Stadt Hoyerswerda waren im Frühjahr Bekämp-

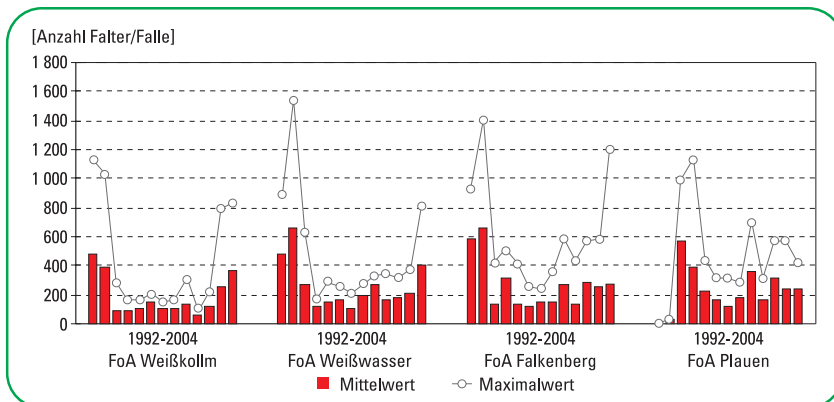
fungsmaßnahmen zur Verhinderung von Kahlfraß durch die Raupen der Nonne und der daraus resultierenden bestandesbedrohenden Schäden notwendig. Dazu wurden auf 9 320 ha Wald zugelassene Pflanzenschutzmittel per Hubschrauber ausgebracht.

Unter Berücksichtigung der Vorschäden, der

Abb. 18: Hubschrauber bei der Ausbringung eines Pflanzenschutzmittels



Abb. 17: Pheromonfallenfänge der Nonne in ausgewählten Forstämtern für die Jahre 1992 bis 2004



aktuellen Befallssituation, naturschutzfachlicher Gegebenheiten und gesetzlicher Auflagen, kam das jeweils geeignetste von drei zulässigen Mitteln zum Einsatz. Es handelte sich um KARATE WG Forst sowie die zwei „Häutungshemmer“ NOMOLT und DIMILIN 80 WG. Mit NOMOLT wurden insgesamt 1 670 ha und mit DIMILIN 80 WG 1 100 ha behandelt. Rund 50 % der behandelten Flächen sind Privatwald.

Die im Frühsommer erkennbaren Fraßschäden auf insgesamt ca. 720 ha verdeutlichen, dass trotz der kühlen und feuchten Frühjahreswitterung die Nonnenpopulationen in den behandelten Befallsschwerpunkten zu den erwarteten Schäden geführt hätten. Die Fraßschäden traten unter anderem dort auf, wo ein Pflanzenschutzmitteleinsatz aufgrund der gesetzlichen Regelungen nicht möglich war bzw. wo Schäden in gewissem Umfang toleriert werden konnten.

Ob 2005 erneut Gegenmaßnahmen erforderlich sein werden, zeigen die notwendigen, noch nicht abgeschlossenen Überwachungsmaßnahmen und Prognosen. Absehbar ist jedoch, dass sich die gegebenenfalls behandlungsnotwendige Fläche gegenüber diesem Jahr verringern wird.

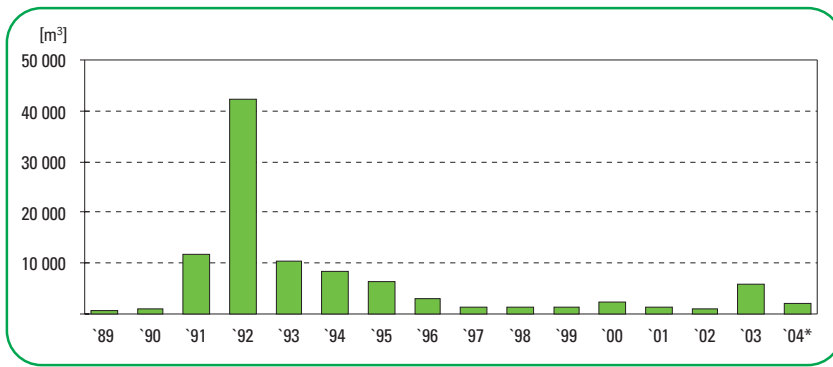
Die Populationsdichten der **Forleule** (*Panolis flammea* Schiff.) blieben auf dem Latenzniveau des Vorjahres. In den Nonnenbefallsgebieten war kleinräumig ein erhöhtes Auftreten des **Kiefernspinners** (*Dendrolimus pini* L.) zu beobachten. Die ebenfalls an Kiefer fressende Schmetterlingsart **Kiefernspanner** (*Bupalus piniarius* L.), deren Populationsdichte 2003 angestiegen war, setzte diesen Trend nicht fort.

Der Befall von Kiefern mit Larven des Blauen **Kiefernprachtkäfers** (*Phaenops cyanea* L.) stieg im Vorjahr deutlich an (vgl. Abb. 19). Häufig ist der Befall durch den Blauen Kiefernprachtkäfer kombiniert mit dem Befall durch stamm- und rindenbrütende Borkenkäfer, wie beispielsweise den Zwölftzähligen (*Ips sexdentatus* Boern.) und den Sechszähligen Kiefernborkekäfer (*Ips acuminatus* Gyll.).

Bereits im zweiten Halbjahr 2003 wurde im sächsischen Tiefland ein Absterben von Altkiefern, begleitet von Harzaustritt auf der Stammrinde, jedoch ohne Beteiligung von



Abb. 19: Durch Prachtkäfer befallene Holzmenge von 1989 bis 2004  
 (\*Angabe für 2004 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter sichtbar)



Insekten gemeldet. Im Frühjahr 2004 konnte diese Erkrankung infolge der gebildeten Fruchtkörper und Sporen als Diplodia-Triebsterben (*Sphaeropsis sapinea*) diagnostiziert werden. Auf dem prädisponierten Standort waren auch im Jahr 2004 weitere Abgänge zu verzeichnen.

Das dritte Mal in Folge hat sich die mittlere Kronenverlichtung erhöht. Sie erreichte mit 14,1 % den bisher höchsten Wert.

### Biotische Schäden

Im Frühjahr waren nahezu landesweit die typischen Schäden durch die **Lärchenmi-**

**niermotte** (*Coleophera laricella* Hb.) sichtbar (vgl. Abb. 21). Kurz nach dem Austrieb der Lärchen höhlen die Raupen die Nadeln besonders von Randbäumen aus. Die so geschädigten Bäume „verlieren“ dadurch ihre grüne Farbe. Im Laufe der Sommermonate regenerieren die Lärchen diesen Nadelverlust wieder.

## Eiche

### Kronenzustand

Stiel- und Trauben-Eiche nehmen in den sächsischen Wäldern einen Flächenanteil von 5,3 % ein. Durch wirtschaftliche Belange ist in der Vergangenheit der Eichenanteil deutlich gesunken und beschränkt sich heute vornehmlich auf Problemstandorte. Im Rahmen des ökologischen Waldumbaus auf standörtlicher Grundlage wird eine Erhöhung dieses Flächenanteils angestrebt. Ziel ist eine

## 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 autochthon und wurden erst im Zuge spezieller waldbaulicher Konzeptionen, wie z. B. der Aufforstung des Erzgebirgskammes nach dem flächigen Absterben der Fichte, angepflanzt. Die Europäische Lärche ist mit etwa 50 % in dieser Baumartengruppe vertreten. Über ¾ der begutachteten sonstigen Nadelbäume sind jünger als 40 Jahre.

Das Schadniveau sonstiger Nadelbäume ist vergleichsweise niedrig, zumal junge Bäume i. d. R. in geringerem Maße Schäden zeigen. Dennoch lassen die Schadstufenentwicklung, aber auch der Verlauf der mittleren Kronenverlichtung ab 1997 eine Schadzunahme erkennen. Von 1996 zu 1997 erhöhte sich der Flächenanteil deutlicher Schäden von 4 auf 10 %, der Flächenanteil schwacher Schäden von 8 auf 32 % (vgl. Abb. 20). Seitdem pegelt sich der Anteil deutlicher Schäden in Größenordnungen um 10 Prozentpunkte ein; 2004 verharrte er bei 9 %. Der ungeschädigte Flächenanteil sank drastisch auf das derzeitige Minimum von 50 % ab.

Abb. 20: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der sonstigen Nadelbäume von 1991 bis 2004

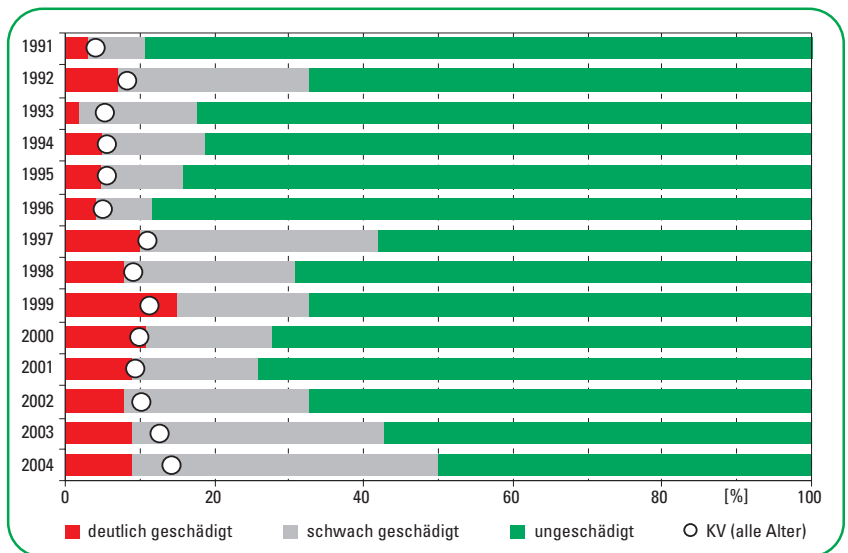


Abb. 21: Befallsfläche der Lärchenminiermotte

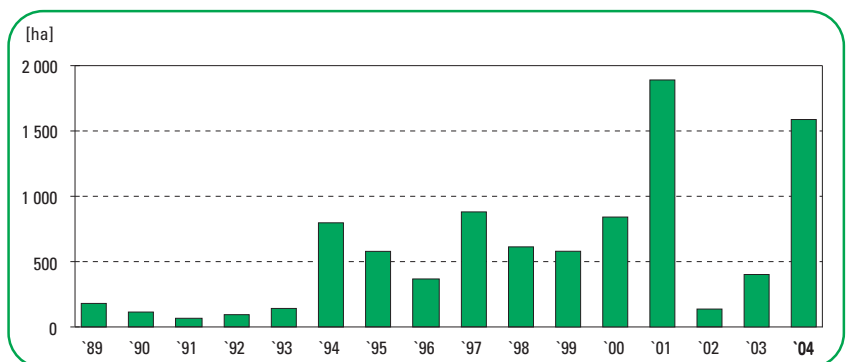
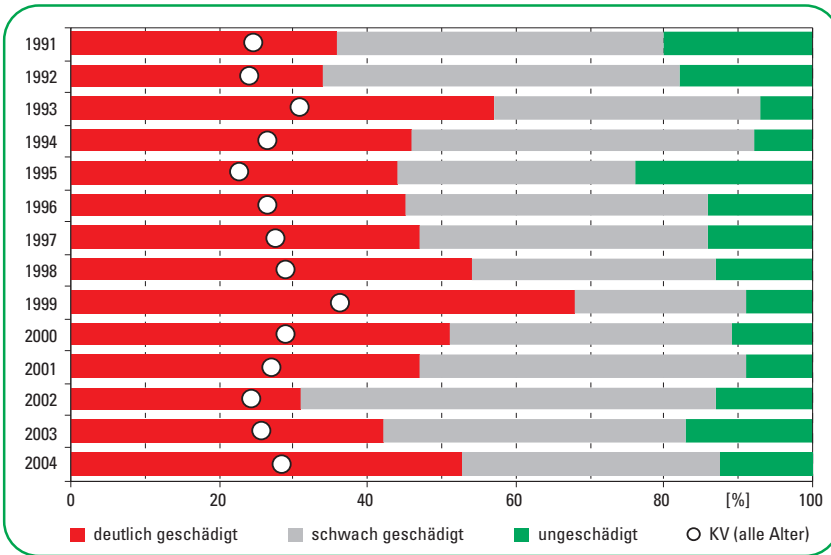


Abb. 22: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Eiche von 1991 bis 2004



ökologische wie ökonomische Risikominimierung.

Seit Beginn der Beobachtungen sind Eichen die am stärksten geschädigten Baumarten. Sie liegen mit 53 % deutlichen Schäden auch in diesem Jahr erheblich über dem Befund der anderen Baumarten/Baumartengruppen. Auf nur 12 % der Fläche sind die Eichen gesund (vgl. Abb. 22).

Auffällig ist, dass das hohe Schadniveau im Untersuchungszeitraum starken Schwankungen unterworfen ist. Ausgehend von einem Anteil deutlicher Schäden von 36 % zum Erhebungsbeginn erreichten sie 1999 mit 68 % das Maximum. Während der 3 darauf folgenden Jahre entwickelte sich der Kronenzustand sächsischer Eichen positiv, er verschlechterte sich jedoch ab 2003 wieder. Die deutlichen Schäden erhöhten sich sowohl 2003 als auch 2004 um jeweils 11 Prozentpunkte.

Aus dem Komplex der Schadfaktoren, die im Zusammenhang mit dem schlechten Gesundheitszustand der Eichen diskutiert werden, erscheinen – neben der Schadstoffbelastung – zwei ausschlaggebend: der Befall durch Insekten, insbesondere blattfressende Schmetterlingsraupen, sowie die Witterungsbedingungen während der vorangegangenen Vegetationsperioden. Auf Wasserstress reagieren Eichen häufig mit vorzeitiger Laubverfärbung und dem Abwurf von Zweigen (Astabsprünge). Durch ein hohes Regenerationspotenzial sind Eichen befähigt, derartige Verluste bei günstigeren Bedingungen wieder auszugleichen.

2004 waren bei den Eichen landesweit ein extrem verzögerter Blattaustrieb, Störungen in der Verzweigungsstruktur, trockenere Feinreißigkeit bis hin zu der daraus resultierenden geringeren Belaubung auffällig. Ursache hierfür ist vermutlich das im Jahr 2003 ausgeprägte Niederschlagsdefizit, das längerfristig zu einer besonders angespannten Wasserversorgung und in der Folge zu spärlicher Knospenanlage der Eichen führte. Die Eichen **fruktifizierten** in diesem Jahr nur gering. Lediglich 15 % der Eichen über 60 Jahre trugen Eicheln.

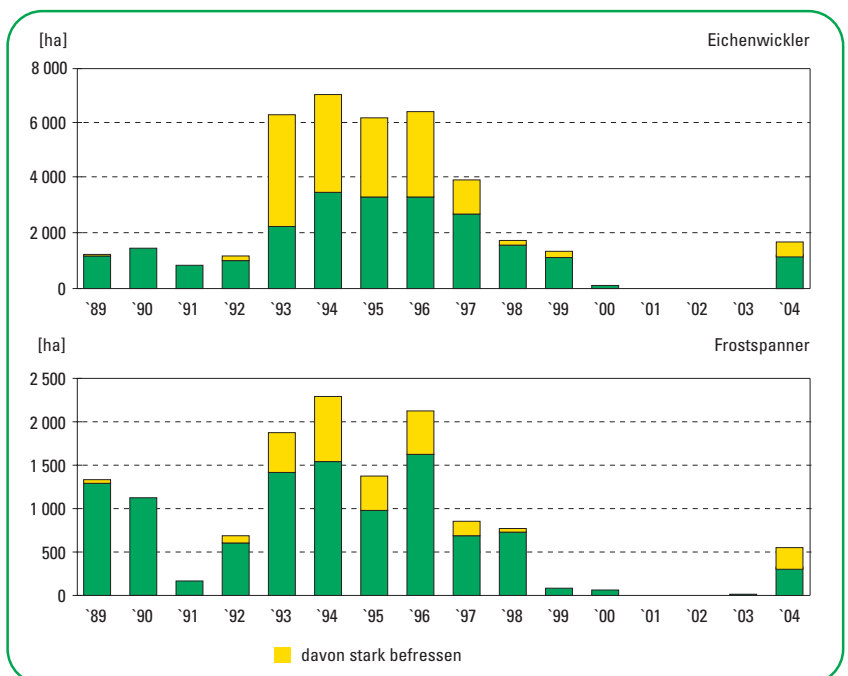
Abb. 23: Unterschiedlicher Austrieb zwischen Trauben-(links) und Stieleiche (rechts) Ende Mai 2004



Abb. 24: Strukturschäden an Eiche



Abb. 25a, b: Befallsflächen durch Eichenwickler und Frostspanner von 1989 bis 2004



## Biotische Schäden

Der Blattaustrieb der Eichen erfolgte landesweit verspätet. Regional waren Ende Mai die Stiel-Eichen immer noch kahl, wohingegen Trauben-Eichen ausgetrieben hatten.

Bis Mitte Juni waren die Unterschiede bei der Blattentwicklung beider Eichenarten ausgeglichen. Jedoch wurde häufig ein Absterben von Ästen im unteren Kronenbereich und ein Feinreisigverlust beobachtet. Als Ursache kommen neben einer komplexen Folgewirkung der vorjährigen Trockenheit andere biotische Faktoren in Frage. Diagnostiziert wurde einerseits der Befall mit diversen Insekten, andererseits die Infektion der Bäume mit Mehltau (*Microsphaera alphitoides*) sowie Eichenrindenbrand (*Fusicoccum quercus*). Häufig regenerierte sich die Eiche mit der Bildung von Wasserreisern.

Neben bekannten Eichenschädlingen, wie Eichenwickler (*Tortrix viridana* L.), Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.), den Frostspanner- (*Operophtera spec.*) und Gallwespenarten, waren an den aufgetretenen Symptomen auch seltene Schädlinge und hier namentlich die Eichenknospenmotte (*Coleophora lutipennella* ZLL.) beteiligt. Abzuwarten bleibt, wie die Eiche verbrauchte Reserven kompensieren kann und wie sie in der Lage ist, weiteren Schädlingsbefall, z. B. durch Prachtkäfer oder verschiedene Pilze, abzuwehren.

Entscheidend für die Steuerung der Prädisposition ist der Witterungsverlauf in der Folgezeit.

## Buche

### Kronenzustand

Mit 3,2 % nimmt die Rot-Buche derzeit noch einen vergleichsweise geringen Anteil an der sächsischen Waldfläche ein und wird dadurch auch seltener von der Waldzustandserhebung erfasst. Die Aussagen zum absoluten Schadniveau dieser Baumart können daher statistisch nicht abgesichert werden. Da jedoch jedes Jahr ein nahezu identisches Kollektiv von Buchen erfasst wird, können Trends aufgezeigt werden.

Die Buchenfläche besteht zum überwiegenden Teil aus in der Vergangenheit nicht zielgerecht gepflegten Reinbeständen. Gerade

in den zurückliegenden Jahren wurden speziell Buchen neben der Schadstoffbelastung durch Witterungseinflüsse und wiederholte Fruktifikation in ihrer Vitalität beeinträchtigt. Durch den ökologischen Waldumbau werden naturnahe und stabile Mischwälder mit Buche angestrebt, die nicht mit der derzeitigen Ausgangslage vergleichbar sind.

Im zurückliegenden 14-jährigen Beobachtungszeitraum hat sich der Kronenzustand der Buche drastisch verschlechtert. Nur Ende der 90er Jahre kam es zu einer kurzzeitigen Erholung. Waren noch 1991 mehr als die Hälfte der Buchen als gesund eingestuft worden, stellt sich 2004 die Situation komplett anders dar. Die Hälfte der Buchen zeigt deutliche, weitere 40 % leichte Schäden. Nur jede 10. Buche weist keine Schadmerkmale auf (vgl. Abb. 26). Das ist der niedrigste Stand im Beobachtungszeitraum. Der schlechte Belau-

bungszustand der Buche ist erstmals mit der Eiche vergleichbar.

Das Erscheinungsbild der Buche war – wie schon 2003 – erneut durch **Fruchtanhang** geprägt. 66 % älterer Buchen fruktifizierten, wobei 40 % mittleren bis starken und 26 % schwachen Fruchtbehang zeigten (vgl. Abb. 27). Für die Buche ist bekannt, dass mit verstärkter Fruktifikation auch ein erhöhter Verbrauch von Reservestoffen und damit eine höhere physiologische Belastung einhergeht. Wie nachhaltig diesen Zustand der Baumart beeinträchtigt, hängt maßgeblich vom Auftreten weiterer belastender Faktoren (z. B. Trockenstress) im Komplex neuartiger Waldschäden ab. Offensichtlich hat auch die kritische Wasserversorgung 2003 maßgeblich zum schlechten Erscheinungsbild der Buche beigetragen.

Abb. 26: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Buche von 1991 bis 2004

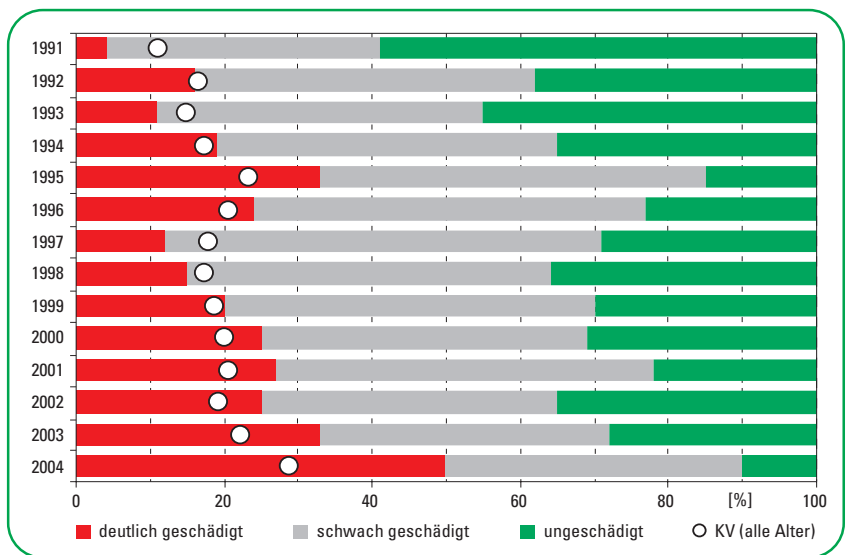
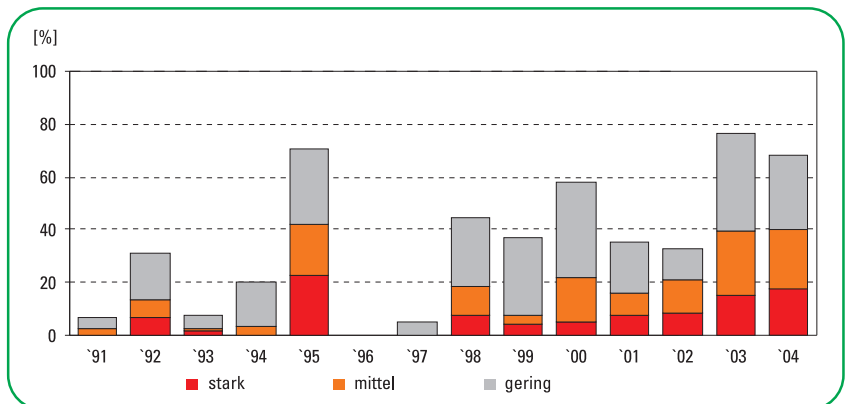


Abb. 27: Fruktifikation der älteren (über 60-jährigen) Buchen von 1991 bis 2004



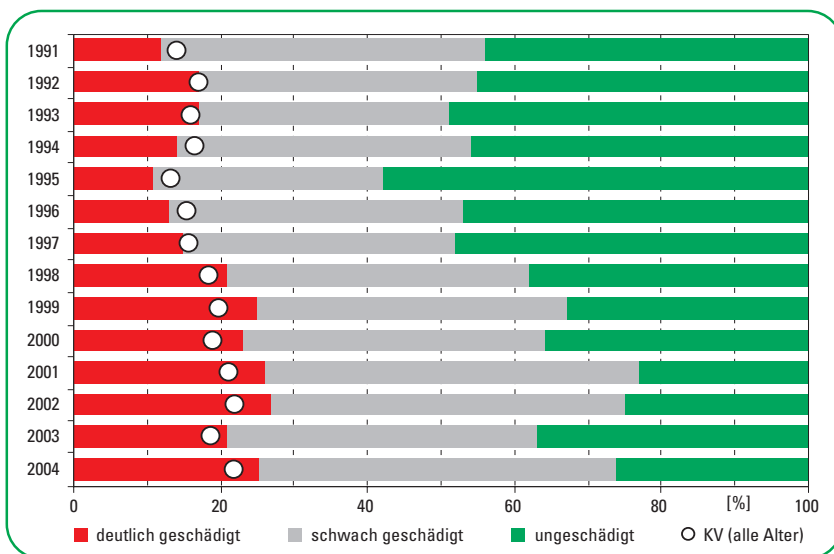
## Biotische Schäden

Landesweit wurde ein intensiver Befall der Buchen aller Altersklassen mit der Buchenblattlaus (*Phyllaphis fagi* L.) registriert. Besonders an jungen Pflanzen konnte neben Blattverlust auch ein Absterben der Triebe beobachtet werden.

Abb. 28: Schütterer Belaubung an Buche Mitte Juni



Abb. 29: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der sonstigen Laubbäume von 1991 bis 2004



Besonders die Birke hat 2004 markant an Vitalität verloren, was sich häufig durch abgestorbene Ast- und Kronensegmente äußerte.

## Biotische Schäden

Im mittleren Erzgebirge trat an Ebereschen wiederum Kahlfraß durch Frostspannerarten, besonders durch den Kleinen Frostspanner

(*Operophtera brumata* L.) auf. Merklicher Fraß der Frostspanner war auf einem Areal von 60 ha zu verzeichnen.

Im Tief- und Hügelland Sachsens wurde ein verstärktes Absterben von Birken beobachtet. Auch für die Pionierbaumart Birke überstieg der Trockenstress 2003 auf exponierten Standorten das tolerierbare Maß. Neben dem

## Sonstige Laubbäume

### Kronenzustand

Die sonstigen Laubbäume (Gemeine Birke, Ahornarten, Gemeine Esche, etc.) haben einen Anteil an der Waldfläche von 13,5 %. Mit einem Anteil von über 50 % dominiert die Birke in dieser Baumartengruppe. Der Schädigungsgrad dieser Baumartengruppe hat sich in den letzten Jahren kontinuierlich erhöht. Vor allem im Zeitraum 1996 bis 1999 hat die deutlich geschädigte Fläche zugenommen, die seither zwischen 21 und 27 % schwankt. Damit einhergehend hat der Flächenanteil gesunder Bäume abgenommen. 2004 erreichte der Flächenanteil deutlicher Schäden mit 25 % einen relativ hohen Wert, während der Flächenanteil gesunder Bäume auf 26 % abgesunken ist.

Dies sowie die Zunahme der mittleren Kronenverlichtung kann erheblich auf die extreme Hitze und Trockenheit 2003 zurückgeführt werden (vgl. Abb. 29). Hinzu kommt eine auffallend hohe Absterberate von 2 % allein im letzten Jahr.

Abb. 30a, b: Exsudataustritt an Birke nach Schwertwespen- (*Xiphydria camelus* L.) Befall

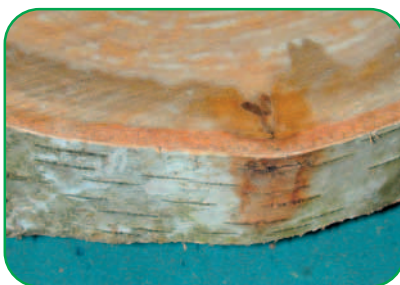
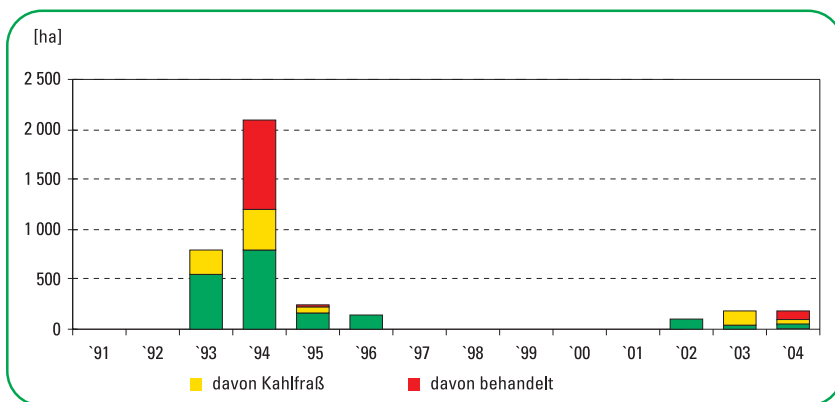


Abb. 31 a,b: Schadsymptome des Neuartigen Erlensterbens



Auftreten klassischer Schädlinge, wie dem Birkensplintkäfer (*Scolytus ratzeburgi* Jans.), wurden an abgängigen Bäumen braune Exsudatabsonderungen festgestellt. Häufig sind im Zentrum dieser braunen Flecken verhältnismäßig tief ins Holz führende Einstiche sichtbar, deren Verursacher mit hoher Wahrscheinlichkeit Schwertwespen (*Xiphydria camelus* L.) sind. Da die Schwertwespen mit parasitären Pilzen, die mit der Eiablage ins Holz gebracht werden, vergesellschaftet sind, sterben die befallenen Birken oft sehr schnell und ohne Regenerationsversuche ab. Im Forstamt Großenhain wurde in zwei Revieren das Neuartige Erlensterben (*Phytophthora cambivora/alnii*) diagnostiziert. Auffällige Symptome sind die so genannten „Teerflecken“ am Wurzelhals bzw. unteren Stammteil. Eine Therapie dieser sich durch Zoosporen in Gewässern rasant ausbreitenden Krankheit ist nicht bekannt. Zeitlich und vielerorts auch räumlich parallel zur Nonnengradation kam es zu einer Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.). Diese erreichte jedoch nicht das erwartete und mit der Situation Mitte der 90er vergleichbare Niveau (vgl. Abb. 32). Angrenzend an ein Nonnenbekämpfungsgebiet erfolgte auf 100 ha eine Bekämpfung. Fraßschäden durch Mäuse (besonders **Erd- und Feldmaus** [*Microtus agrestis* L. u. *M. arvalis* Pal.] sowie **Schermaus** [*Arvicola terrestris* L.]) und deren Populationsdichten zeigen wieder einen zunehmenden Trend.

Abb. 32: Befallsflächen durch Schwammspinner von 1991 bis 2004



## 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, 1997–2004). Um auch kleine Wuchsgebiete bzw. solche mit geringem Waldanteil in die Auswertung einbeziehen zu können, wurden sie, so weit es sinnvoll erschien, in Gruppen zusammengefasst. Bei Wuchsgebieten, die über die Landesfläche Sachsens hinausgehen, beziehen sich die Angaben ausschließlich auf den sächsischen Teil. Für die Wuchsgebiete Sachsen-Anhaltinische-Löss-Ebenen

(WG 23), Leipziger-Sandlöss-Ebene (WG 24) und Erzgebirgsvorland (WG 26) ist der Stichprobenumfang für eine Auswertung allerdings zu gering.

Die Ergebnisse der Wuchsgebietsauswertung 2004 sind in Abb. 33 sowie Tab. 7 (Anhang) veranschaulicht. Die in Abb. 34 integrierten Grafiken zeigen die Entwicklungstrends der Schäden in den Wuchsgebieten. Zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse für die Wuchsgebiete von der dort jeweils vorherrschenden Baumarten- und Altersklassenverteilung bestimmt werden (vgl. Tab. 6, Anhang). Einen Eindruck von der räumlichen Verteilung der Baumarten sowie deren Kronenzustand vermittelt zusätzlich die Abb. 34.

Abb. 33: Anteil deutlicher Schäden 2004 und Veränderung der mittleren Kronenverlichtung von 1991 bis 2004 in den Wuchsgebieten (WG)

- WG 14 – Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/
- WG 15 – Dübener-Niederlausitzer Altmoränenland
- WG 23 – Sachsen-Anhaltinische-Löss-Ebenen
- WG 24 – Leipziger-Sandlöss-Ebene
- WG 25 – Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland
- WG 26 – Erzgebirgsvorland
- WG 27 – Westlausitzer Platte und Elbtalzone/
- WG 28 – Lausitzer Löss-Hügelland
- WG 44 – Vogtland
- WG 45 – Erzgebirge
- WG 46 – Elbsandsteingebirge/
- WG 47 – Oberlausitzer Bergland/
- WG 48 – Zittauer Gebirge

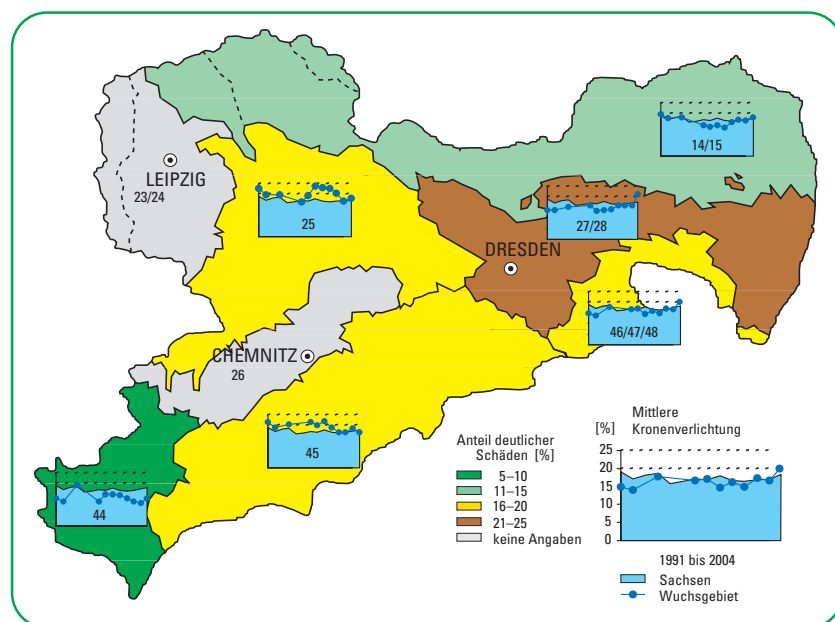
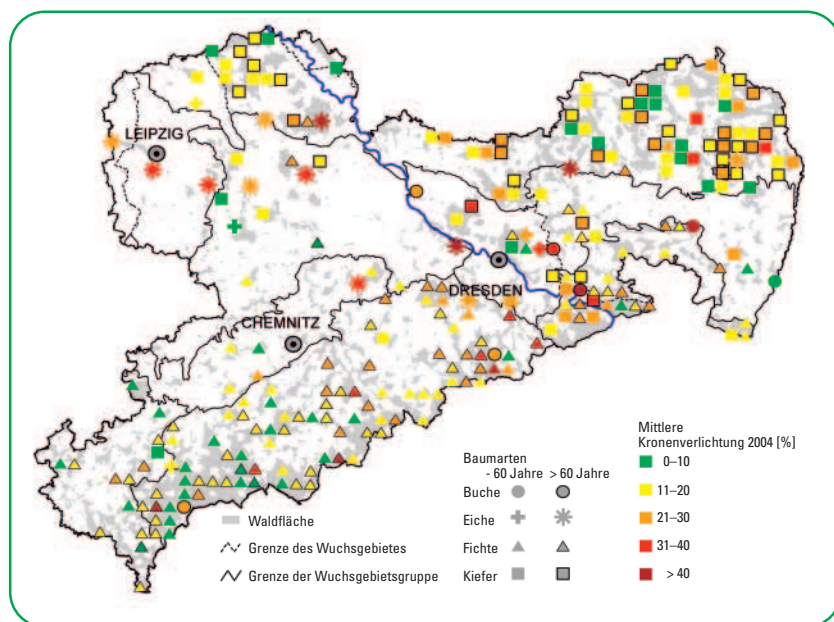


Abb. 34: Mittlere Kronenverlichtung der Hauptbaumarten an den Stichprobenpunkten im 4x4-km-Raster (mindestens 5 Bäume der Hauptbaumart am Stichprobenpunkt)



Der Flächenanteil deutlicher Schäden variiert von 10 % im Wuchsgebiet Vogtland (WG 44) bis 25 % im Wuchsgebiet Westlausitzer Platte und Elbtalzone/Lausitzer Löss-Hügelland (WG 27/28). Mit Ausnahme des Erzgebirges hat sich 2004 landesweit der Waldzustand mehr oder weniger stark verschlechtert. Auffällig ist die Schadzunahme vor allem in Wuchsgebieten, die aufgrund der Boden-substrate und Baumartenzusammensetzung gegenüber der Trockenheit 2003 besonders disponiert waren (vgl. Witterung).

Im **Erzgebirge** (WG 45), dem walddreichsten Wuchsgebiet Sachsens, hat sich der Zustand in den letzten Jahren spürbar verbessert. Der Anteil der Waldfläche mit deutlichen Schäden hat sich von dem mit 36 % (1991) hohen Ausgangsniveau auf 18 % (2004) verringert und damit dem Landesdurchschnitt angenähert. Der Status der vergangenen 4 Jahre hat sich bestätigt, was auch in der Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung zum Ausdruck kommt. Das Erzgebirge ist die einzige Region Sachsens, in der sich 2004 der Waldzustand gegenüber dem Vorjahr leicht verbessert hat. Die Auswirkungen der Trockenheit 2003 und die potenzielle Gefährdung durch Sekundärschädlinge (Borkenkäfer) kamen offensichtlich nicht in dem Maße zum Tragen, wie es noch zu Beginn der Vegetationsperiode zu befürchten war. 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 Rauchsäden“. Aufgrund des hohen Schadniveaus in den Jahren 1998–2002 war das Wuchsgebiet **Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland** (WG 25) in den letzten Jahren zunehmend in den Blickpunkt gerückt. 1999 hatten die deutlichen Schäden dort ein Maximum von 39 % erreicht, sind seit 2002 wieder zurückgegangen und schwanken seitdem zwischen 19 und 15 %. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich das Schadniveau kaum verändert. Es liegt geringfügig unter dem Landesmittel. Speziell in diesem Wuchsgebiet hat die hohe Bindigkeit der Bodensubstrate die Trockenheit 2003 abpuffern können, was die Trockenstresserscheinungen an der Vegetation verringerte.

In den Wuchsgebieten **Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge** (WG 46, 47, 48) zeigen die Bäume auf 19 % der Fläche eine deutliche Kronenverlichtung. Im Vergleich zum Vorjahr bedeutet dies eine Erhöhung der deutlichen Schäden um 5 Prozentpunkte. Seit 4 Jahren wird ein markanter Rückgang der ungeschädigten Waldfläche beobachtet. Bei der durchschnittlichen Kronenverlichtung handelt es sich 2004 um die bisher höchste (20 %). Die allgemeine Aussage trifft auch für die Fichte zu, die

mit 52 % Anteil in diesen Wuchsgebieten dominiert.

In den Wuchsgebieten **Westlausitzer Platte und Elbtalzone/Lausitzer Löss-Hügelland** (WG 27, 28) war das Schadniveau bislang nur geringen Schwankungen unterworfen. Offenbar hat hier die Trockenheit im Jahr 2003 die Vitalität der Waldbäume besonders beeinträchtigt. Die deutlichen Schäden sind um 12 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr auf jetzt 25 % angestiegen. Damit ist das Schadausmaß das höchste sowohl im Rückblick betrachtet als auch im Vergleich der Wuchsgebiete.

In den Wuchsgebieten **Mittleres nordost-deutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland** (WG 14, 15) wurden bei der diesjährigen Erhebung 14 % deutliche Schäden diagnostiziert. Das Ergebnis liegt damit vergleichsweise niedrig. Das Schadniveau der in diesen Wuchsgebieten dominierenden Kiefern (82 % Flächenanteil) ist etwas geringer als das Wuchsgebietsmittel, hat jedoch in den letzten 4 Jahren wieder etwas zugenommen und damit den Stand des Zeitraums 1992 bis 1994 erreicht. Nadel-fressende Insekten an Kiefer haben diesen Anstieg möglicherweise punktuell mit verursacht. Niederschlagsdefizite spielten wahrscheinlich 2003 auch eine Rolle. Abb. 34 veranschaulicht ein differenziertes Bild innerhalb dieser Wuchsgebiete.

Das **Vogtland** (WG 44) liegt mit 10 % deutlichen Schäden markant unter dem Landesmittel. Im Vergleich der Wuchsgebiete sind hier die Schäden am niedrigsten. Dennoch ist auch im Vogtland – nach mehrmaligem Schadrückgang im Zeitraum 1999 bis 2003 – wieder ein Anstieg zu verzeichnen (4 Prozentpunkte).

# Bodenzustand

Über den chemischen Zustand der Waldböden liegen umfangreiche Informationen vor. Quellen sind die periodische Bodenzustandserhebung [14], ergänzende Projekte, Untersuchungen im Rahmen der Standortserkundung sowie kontinuierliche Messungen in den so genannten Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF = Level-II-Programm der EU). Um diese Punktinformationen für weitergehende qualifizierte Ökosystemmanagementstrategien (z. B. Waldumbau oder Waldkalkungsmaßnahmen) oder letztlich auch für öffentliche und politische Entscheidungsträger im Rahmen eines nachhaltigen Landschaftsmanagements zugänglich zu machen, ist die Übertragung der punktbezogenen Ergebnisse auf die Fläche zwingende Voraussetzung.

Auf der Basis der Bodenzustandserhebung, der Standortkartierung und sämtlicher sonstiger forstlich relevanter Daten (z. B. aus der Forsteinrichtung) wurde eine **Regionalisierung** mittels statistischer Methoden durchgeführt [20].

Es zeigte sich, dass die bodenchemischen Eigenschaften – ergänzend zu den grundsätzlichen Unterschieden aufgrund des geologischen Substrats – insbesondere auch durch das topographische Relief beeinflusst werden, beispielsweise durch das Wechselspiel von Bodenabtrag in exponierten Landschaftsbereichen (Kuppen, Bergrücken) und Bodenablagerung in Tälern bzw. am Unterhang. Weitere, die Ergebnisse entscheidend beeinflussende Faktoren sind die jeweilige, kleinräumige Depositionsbelastung (z. B. hohe Stoffeinträge in exponierten Gebirgslagen gegenüber geringerer Stoffbelastung in geschützten Tallagen) sowie unterschiedliche klimatische Bedingungen und Waldaufbauformen.

Die **Basensättigung** ist ein entscheidender Nachhaltigkeitsindikator des Waldbodens zur Charakterisierung seiner Nährstoffverfügbarkeit und seines Versauerungsgrades. Sie umfasst den Anteil der „basischen“ Kationen ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) an der mittelfristig pflanzenverfügbaren **Kationenaustauschkapazität (KAK)** des Feinbodens. Den restlichen Anteil bilden die „sauren“ Kationen, wie  $\text{H}^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  und  $\text{Mn}^{3+}$ . Beide Nachhaltigkeitsindikatoren sind relativ stabil und verändern sich in Abhän-

gigkeit von den jeweiligen Standorts- und Umweltfaktoren erst im Verlauf mehrerer Jahre [16]. Die Gegenüberstellung der regionalisierten Ergebnisse für die Tiefenstufe 10–30 cm (Hauptwurzelbereich) weist das Erzgebirge als eine Region besonders niedriger Basensättigung aus, was hauptsächlich das Ergebnis jahrzehntelanger, teils extremer Immissionsbelastungen ist (vgl. Abb. 35). Hinsichtlich der Kationenaustauschkapazität ist jedoch aufgrund der insgesamt höheren Grundgehalte der Waldböden auf Gneisen, Phylliten, Schie-

fern und Graniten eine günstigere Ausstattung gegeben (vgl. Abb. 36). Bis in den Unterboden von mehr als 60 cm Tiefe beträgt die Basensättigung großflächig weniger als 5%, so dass die Elastizität der Böden gegenüber Umweltbelastungen – trotz der weitgehend positiven Entwicklung der Umweltsituation – vielfach noch sehr gering ist [16]. Diese jetzt flächenbezogenen Ergebnisse bestätigen die bisher aus punktbezogenen Interpretationen abgeleiteten Handlungsempfehlungen für eine praktische Waldbewirtschaftung. Neben Waldumbau und

Abb. 35a, b: Regionalisierte Basensättigung und Kationenaustauschkapazität in 10–30 cm Mineralbodentiefe

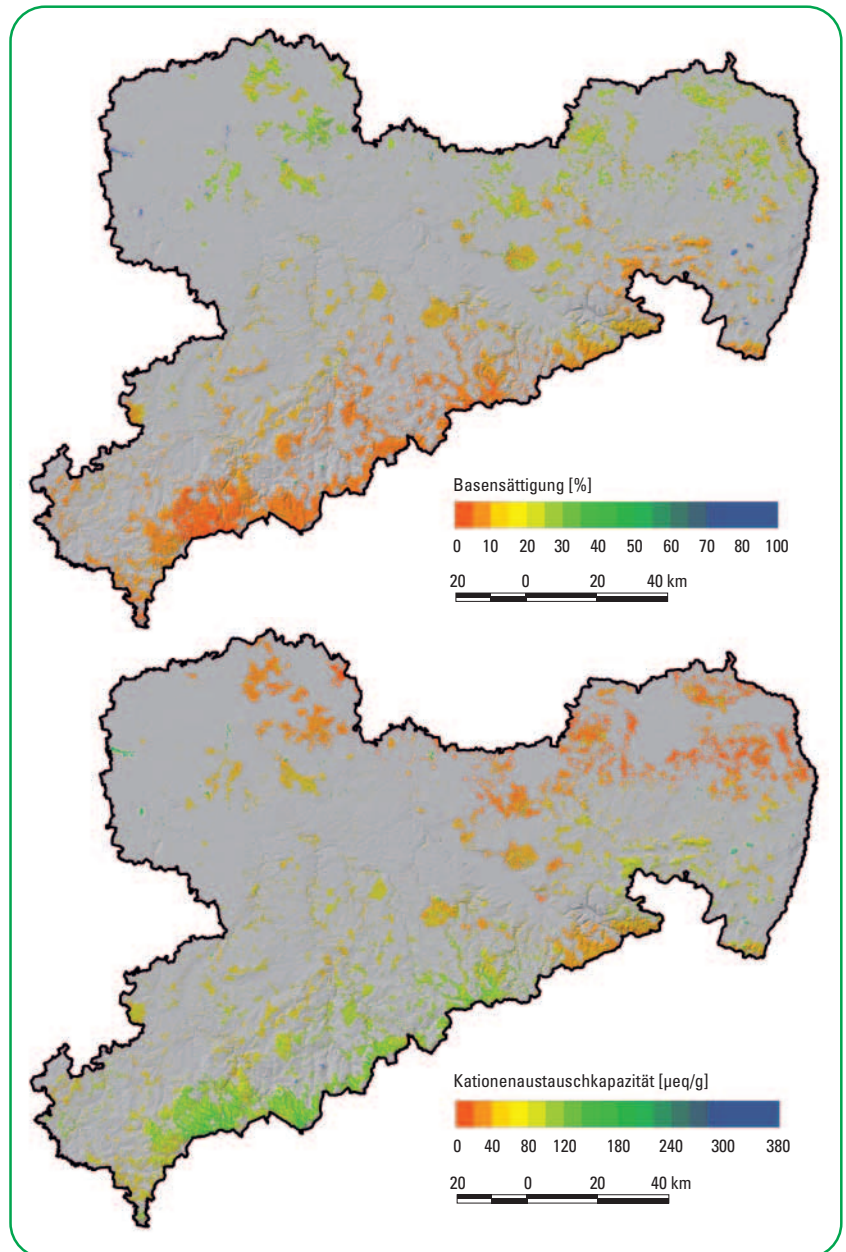
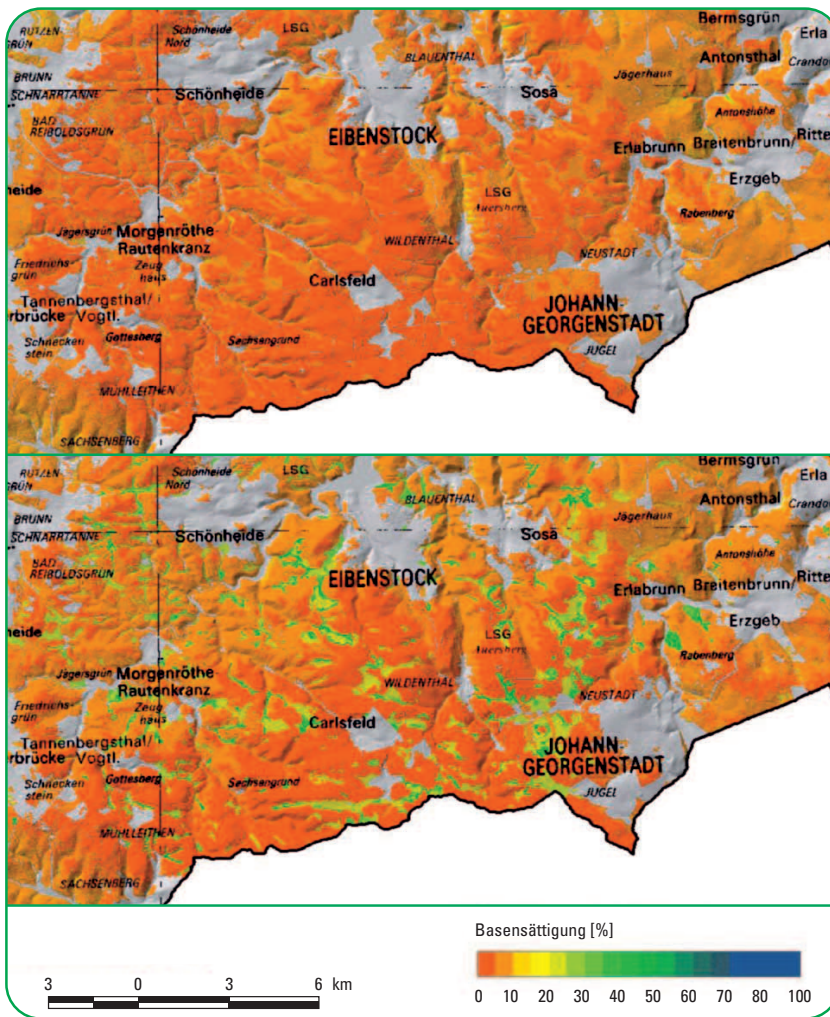


Abb. 36a, b: Regionalisierte Basensättigung im Erzgebirge in 10–30 cm (a) und 30–60 cm Mineralbodentiefe



ökologisch orientierten Wirtschaftskonzepten erscheinen die **Waldkalkungen** im Erzgebirgsbereich – im Gegensatz zu den Tieflandsstandorten – unter zwei Gesichtspunkten als eine lohnende Maßnahme: Einerseits ist die Bodenversauerung hier soweit vorangeschritten, dass Maßnahmen der Bodenmelioration notwendig erscheinen. Andererseits sind in den Waldböden noch umfangreiche Austauscherplätze zur Speicherung der mit der Kalkung eingetragenen Pufferkapazität vorhanden. Somit können auch längerfristig positive Effekte erzielt werden.

Detailliertere Informationen zur Basensättigung geben die Abb. 36a, b für einen Geländeausschnitt des Westerzgebirges im Umfeld von Eibenstock und Johanngeorgenstadt wieder. Danach sind höhere Basensättigungen an Hangfüßen sowie abnehmende Werte im Oberhang- und Kuppenbereich anzutreffen. Dies entspricht einer Modellvorstellung

zur Entbasung bzw. Nährstoffverarmung von Böden in Mittelgebirgslagen, wobei eine unterschiedlich starke Ausprägung dieses Musters im Unter- und Oberboden deutlich wird. Auch das Niveau der Basensättigung ist unterschiedlich, am geringsten ist es in 10–30 cm Tiefe. Ab 30 cm Tiefe macht sich der Einfluss des verzögerten Sickerwasserflusses auf die Höhe der Basensättigung bemerkbar und die Werte liegen teils auffällig im Bereich um 50 %.

Unter Einbeziehung von Sonderuntersuchungen (z. B. Tonmineralanalysen, Studien zur örtlichen Waldbewirtschaftung) und der Kenntnisse über die Wechselwirkungen von Depositionsbelastung und chemischer Bodenreaktion, können differenzierte Modellierungen zum Stoffhaushalt für den Zeitraum zwischen 1800 und 2100 durchgeführt werden [1]. Wichtige Aspekte dieser **dynamischen Stoffhaushaltsmodellierungen** sind neben

bodenchemischen Austausch- und Gleichgewichtsreaktionen und den entsprechenden Stoffverlagerungen die Stoffeinträge mit der Deposition, die Mineralverwitterung oder der Nährelementexport durch vormalige und zukünftige forstliche Maßnahmen. Dadurch lassen sich auch Szenarien der Waldbehandlung oder unterschiedliche Kalkungsmaßnahmen modellieren.

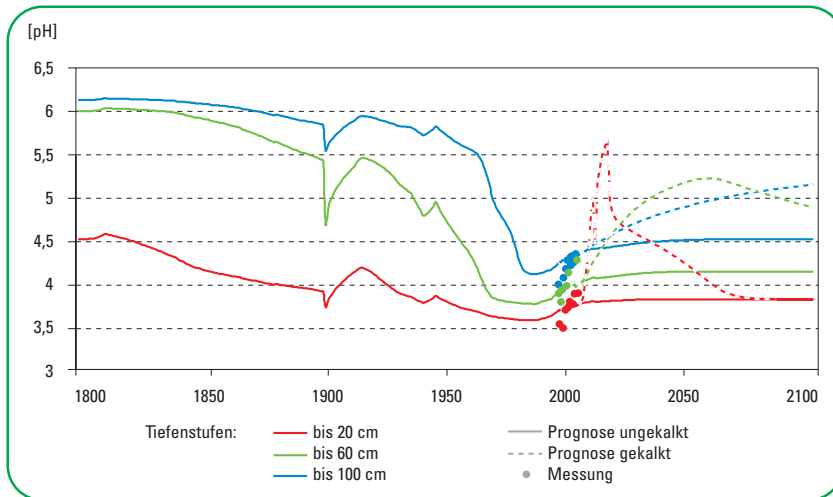
Grundsätzlich wirkt der Boden Säurebelastungen aus dem Eintrag mit den Niederschlägen („saurer Regen“) oder aus bodeninterner Säurebildung (z. B. verstärkte Nitratfreisetzung) durch diverse Puffermechanismen entgegen, die vom jeweils aktuellen bodenchemischen Zustand abhängig sind (vgl. *Wirkungen von Luftschadstoffen, Anhang*).

Im Folgenden wird für das Fichtenforstökosystem der Forstlichen Dauerbeobachtungsfläche Olbernhau die pH-Wert-Dynamik dargestellt (vgl. Abb. 37). Die pH-Kurven zeigen zwischen 1800 und etwa 1950 anfangs eine nur allmähliche und zum Ende hin verstärkte Abnahme, die von einem starken pH-Einbruch um das Jahr 1900 und dem pH-Anstieg in den vierziger Jahren unterbrochen wird. Dies erklärt sich teils aus der Wiederbegründung des Waldbestandes nach einem Kahlschlag, der eine übermäßige Mineralisierung organischer Substanz und damit einen starken mehrjährigen Versauerungsdruck auslöste. Wegen ausreichender Pufferkapazität, zunehmender Stickstoffaufnahme durch den aufwachsenden Wald und insgesamt nur geringer Umweltbelastung, konnte sich das vorherige pH-Niveau in den folgenden zwei Jahrzehnten wieder einstellen. Danach ist infolge wachsender Industrialisierung und Umweltbelastung ein verstärkter Rückgang zu beobachten, der nur durch den allgemeinen wirtschaftlichen Zusammenbruch in der Nachkriegszeit kurzfristig unterbrochen wird, sich in den folgenden Jahrzehnten allerdings noch beschleunigt.

Insbesondere wegen der tiefenabhängigen Unterschiede bei der Freisetzung basischer Kationen durch Verwitterung liegen die **pH-Werte** in tieferen Bodenschichten allgemein höher als im Oberboden. Letztlich unterschreitet jedoch die Bodenlösung aus den oberen zwei Tiefenstufen unter dem Druck der Säureinträge den kritischen Wert zum Alu-



Abb. 37: Modellerte Entwicklung der pH-Werte der Bodenlösung zwischen 1800 und 2100, pH-Wert-Änderung nach Kalkung sowie gemessene Werte in der Level-II-Fläche Olbernhau



minium-Pufferbereich von pH 4,2. Gleichzeitig verzeichnen die **Modellergebnisse** einen steilen Anstieg der Al-Konzentration in der Bodenlösung. Erst im letzten Jahrzehnt zeigt sich mit der verbesserten Umweltsituation eine Trendumkehr. Dabei ist eine hinreichend

genaue Übereinstimmung der modellierten mit den gemessenen pH-Werten der Böden in den forstlichen Dauerbeobachtungsflächen zu erkennen. Trotz der erkennbaren pH-Wert-Zunahme wird das Niveau von 1800 und auch 1900 bei weitem noch nicht wieder erreicht.

## Ernährungszustand

Grundlage des Ernährungs-Monitorings sind analytische Befunde von Nadeln/Blättern aus der belichteten Oberkrone von jeweils 9 dauerhaft markierten Probestämmen (KRAFT-Klasse 1, 2) der forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF) (vgl. Tab. 1, Anhang). Sie wurden anhand verschiedener Rahmenwerte [5, 6, 11, 12] ernährungsphysiologisch bewertet. Die Untersuchungsflächen repräsentieren typische Standorts- und Bestockungsverhältnisse in den jeweiligen Wuchsgebieten. Ernährungsuntersuchungen geben Aufschluss über die Reaktion der Bestände auf die Veränderungen von Umweltfaktoren. Neben dem langfristig „schleichenden“ Klimawandel hat sich in Sachsen während der vergangenen 10 Jahre vor allem die lufthygienische Situation dramatisch gewandelt.

## Mengenelemente

Zu Beginn der Untersuchungen 1995/96 sind die **Schwefel**-Konzentrationen in älteren Nadeln als Ergebnis der zwangsweisen Ele-

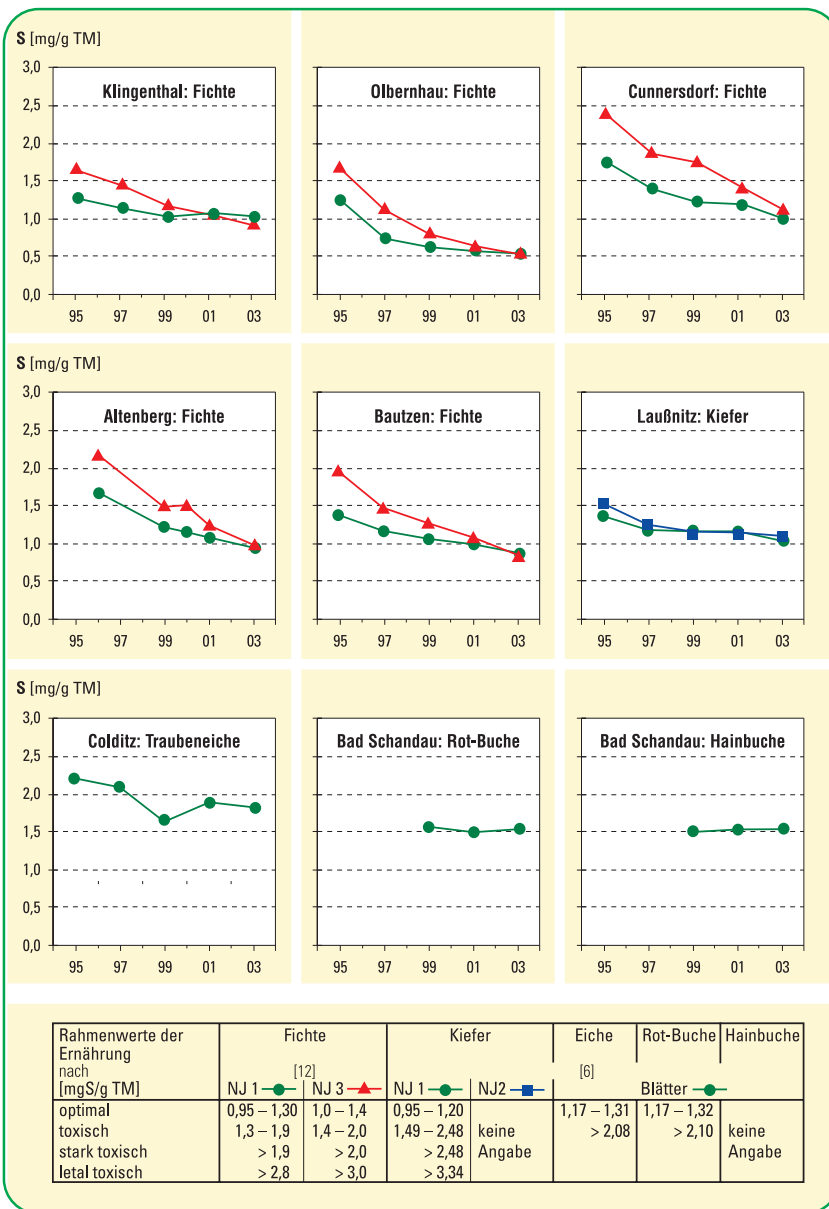
mentaufnahme aus der SO<sub>2</sub>-belasteten Luft stets höher als in einjährigen (vgl. Abb. 38). In den klassischen Immissionsschadgebieten Olbernhau, Cunnersdorf sowie Altenberg wird der Stoffwechsel der Fichten durch stark toxische S-Nadelspiegelwerte und extrem enge N/S-Quotienten (NJ1: 8,8–9,1; NJ3: 5,4–6,2) erheblich belastet (vgl. Tab. 9, Anhang). Ähnliches gilt für die Traubeneichen in Colditz. Bei den Fichten in Klingenthal und Neukirch sowie den Kiefern in Laußnitz sind beide Merkmale schwächer ausgeprägt, signalisieren aber gleichwohl toxische SO<sub>2</sub>-Immissionen. Mit deren massivem Rückgang zwischen 1997–1999 nehmen auch die S-Gehalte in den Assimilationsorganen der Bäume deutlich ab. Obwohl sich gleichzeitig auch die Schwefel-Einträge vermindern, ist das Sulfat-Angebot im Boden durch Remobilisierung langjährig temporär gespeicherter S-Vorräte anhaltend hoch (vgl. Abb. 7). Die ab 2001/03 gleich hohen S-Gehalte in einjährigen und in älteren Nadeln verdeutlichen, dass die toxische Schwefelernährung während der vergangenen Jahre durch die Aufnahme von SO<sub>2</sub> über die Assimilationsorgane

Bei Annahme einer Konstanz der gegenwärtigen Umweltbedingungen und Bestockungsverhältnisse weist das Modell als Resultat von simulierten Kalkungen mit hektarbezogenen Aufwandmengen von 4,5 t Dolomitkalk in den Jahren 2005 und 2011 einen raschen steilen Anstieg der pH-Werte bis auf 5,7 in 0–20 cm Bodentiefe aus, der bis 2080 allerdings wieder abklingt. Für die tieferen Bodenschichten prognostiziert es dagegen einen schwächeren, aber nachhaltigen Anstieg bis zu pH-Werten um 5,0 am Ende des Modellierungszeitraumes 2100. Ohne Kalkungsmaßnahmen bliebe eine Verminderung der Azidität aus.

Die vorgestellten Schätzungen sind durch konkrete standortsbezogene Untersuchungen hinsichtlich ihrer Treffsicherheit zu validieren und möglicherweise auch zu korrigieren. Sie zeigen aber die grundsätzliche Bedeutung regionalisierter bodenchemischer Befunde und dynamischer Stoffhaushaltsmodellierungen für ein differenziertes Waldökosystemmanagement auf naturwissenschaftlicher Grundlage an.

verursacht wurde und nicht aus einer Sulfataufnahme über die Wurzel resultierte. Sie liegen 2003 auf einem einheitlichen Niveau um 1,0 mg S/g Trockenmasse (TM), die N/S-Quotienten in bzw. nahe der physiologisch harmonischen Spanne von 12 bis 16. Auf diesem Niveau ist Schwefel für die Pflanzen essenzieller Nährstoff, aber kein Schadelement mehr. Das Ernährungs-Monitoring erweist sich damit als ein treffsicherer Bio-Indikator für die Schwefelbelastung der Waldbestände und signalisiert, dass die Baumartenwahl im sächsischen Mittelgebirgsraum nicht mehr durch SO<sub>2</sub>-Immissionen eingeschränkt wird. Die finanziell aufwändigen Minderungsmaßnahmen durch die Industrie o. Ä. sind ökologisch wirksam geworden. Hohe S-Blattgehalte werden für die Traubeneichen in Colditz, konstant leicht erhöhte für die Rot-Buchen in Bad Schandau ausgewiesen, bei den Hainbuchen liegen sie auf gleichem Niveau. Angesichts der niedrigen SO<sub>2</sub>-Konzentrationen resultieren sie aber wohl nicht aus einer vermehrten SO<sub>2</sub>-Aufnahme über die Blätter, sondern vielmehr aus einer SO<sub>4</sub>-Aufnahme durch die Wurzel. Beide

Abb. 38: Schwefel-Gehalte in einjährigen Nadeln bzw. Blättern (NJ1) und 2- bzw. 3-jährigen Nadeln (NJ2, NJ3) der Bestände auf den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen während der Jahre 1995/96 bis 2003



Pfade unterscheiden sich in ihrer phytotoxischen Wirkung erheblich [7]; beispielsweise weisen Forstgehölze auf Gipsstandorten ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) am Kyffhäuser substratbedingt hohe S-Gehalte in ihren Nadeln bzw. Blättern auf, ohne irgendwelche Schadsymptome zu zeigen.

Die Stickstoff-Nadelspiegel stufen sich bei allen untersuchten Fichten normal nach dem Nadelalter (NJ1 > NJ3) ab und zeigen für den 8-jährigen Beobachtungszeitraum eine mangel- und belastungsfreie Versorgung an. Die mehr oder weniger deutlich absinkenden Gehalte in Cunnersdorf, Neukirch und Alten-

berg erreichen allerdings im Jahr 2003 den Grenzbereich zum latenten N-Mangel (NJ1: 14 mg N/g TM). Bei den Kiefern in Laußnitz deuten die zeitweilig höheren Gehalte der 2-jährigen Nadeln auf ein reichliches Stickstoffangebot hin, ihre N-Ernährung ist aber insgesamt optimal. Gleiches gilt für die Rot-Buchen in Bad Schandau, deren Versorgungsniveau sich unter dem der offenbar anspruchsvolleren Hainbuchen einordnet. Auffällig und kontinuierlich hohe N-Blattsiegelwerte zeichnen die 50-jährigen Trauben-Eichen aus. Aufgrund der gleichfalls hohen S-Gehalte sind die N/S-Quotienten

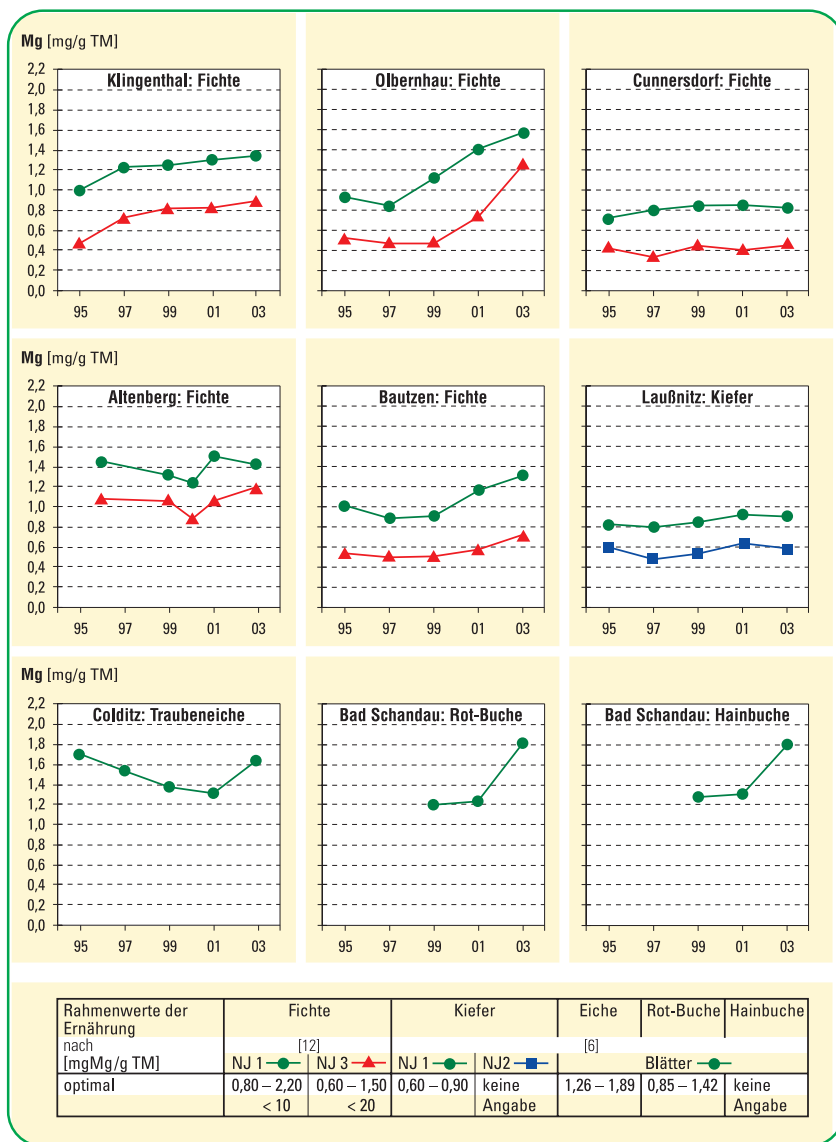
ausgeglichen, die N/P-Quotienten dagegen wegen der auf Lösslehmstandorten häufig mangelhaften Phosphor-Versorgung (1,2–1,4 mg/g TM) disharmonisch weit (vgl. Tab. 8, Anhang). Dieser Stoffwechsel-Stress macht den Bestand offenbar für wiederholten Mehltau- und Eichenwickler-Befall anfällig und kann eine Ursache für das Absterben einzelner Bäume sein. Die P-Ernährung der Rot-Buchen im Elbsandsteingebiet liegt an der Grenze zum Mangelbereich und wird gleichfalls von weiten N/P-Relationen begleitet, die der Hainbuchen ist deutlich darüber. Die untersuchten Fichten sind durchweg optimal mit Phosphor ernährt, ebenso die Kiefern. Mit Kalium sind die Kiefern in Laußnitz und – bei absinkenden Gehalten in Neukirch – alle Fichten, ebenso die Rot-Buchen in Bad Schandau optimal, die Eichen in Colditz luxuriös versorgt. Die Calcium-Ernährung der Laub- und Nadelbäume ist durchgängig optimal und zeigt bei letzteren die normale Gehalts-Abstufung mit dem Nadelalter an (NJ1 < NJ3). Reziprok (NJ1 > NJ3) gilt das auch für die Magnesium-Nadelspiegel (vgl. Abb. 39). Zu Untersuchungsbeginn 1995 bis 1997 ist die Mg-Versorgung der Fichten in Cunnersdorf, Neukirch, Olbernhau und Klingenthal mit Konzentrationen < 0,6 mg/g TM in 3-jährigen und  $\geq 0,8$  mg/g TM in rezenten Nadeln labil. Das in der Pflanze leicht bewegliche Element wird bei Ernährungs-Engpässen aus älteren Nadeln in juvenile umgelagert. Der Klingenthaler Bestand wurde 1997, Olbernhau und Neukirch wurden 1999 ungewollt von Abwehungen aus benachbarten Bodenschutzkalkungen getroffen. Sie reichten offenbar aus, um die Mg-Versorgung beider Nadeljahrgänge in den mangelfreien Bereich ansteigen zu lassen. Gleichfalls optimal versorgt sind die Fichten in Altenberg auf einem offenen Südhang. Er unterlag wahrscheinlich Mg-haltigen Ascheeinwehungen aus dem Egergraben und wurde zumindest partiell bereits früher gekalkt. Auf den genannten 4 Flächen nähern sich die ehemals disharmonischen N/Mg-Quotienten weitgehend dem physiologischen Normalbereich an. Demgegenüber leiden die Fichten in Cunnersdorf während des gesamten Beobachtungszeitraumes an N/Mg-Ernährungs-Störungen und konstantem Mg-Mangel. Über Mg-Mangelchlorosen an

ungekalkten Fichtenbeständen über Granitstandorten im sächsischen Westergebirge und ihre Ursachen informierte bereits der Waldzustandsbericht 2002 [16]. Gleiche Schadsymptome treten derzeit im böhmischen Westergebirge verbreitet auf [4]. Vor diesem Hintergrund ist die sichtbare Erholung der Fichtenbestände im sächsischen Mittelgebirgsraum während der letzten Jahre zum einen auf die Ausschaltung des Schwefels als Schadstoff durch Senkung der SO<sub>2</sub>-Immissionen, zum anderen auf die Stabilisierung der Mg-Ernährung der Bäume und die Stärkung des Puffervermögens der Waldböden durch wiederholte Bodenschutzkalkungen zurückzuführen. Die Kiefern in Laußnitz sowie die untersuchten Laubböden sind optimal mit Magnesium versorgt.

## Spurenelemente

Die zwischen den Untersuchungsorten unterschiedlich hohen **Mangan**-Nadel-/Blatt-Spiegelwerte der Fichten und Kiefern sowie der Laubbäume liegen stets im optimalen Versorgungsbereich (vgl. Tab. 8, Anhang). Letzteres gilt mit Ausnahme der schwach ernährten Rot-Buchen auch für **Eisen**. Die **Aluminium**-Konzentrationen rezenter und älterer Nadeln der Fichten und Kiefern schwanken ebenso wie die Blattspiegelwerte der Eichen und Rot-Buchen in dem für diese Baumarten bekannten Rahmen. Deutlich hebt sich davon – wie bereits beim Mangan – die Hainbuche mit sehr hohen Al-Gehalten ab. Die **Zink**-Nadelspiegelwerte der Fichten in Olbernhau und Neukirch variieren um den für einjährige Nadeln als optimal angesehenen Schwellenwert von 30 mg Zn/kg TM, in Neukirch, Cunnersdorf und Klingenthal unterschreiten sie ihn. Die Kiefern sind aus-

Abb. 39: Magnesium-Gehalte in einjährigen Nadeln bzw. Blättern (NJ1) und 2- bzw. 3-jährigen Nadeln (NJ2, NJ3) der Bestände auf den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen während der Jahre 1995/96–2003



reichend, die Trauben-Eichen luxuriös, die Rot-Buchen schwach versorgt. Die **Kupfer**-Ernährung der Nadelbäume ist optimal, die der Eichen und Rot-Buchen luxuriös. Während des Beobachtungszeitraumes sind analog zu den Schwefel- auch die **Fluor**-Kon-

zentrationen der Assimilationsorgane abgesunken; sie liegen in rezenteren und älteren Nadeln seit 2001 auf nahezu identischem Niveau (< 5 mg/kg TM) unter den phytotoxischen Schwellenwerten (8–10 mg/kg TM).

# Waldzustand in den Nachbarregionen

## Tschechisches Erzgebirge

Der Waldzustand im tschechischen Teil des Erzgebirges wurde in 20 jungen Fichtenbeständen (30- bis 50-jährig) erfasst. Den Auswertungen liegen Daten aus den Jahren 1995 bis 2003 zugrunde.

Die durchschnittliche **Kronenverlichtung** über alle Flächen erreichte 2003 den Wert von 28,1 % (vgl. Abb. 41). Dieser Wert liegt um 4,3 Prozentpunkte niedriger als 2002 und spiegelt gleichzeitig den besten Kronenzustand für den gesamten betrachteten Zeitraum wider. Im Vergleich zu 1996 hatte sich die durchschnittliche Kronenverlichtung um ca. 20 Prozentpunkte verringert. Eine Sondersituation trat im Winter 1995/96 auf. Hohe Schwefeleinträge in Kombination mit Witterungsextremen verursachten einen auffälligen Anstieg der Kronenverlichtung.

Abb. 40: Gebietsübersicht

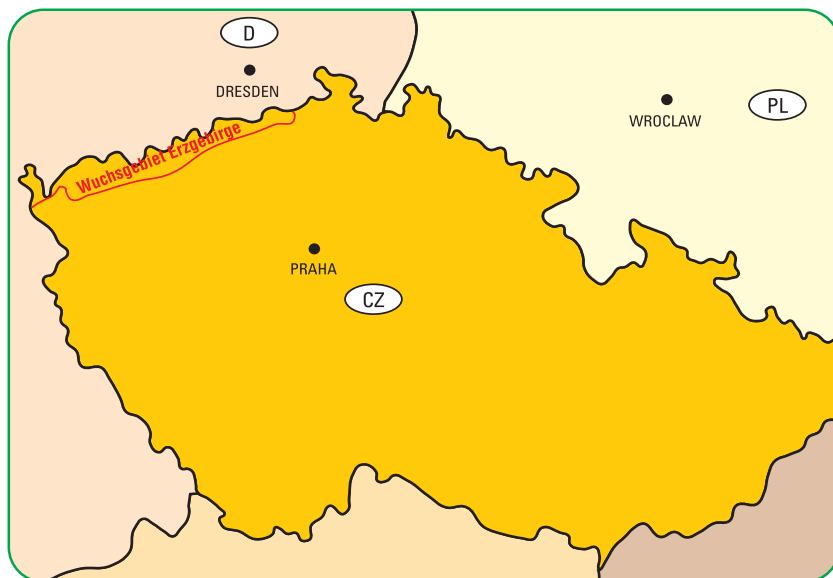


Abb. 41: Durchschnittliche Kronenverlichtung der Fichten im tschechischen Erzgebirge von 1995 bis 2003

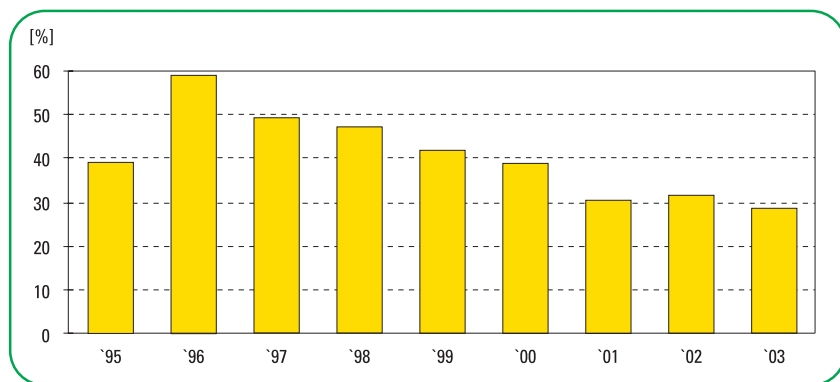
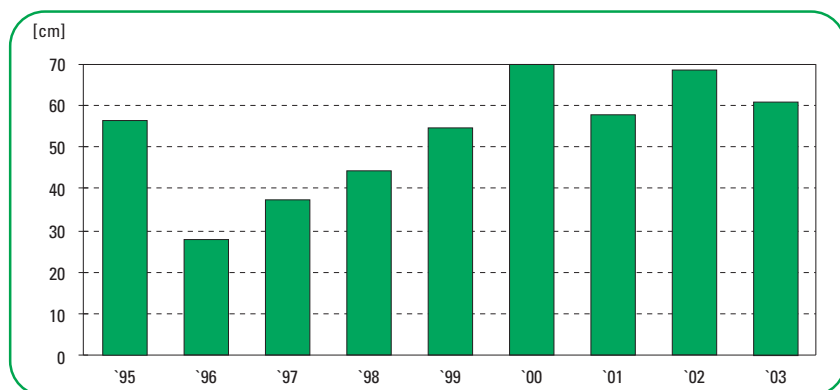


Abb. 42: Höhenzuwächse der Fichten im tschechischen Erzgebirge von 1995 bis 2003

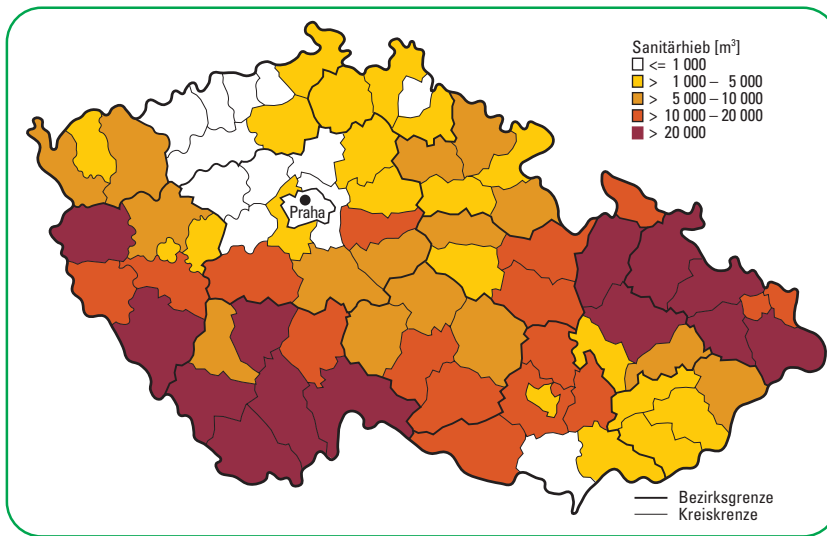


Im Jahr 2003 schwankte die durchschnittliche Kronenverlichtung zwischen den erfassten Beständen von 21,8 % bis 39,3 %. Höhere Kronenverlichtungen wurden auf den Flächen festgestellt, die in der Vergangenheit stark (mechanisch) geschädigt wurden und schwierigen klimatischen und standörtlichen Bedingungen ausgesetzt waren.

Mit abnehmender Kronenverlichtung nahm der **Höhenzuwachs** der Fichten zu (vgl. Abb. 42). Von 1996 bis zum Jahr 2000 war ein stetiger Anstieg des Höhenzuwachses zu verzeichnen, der sich schließlich auf einen Wert um 60 cm/Jahr einpegelte. 2002 erreichte er durchschnittlich 61,5 cm. Infolge der geringeren Niederschläge 2003 verringerte er sich anschließend um mehr als 7 cm. Auf den einzelnen Flächen schwankte der Höhenzuwachs zwischen 36,4 cm (Klinovec) und 78,6 cm.

Entgegen dem seit 1994 beobachteten Trend [16] waren 2003 die **Elementgehalte** in den recenten Nadeln – insbesondere von Schwefel – in einigen Gebieten wieder leicht angestiegen. Sie schwankten von 844 mg/kg bis 1421 mg/kg und lagen damit im Bereich einer leichten Belastung. Die geringen Niederschläge 2003 beeinflussten auch die Nähr-

Abb. 43: Sanitärhiebe aufgrund von Borkenkäferbefall bei der Fichte in den Landkreisen und Bezirken Tschechiens 2003



stoffvorräte in den Nadeln. Im Jahr 2003 nahmen die durchschnittlichen P-, K-, Ca- und Zn-Gehalte in Nadeln gegenüber 2002 ab, liegen aber noch im Bereich einer mangelfreien Ernährung. Ein langjähriger Trend ist nicht erkennbar. Die Mg-Gehalte in den Nadeln sind allerdings besonders im südwestlichen Teil des Erzgebirges immer noch relativ niedrig. Nach der trockenen Vegetationsperiode 2003 trat auf 3 Flächen Mg-Mangel auf. Der leichte Anstieg der Mg-Gehalte gegenüber 2002 resultierte aus der positiven Wirkung der Ausbringung von Dolomitskalkstein und magnesiumhaltigen Düngemitteln. Die systematische **Kalkung** der Waldbestände im tschechischen Teil des Erzgebirges wird seit dem Jahr 2000 (2000: 10 007 ha,

2001: 7 216,77 ha, 2002: 9 027,16 ha) durchgeführt. Für 2003 waren Kalkungsmaßnahmen auf einer Fläche von 9 177 ha geplant. Aufgrund der negativen Auswirkungen der Trockenheit wurden die vorgesehenen Gelder jedoch für den Ausgleich von Trockenschäden eingesetzt und die Kalkungsmaßnahmen auf 2004 verschoben. Bei der **Mg-Düngung** wurde in den vergangenen Jahren am häufigsten das Mg-Düngemittel Silvamix Mg-F4 in Pulverform appliziert mit dem Ziel, allmählich Mg und weitere Nährstoffe einzubringen. Vorrangig wurden junge Bestände behandelt sowie Bestände, in denen in der Vergangenheit eine maschinelle Bodenvorbereitung durchgeführt wurde. Die gesamte, 2003 behandelte Fläche betrug

600 ha und wurde mit 300 kg/ha dosiert. Im Forstamt Kraslice wurde auf einer Fläche von 76 ha der Einsatz eines Dolomitskalksteins getestet, der durch weitere Nährstoffe und Mineralstoffe (K, B, Zn, Mo) angereichert war. Der Dolomit wurde in der Dosierung von 3 t/ha eingesetzt.

Im tschechischen Teil des Erzgebirges traten 2003 keine bedeutenden **biotischen Schäden** in den Fichtenbeständen auf. Nur in den unteren Berglagen verursachte die Kleine Fichtenblattwespe (*Pristiphora abietina* Christ.) geringe Schäden an Fichtennadeln. Buchdrucker (*Ips typographus* L.) und Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus* L.) traten nur in niedrigen Dichten auf. Im Vergleich zu anderen Regionen gehörte das Erzgebirge zu den Gebieten, die am wenigsten von Schäden durch Borkenkäfer betroffen waren (vgl. Abb. 45).

In unteren Berglagen, am Rande des Böhmisches Beckens, wurden erste Anzeichen einer Aktivierung des dunklen Hallimaschs (*Armillaria ostoyae*) festgestellt. Im Zusammenhang mit der extremen Trockenheit sind die von Hallimasch befallenen Bäume besonders disponiert gegenüber Borkenkäfern. An den anderen Baumarten wurden ebenfalls keine umfangreicheren Schäden durch Borkenkäfer oder Pilzkrankheiten festgestellt. In der gesamte Region treten nach wie vor hohe Wildschäden auf. Demzufolge wachsen Laubbäume nur auf gezäunten Flächen bzw. mit individuellem mechanischen oder chemischen Schutz.

# Bereich der polnischen Forstdirektion Wrocław

Beschrieben wird die Entwicklung des Waldzustandes im Bereich der Forstdirektion der Staatsforsten (RDLP) Wrocław [2, 8, 9, 10, 13], deren Grenzen nahezu identisch mit der Wojewodschaft Niederschlesien sind. Die bewaldete Fläche beträgt ca. 550 000 ha.

Die **Immissionsbelastung** durch SO<sub>2</sub> und NO<sub>2</sub> hat Anfang/Mitte der 90er Jahre in den Wuchsgebieten Schlesien und Sudeten erheblich abgenommen (vgl. Abb. 45). Die SO<sub>2</sub>-Jahresmittel liegen heute deutlich unter dem für Ökosysteme kritischen Schwellenwert von 20 µg/m<sup>3</sup> Luft, die NO<sub>2</sub>-Jahresmittel unter dem Grenzwert der UN/ECE von 30 µg/m<sup>3</sup> Luft. Momentan ist wieder ein leichter Anstieg von NO<sub>2</sub> zu beobachten, während SO<sub>2</sub> weiterhin rückläufig ist. Die Zunahme der NO<sub>2</sub>-Konzentration resultiert wahrscheinlich aus den höheren Emissionen in niederen Lagen, die durch steigendes Verkehrsaufkommen verursacht werden.

Der Gesundheitszustand des Waldes wird anhand des **Kronenzustandes** – als Resultat vielfältiger Einflussfaktoren – bewertet und dokumentiert. Im betrachteten Zeitraum hat sich das Schadniveau des Waldes in der RDLP Wrocław erheblich verändert. Seit 1995 wird eine Verbesserung des Benadelungs-/ Belaubungszustands der Bäume registriert. Dramatisch war die Entwicklung der deutlichen Schäden (Schadstufe 2 bis 4) bis Mitte der 90er Jahre. Ausgehend von einem hohen Schadniveau von fast 50 % im Jahr 1989 stieg der Anteil weiter auf 87 % im Jahr 1994 und erreichte hier das Maximum. Eine ähnliche Tendenz wurde auch für die starken Schäden (Schadstufe 3) beobachtet (1994: 7,5 %). Seitdem gingen die Schäden kontinuierlich zurück und fielen 2002 mit 36 % (deutliche Schäden) unter das Ausgangsniveau (vgl. Abb. 46). Tote Bäume sind nur noch wenige zu finden. Gegenläufig zu diesen Veränderungen verhalten sich die leichten Schäden. Allerdings ist auch der Anteil gesunder Bäume gering. Er schwankt im gesamten betrachteten Zeitraum von fast 0 % (1995) bis 9 % (1989); seit 1998 zwischen 5 und 7 %.

Für die in Abb. 47 dargestellten Baumarten gelten diese allgemeinen Aussagen zur Schadentwicklung analog. Allerdings werden die verschiedenen Baumarten in ihrer Vitalität sehr unterschiedlich beurteilt. Das Schadniveau

Abb. 44: Gebietsübersicht



Abb. 45: SO<sub>2</sub>- und NO<sub>2</sub>-Jahresmittelkonzentration (Oktober bis September) in den Wuchsgebieten Schlesien (7 Stationen) und Sudeten (6 Stationen) von 1995/96 bis 2001/02

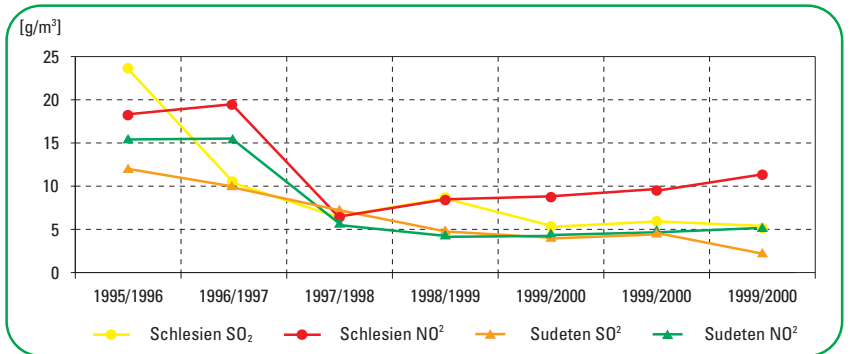
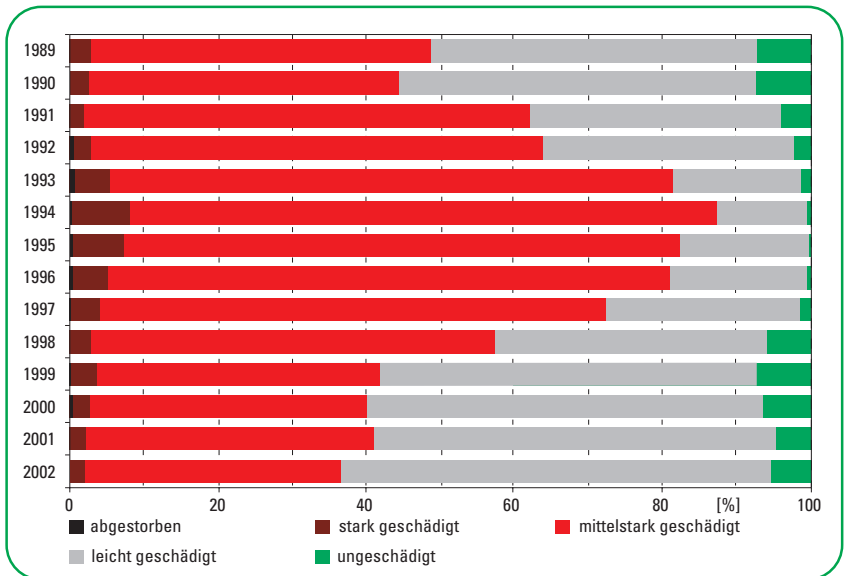


Abb. 46: Schadstufenverteilung in über 40-jährigen Waldbeständen des RDLP Wrocław von 1989 bis 2002 (EU-einheitliche Schadstufenklassifikation)



wird exemplarisch an den Werten des Jahres 2002 verglichen. Während die Buche die geringsten Schäden aufwies (4 % deutliche Schäden und 18 % gesund), wurden die ande-

ren Baumarten wesentlich schlechter eingestuft. Die Nadelbaumarten lagen etwa auf dem Durchschnittsniveau aller Baumarten und hatten einen Anteil deutlicher Schäden von 36 %

Abb. 47: Schadstufenverteilung der Hauptbaumarten in den Wäldern der RDLP Wrocław 2002

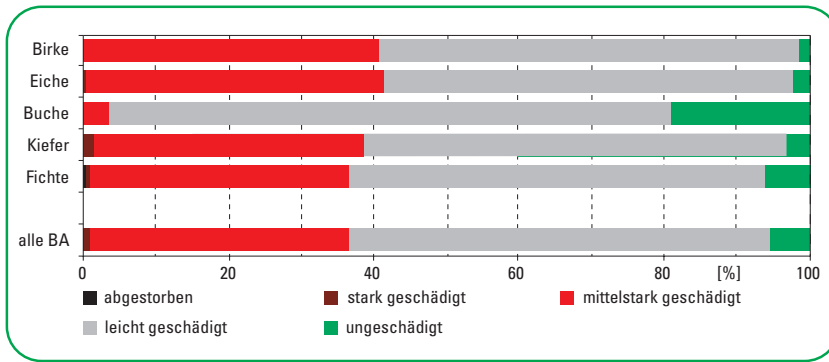
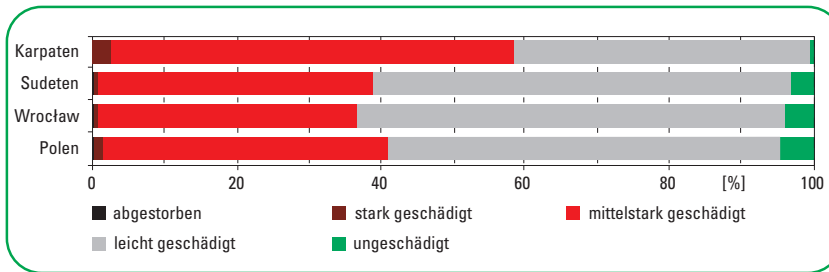


Abb. 48: Schadstufenverteilung der Fichten in verschiedenen territorialen Einheiten 2002

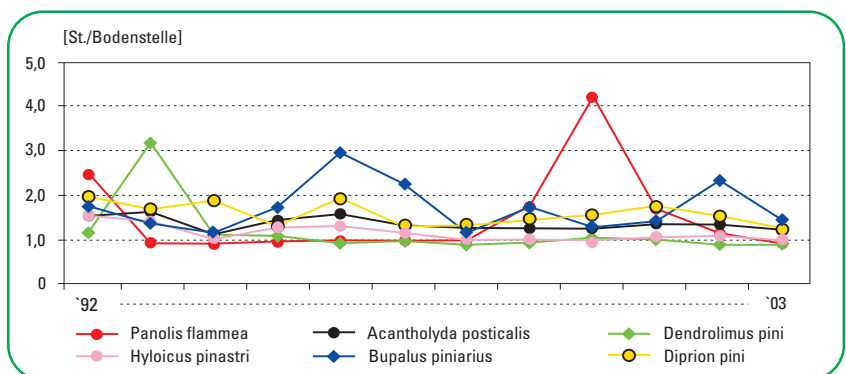


(Fichte) bzw. 38 % (Kiefer). Gesunde Fichten wurden zu 6 %, gesunde Kiefern zu 3 % registriert. Bei den Laubbaumarten Eiche und Birke beträgt der Anteil deutlicher Schäden 42 bzw. 41 %. Nur 3 % der Eichen und 2 % der Birken gelten in der RDLP Wrocław als gesund. Im Vergleich der über 40-jährigen Fichten in verschiedenen territorialen Einheiten (vgl. Abb. 48) ergibt sich folgende Bewertung: Die RDLP Wrocław hat im Vergleich zum Landesdurchschnitt für Polen ähnliche Anteile gesunder Fichten, dagegen aber 5 % weniger deutliche Schäden. Im Wuchsgebiet Sudeten, in der RDLP Wrocław gelegen, sind die deutlichen Schäden mit 39 % etwas höher als in der gesamten RDLP. Dagegen sind die gesunden Bäume nur noch mit 4 % vertreten. In dem östlich gelegenen Wuchsgebiet Karpaten ist der Waldzustand erheblich schlechter. Mit 58 % liegen hier die deutlichen Schäden extrem hoch, dagegen sind gesunde Bäume mit unter 1 % kaum vertreten.

Trockenheit oder Hochwasser schädigten in den letzten Jahren Waldbestände der RDLP Wrocław direkt bzw. waren Auslöser für die vermehrte Entwicklung **biotischer Schadereger**. Dies machte Sanitärhiebe sowohl bei Nadelbäumen als auch verstärkt bei Laubbäumen notwendig (vgl. Tab. 11 und 12, Anhang). Von Oktober 2002 bis September 2003 fielen insgesamt 680 000 m<sup>3</sup> Holz durch Sanitärhiebe

an, mehr als doppelt so viel wie 2002. Von dieser Holzmenge waren 111 400 m<sup>3</sup> durch Sekundärschädlinge befallen (2002: 69 000 m<sup>3</sup>). Die Gefährdung durch Sekundärschädlinge zeigt eine stark steigende Tendenz. Beteiligt sind die Arten Blauer Kiefernprachtkäfer (*Phaenops cyanea* L.), Großer Waldgärtner (*Tomicus piniperda* L.) sowie regional auf großen Flächen der Sechszähne Kiefernborckenkäfer (*Ips acuminatus* Gill.). In den Sudeten und im Tiefland treten sehr häufig Buchdrucker (*Ips typographus* L.), Kleiner achtzähliger Fichtenborckenkäfer (*Ips amitinus* Eichh.) und Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus* L.) auf. Stärkeren Befall durch Sekundärschädlinge gab es in den Jahren 1984–1989 in den Westsudeten als Folge sehr hoher Luftverschmut-

Abb. 49: Ergebnisse der Herbstbodensuchen nach Raupen und Puppen der Kieferfoliophagen von 1992 bis 2003



zung und ausgeprägter Trockenjahre. Die Buchdruckergradation endete dort seinerzeit mit dem Absterben der Baumbestände auf einer Fläche von 11 000 ha, wurde aber auch in den Mittel- und Ostkarpaten festgestellt. Die Prognosen für das Jahr 2003 (vgl. Abb. 49) zeigten einerseits einen kontinuierlichen Anstieg des Vermehrungspotenzials der Nonne (*Lymantria monacha* L.), andererseits eine abnehmende Gefahr durch andere Nadelfresser an der Kiefer, wie z. B. Forleule (*Panolis flammea* Schiff.), Kiefernspinner (*Dendrolimus pini* L.), Kiefernspanner (*Bupalus piniarius* L.). Die ermittelten Schädlingdichten gehören zu den niedrigsten im analysierten Zeitraum und stellen keine Gefährdung für die Bestände dar. Seit einigen Jahren sind in den Eichenwäldern der RDLP Wrocław Rhyacionia und andere begleitende Schmetterlingsarten in verschiedener Intensität anzutreffen. Die letzte Bekämpfung fand im Jahr 2000 in neun Oberförstereien auf einer Fläche von 5 043 ha statt. Wildschäden werden durch intensive Schutzmaßnahmen, wie z. B. Zäunen von Forstkulturen und Jungbeständen sowie Einzelschutz, verringert. Erhebungen zeigen, dass seit einigen Jahren (1990 = 100 %) die Populationen des Rot- und Schwarzwildes ständig ansteigen: Rotwild um 50 % (Vorjahr: 58 %), Damwild um 247 % (Vorjahr: 59 %), Rehwild um 69 % (Vorjahr: 61 %), Wildschweine um 230 % (Vorjahr: 172 %). Nur der Muffelwildbestand ist mit 67 % auf gleichem Niveau wie im vergangenen Jahr. Der Abschussplan wurde nicht realisiert. Der jetzige Rotwildbestand könnte – besonders durch schlechte ökonomische Ergebnisse bei notwendiger Kostenreduktion – den Waldumbau gefährden.

# Aktuelle Massenvermehrung der Borkenkäfer

## Biologie und Ökologie

In Europa gibt es etwa 150 Borkenkäferarten. Hinsichtlich ihres Brutraumes können Sie in **Rinden-** und **Holzbrüter** unterschieden werden. Aus ökologischer und auch ökonomischer Sicht ist eine Einteilung nach den Wirtspflanzen, z. B. Laub- oder Nadelbaumarten bzw. Fichte oder Kiefer, wichtig. Im natürlichen Kreislauf der Waldentwicklung haben sie eine wichtige Funktion als Konsumenten bzw. Destruenten.

Die Lebensweise ist für alle Arten ähnlich. Nach dem Aufsuchen und Anfliegen geeigneter Bruthabitate bohren (fressen) sich die Käfer in ihr bevorzugtes Pflanzenteil ein und die Weibchen legen nach der Kopulation Eier. Die daraus schlüpfenden Larven fressen dann einen Gang im Brutraum. Einige Arten leben von Pilzsporen mit denen das Holz durch die Elternkäfer infiziert wurde. Bedingt durch die Artspezifität des Befallsortes und die Form der Fraßgänge ist damit bereits eine Artbestimmung möglich. Gesunde Bäume haben die Möglichkeit, z. B. durch Harzfluss, einen derartigen Befall abzuwehren. Viele Arten besiedeln deshalb geschwächte oder bereits abgestorbene Bäume.

Abb. 50: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Buchdruckers



Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Käfergruppe resultiert aus den Fähigkeiten einiger Arten

- in einem Jahr mehrere Generationen und/oder so genannte Geschwisterbruten hervorzubringen, was ein enormes Vermehrungspotenzial darstellt und
- gesunde Bäume zu besiedeln, die einem Massenangriff nicht standhalten und durch die Zerstörung oder Schädigung von

wichtigen Gewebeteilen anschließend absterben.

Die Holzbrüter besiedeln liegendes Holz oder stark vorgeschädigte Bäume bzw. Baumteile. Ihre verfärbten Gänge mindern den Wert des Holzes.

Als Bestandteil des Ökosystems Wald haben Borkenkäfer eine Reihe natürlicher Gegenspieler. Dazu gehören Krankheitserreger, wie Bakterien, Pilze und Einzeller, aber auch Räuber in Form anderer Käferarten (z.B. Ameisenbuntkäfer) sowie Vögel (Spechte) und Schmarotzer (parasitierende Wespenarten). Nach bisherigen Beobachtungen beenden Gegenspieler jedoch eine Massenvermehrung nicht. Neuere Untersuchungen mit einem insektenpathogenen Pilz (*Beauveria bassiana* Vuill.) führten bisher nicht zu einem praktikablen Bekämpfungsverfahren.

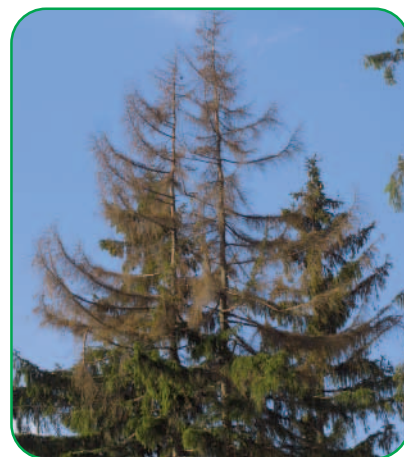
Bedingt durch die aktuelle, von Fichte und Kiefer geprägte Baumartenzusammensetzung in Sachsen kommt den Borkenkäferarten, die diese Baumarten als Wirtspflanze nutzen und Massenvermehrungen hervorbringen können, die größte Bedeutung zu. An Fichte sind dies der Buchdrucker (*Ips typographus* L.) und der Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus* L.) und an Kiefer der Zwölfszähne (*Ips sexdentatus* Boern.) sowie der Sechszähne Kiefernborkekäfer (*Ips acuminatus* Gyll.). Das Holz beider Baumarten wird vom Gestreiften Nutzholzborkenkäfer (*Trypodendron lineatum* Ol.) befallen. Lärchenbestände sind vom Großen Lärchenborkekäfer (*Ips cembrae* Heer.) bedroht. Ein Befall durch Käferarten aus anderen Familien, wie z. B. Prachtkäfer und Bockkäfer, äußert sich teilweise durch vergleichbare Schäden/Symptome.

## Buchdrucker und Kupferstecher

Beide Arten gehören verschiedenen Gattungen an. Mit einer Größe von 4,2–5,5 ist der Buchdrucker deutlich größer als der nur

1,8–2,0 mm messende Kupferstecher. Beide sind Rindenbrüter, die vorwiegend die Fichte befallen. Dabei bevorzugt der Buchdrucker alte (über 60 Jahre) dickrindige Bäume und der Kupferstecher jüngere (unter 60 Jahre) Bäume bzw. die Krone und Äste von älteren Fichten. Da sie unterschiedliche „ökologische Nischen“ besetzen, können sie auch gleichzeitig an einem Baum auftreten. Die mit dem Befall durch eine Art einhergehende Schwächung des Baumes erleichtert der zweiten Art die Besiedelung. Meist ist der Buchdrucker der Erstbesiedler. Eine erfolgreiche Besiedelung durch Kupferstecher setzt offensichtlich eine stärkere Schwächung des Wirtsbaumes voraus als dies beim Buchdrucker der Fall ist. Das sternförmige Brutbild des Kupferstechers unterscheidet sich deutlich von dem aus 1–3 Längsgängen bestehenden Brutbild des Buchdruckers.

Abb. 51a, b: Typischer Befall durch Buchdrucker bzw. Kupferstecher





## Befallsentwicklung am Beispiel des Buchdruckers

Der Käfer- und Larvenfraß vollzieht sich vorrangig in der Bast- und Rindenschicht der Rinde, das Holz wird z. T. geringfügig gefurcht (dünne Rinde). Durch den Fraß der vielen Larven wird der Phloemstrom des Baumes, der die Assimilate der Nadeln im Wesentlichen von oben nach unten transportiert, unterbrochen und der Baum beginnt auszutrocknen. Die Rinde löst sich (forciert durch Spechte auf Larvenjagd) und fällt ab. Da die Wasserleitung (Xylemstrom) im Holz zunächst noch funktioniert, bleiben die Nadeln noch eine gewisse Zeit grün. Verfärben sich die Nadeln rot, sind die jungen Käfer meist schon ausgeflogen. Die Dauer des Absterbeprozesses hängt vom Zeitpunkt des Befalls (April/Mai: Anlage 1. Generation, Juli/August: Anlage 2. Generation, dazwischen Geschwisterbruten) und den anschließenden Witterungsbedingungen ab. Er kann sich bis ins nächste Frühjahr erstrecken.

Der Massenbefall führt zum Absterben der besiedelten Bäume. Befallen werden Bäume etwa ab einem BHD von 20 cm (bzw. ab Alter 60 Jahre). Neben Einzelbäumen kommt es meist zur Besiedlung mehrerer nebeneinander stehender Bäume. Bei ungehinderter Ausweitung entstehen daraus größere Befallsherde, die ineinander übergehen. Am Ende ist der Befall flächig bzw. wandert frontartig weiter und führt damit zum Absterben der Bestände.

Da der Käfer- und Larvenfraß im Wesentlichen nur im Bast erfolgt, entsteht am Holz in der Regel kein Schaden. Werden die Bäume jedoch nicht rechtzeitig nach dem Befall eingeschlagen, treten Bläue- oder andere Pilze auf (z. T. durch den Käfer übertragen), die eine Holzwertung bewirken.

Zu Massenvermehrungen kommt es, wenn viel bruttaugliches Material (z. B. nach Sturmwurf) im Wald verbleibt und/oder im Sommer eine trockene, warme Witterung herrscht. Die Käferdichten können dann aufgrund des enormen Vermehrungspotenzials so stark ansteigen, dass auch gesunde Bäume dem Angriff nicht standhalten und absterben. Aus einem Käferpaar können innerhalb von 3 Generationen, die sich in einem optimalen Sommer entwickeln können, 16 000 Käfer hervorgehen. Bei der Ablage von mehr als

40 Eiern je Weibchen in Geschwisterbruten erhöht sich diese Anzahl nochmals.

Die gegenwärtig noch vorherrschenden Bestandesstrukturen in Form gleichaltriger Reinbestände erhöhen das Risiko zusätzlich. Für die Fichte stellen nichtstandortgemäße Anbauten, vor allem auf wechselfeuchten Standorten im Hügelland und auf trockenexponierten Lagen sowie die latente Schädigung durch die Bodenversauerung im Erzgebirge zusätzliche Gefährdungsfaktoren dar.

## Befallssymptome

Der Borkenkäferbefall weist eine Reihe typischer Merkmale auf. Diese treten zeitlich nacheinander und mit unterschiedlichen Intensitäten auf.

Von Buchdrucker und Kupferstecher stark befallene Bäume sterben ab. Eine „Heilung“ ist nicht möglich. Um jedoch eine Ausweitung des Befalls zu stoppen bzw. diese zu verlangsamen muss verhindert werden, dass die Jungkäfer den Befallsbaum verlassen und frische Bäume besiedeln. Der rechtzeitigen Erkennung frisch befallener Bäume oder Hölzer kommt deshalb eine Schlüsselrolle zu. In Abhängigkeit vom Befalls- und Entwicklungsfortschritt der Brut bieten sich verschiedene Sanierungsmöglichkeiten befallener Bäume an.

## Sanierungsmöglichkeiten

- **Abtransport** des Befallsholzes aus dem Wald (mindestens 500, besser 2 000 m von Fichtenbeständen),
- **Entrindung**, wenn die Käferbrut noch als Ei, Larve oder Puppe („weiße Stadien“) vorliegt, die danach absterben,
- **Häckeln** von schwächeren Bäumen und Ästen (besonders bei Kupferstecherbefall)
- **Verbrennen** von befallener Rinde und Ästen
- **Insektizidbehandlung** mit zugelassenen Präparaten durch sachkundige Anwender unter Beachtung aller Auflagen.

Im Sinne der Guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz stellt diese Reihenfolge auch eine Rangfolge dar.

Abb. 52: Typische Symptome des frischen Buchdrucker-Stehendbefalls



braunes Bohrmehl auf der Rinde



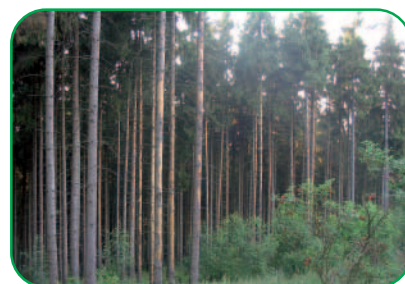
braunes Bohrmehl am Stammfuß



Abfall der Nadeln



Abfallen größerer Rindenstücke



Abfallen der Rinde bei noch grüner Krone

## Prophylaktische Maßnahmen

Zur Vermeidung des Befalls durch Buchdrucker und auch Kupferstecher gilt der Spruch „Wehret den Anfängen“ im besonderen Maße. Mit dieser Strategie bleibt das Befallsrisiko gering und ist in gewisser Weise kalkulierbar. Da die Witterung nicht beeinflussbar ist, kann nur das Brutraumangebot möglichst minimiert werden. Deshalb stellt die umfassende Beseitigung bruttauglichen Materials aus dem Wald die wirkungsvollste Maßnahme zur Vorbeugung bzw. zur Einschränkung von Buchdruckerschäden dar. Das wird auch als saubere Waldwirtschaft bezeichnet. Sie beinhaltet die rechtzeitige Aufarbeitung und Abfuhr von Wurf- und Bruchholz sowie der geernteten Holzsortimente aus dem Winterhalbjahr vor deren Befall. Durch Entrindung, Nass- oder Trockenlagerung können diese Bruthabitate ebenfalls vor einem Befall geschützt werden. Nicht nutzbare Sortimente können durch Mulchen, Häckseln oder Verbrennen von einem Befall ausgeschlossen werden.

Langfristig ist durch die Schaffung von Mischwäldern das Risiko reduzierbar. Ein geringeres Wirtsbaumangebot, bestehend aus vitalen (widerstandsfähigen) Fichten und für den Käfer ungünstigeren Mikrostandorten (z. B. Bestandesinnenklima und Art der Bodenstreu als Überwinterungsquartier) machen eine großflächige Massenvermehrung unwahrscheinlich. Bei sehr hohem Befallsdruck bietet das jedoch auch keinen absoluten Schutz. Beobachtungen zeigen, dass in den Mischbeständen der Buchdrucker selektiv die Fichten befällt. Aber dort bleibt im Gegensatz zu gleichaltrigen Reinbeständen ein Wald erhalten.

Abb. 53: Befall im Larvenstadium gestattet verschiedene Sanierungsmöglichkeiten



Der Buchdrucker sucht insbesondere nach der Überwinterung ganz gezielt geeignete Bruthabitate auf. Mit so genannten **Fangbäumen**, das sind aus Wüfen oder Brüchen bzw. zum Ende des Winters geschlagene Bäume, wird diese Verhaltensweise der Käfer genutzt und der Befall auf diese konzentriert. Die anschließende Sanierung der besiedelten Fangbäume erfolgt dann mit den verschiedenen Verfahren. Baumspezifische Unterschiede in der Lockwirkung und ein begrenztes Aufnahmevermögen sowie die Möglichkeit zur Anlage von Geschwisterbruten durch die Altkäfer in Nachbarbäumen sind „Schwachpunkte“ dieses traditionellen Verfahrens.

Mit der Entdeckung der Pheromone und ihrer künstlichen Synthese ergaben sich neue Möglichkeiten zur gezielten Konzentration der Käfer. So können diese künstlichen Lockstoffquellen mit geeigneten **Fallen** zur Reduktion der Käferdichte eingesetzt werden. Ihre Fangkapazität ist unbegrenzt. Die Anzahl gefangener Käfer erscheint jedoch oft gering im Vergleich zu den enormen Populationsdichten. Fallen sollten vorrangig zur lokalen Reduktion des Stehendbefalls an den im Vorjahr aufgetretenen Befallsstellen eingesetzt werden, wenn sich dieser noch nicht großflächig etabliert hat. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der künstlichen Lockstoffquellen sind **Fangholzhaufen**. Diese erfordern jedoch im Gegensatz zu den mechanisch wirkenden Fallen den Einsatz eines Insektizides. Unter ungünstigen Bedingungen und besonders bei falscher Anwendung führen die mit den Pheromonen geschaffenen künstlichen Käferkonzentrationen zu einer Befallsinduktion an benachbarten Fichten, also dem gegenteiligen Effekt.

Alle Verfahren sind Bestandteil des integrier-

Abb. 54: Befallsholz vorm Abtransport neben ungefährdetem Buchenbestand gelagert



Abb. 55: Begleitende Maßnahmen zur Vermeidung von neuem Stehendbefall



Fangbaum



Falle



Fangholzhaufen

ten Pflanzenschutzkonzeptes gegen Buchdrucker und Kupferstecher. Sie lösen jedoch die Probleme einer Massenvermehrung allein nicht. Außerdem sind sie an bestimmte Ausgangsbedingungen des Vorbefalls gebunden und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit schwierig zu bewerten. Der Einsatz aller Verfahren setzt gewisse Erfahrungen beim Anwender voraus und erfordert z. T. einen erheblichen finanziellen und personellen Aufwand. Durch die Anwendung von Fallen und z. T. durch den Einsatz von Fangbäumen ist auch eine **Überwachung** der jeweils aktuellen Käferentwicklung und -aktivität möglich. Im Sommer 2004 wurde dies im Internet wöchentlich aktuell für ausgewählte Standorte dargestellt.

# Aktuelle Situation

Aufgrund seiner wirtschaftlichen Bedeutung und des hohen Anteils von Fichtenreinbeständen war und ist der Buchdrucker der gefährlichste Forstschädling in Sachsen. Die bisher größte Massenvermehrung vollzog sich nach dem 2. Weltkrieg. In den 3 Jahren 1946 bis 1948 wurden insgesamt ca. 600 000 m<sup>3</sup> Fichtenholz befallen. Das entspricht etwa 2/3 des derzeitigen Jahreseinschlages aller Holzarten im sächsischen Staatswald. Seit 1968 liegen Angaben zu den jährlichen Befalls-holz-mengen vor (vgl. Abb. 56).

Diese lange Zeitreihe verdeutlicht das für Insektenmassenvermehrungen typische peri-odische Auftreten. Relativ regelmäßig (etwa in der Mitte eines Jahrzehnts) erreichte der Befall ein Maximum, wobei dieses unterschiedliche Befallsmengen verursachte. Neben der zeitlichen Variation der Befalls-intensität treten auch räumliche Unter-schiede auf. So konzentrierte sich der Befall Mitte der 80er Jahre auf das Erzgebirge und stand im engen Zusammenhang mit den SO<sub>2</sub>-bedingten Waldschäden. Im Vogtland konzentrierte sich der Befall auf die Trockenjahre 1976 und 2003. In anderen Regionen kam es erstmals 2003 zu einem nennenswerten Bor-kenkäferbefall an Fichte. Eine kontinuierlich steigende Tendenz des Befalls in Regionen, wo die Fichte zu einem hohen Anteil unstand-ortsgemäß ist, deutet auf einen klimabeding-ten Effekt hin.

Im Winter 2002/03 kam es mit 138 000 m<sup>3</sup> Wurf- und Bruchholz speziell im Erzgebirge zu einem überdurchschnittlichen Anfall bruttauglichen Materials für die Borkenkäfer

an Fichte. Entsprechend der bewährten inte-grierten Bekämpfungsstrategie wurden davon bis zum Beginn des Schwarmfluges der Käfer im Frühjahr 2003 ca. 85 % beräumt. Diese prophylaktische Maßnahme und der geringe Ausgangsbestand an überwinterten Käfern aus dem Vorjahr hatten wahrschein-lich einen positiven Einfluss auf die weitere Befallsentwicklung. Der extrem warme und trockene Sommer 2003 löste eine großräu-mige Massenvermehrung des **Buchdruckers** aus. Neben idealen Entwicklungsbedingun-gen für den Käfer erhöhte der Trockenstress die Befallsgefährdung der Fichten bei gleich-zeitiger Verringerung ihres natürlichen Abwehrvermögens in Form des Harzflusses. Gebietsweise standen auch Reste bruttaug-lichen Materials in Form von Wurf- und Bruchholz aus dem Winter 2002/2003 und Restholz nach vorangegangenen Durchforstungen zur Verfügung. Das hohe Vermeh-rungspotenzial des Buchdruckers spiegelte sich neben der vollständigen Entwicklung von 2 Generationen, insbesondere durch eine sehr intensive Anlage von Geschwisterbruten wider. Parallel zum Buchdrucker kam es auch zu einer Massenvermehrung des Kup-ferstechers. Dessen Befall im Kronenbereich von Altfichten, der gebietsweise zum Abster-ben der Fichten oder Teilen der Krone führte, war in dieser Intensität bisher nicht aufge-treten. Gleiches gilt für den Befall in jünge-ren und mittelalten Fichtenbeständen. Bisher untypisch war der alleinige Befall des Kup-ferstechers in älteren Fichten ohne das Zusammenwirken mit dem Buchdrucker.

Diese Rolle des Kupferstechers als weitere wesentliche Ursache für den sehr umfang-reichen Befall ist auf die trockenheits-bedingte Schwächung der Fichten zurück-zuführen. Auf extrem dürregefährdeten Standorten starben Fichten nur infolge des Wassermangels ab. Die bis Ende Mai 2004 registrierte Menge befallener Bäume von ca. 126 000 m<sup>3</sup> entspricht etwa dem 50fachen des Vorjahreswertes.

Der Befall konzentrierte sich auf Fichtenbe-stände in den Unteren Berglagen und das Hügelland mit feuchtem und mäßig feuchtem bzw. trockenem Klima. Die natürlichen Wald-gesellschaften in diesem Gebiet sind durch Laubbaumarten dominiert. Damit weist der aktuelle Buchdruckerbefall auch auf natür-liche Grenzen des Fichtenanbaus hin und kann als ein Anzeichen dafür gewertet wer-den, welche Risiken in Verbindung mit den prognostizierten Klimaänderungen zu erwar-ten sind. Teilweise führt der Befall zur Auf-lösung von Reinbeständen. Das langfristige Ziel der forstlichen Bewirtschaftung in die-sem Bereich bleibt daher nach wie vor die Schaffung von stabilen Mischbeständen. In Abb. 57 sind die 2003 entstandenen Befalls-holz-mengen in Bezug zur Fläche über 60-jäh-riger Fichtenbestände auf Ebene der Forst-ämter dargestellt.

Die regionalen Schwerpunkte sind deut-lich erkennbar. Ab Befallsholz-mengen von 500 m<sup>3</sup>/100 ha ist davon auszugehen, dass durch den Käferbefall die gesamte geplante Jahresnutzungsmenge in älteren Fichtenbe-ständen betroffen war. Ort und Zeit der Nut-zung wurden von den Borkenkäfern und nicht vom gezielten waldbaulichen Handeln des Bewirtschafters bestimmt. Das gilt auch für die zukünftig erforderlichen Maßnahmen, insbesondere die Verjüngung.

Die Befallsintensität in den betroffenen Gebieten weist von befallenen Einzelbäumen bis zu einem flächigen Befall eine sehr große Spreitung auf. Auch die Befallsverteilung besitzt kein eindeutiges Muster. Neben der typischen zufälligen Verteilung sind nicht beräumte Einzelbrüche, Resthölzer vorange-gangener Pflege- und Durchforstungsein-griffe sowie kleinstandörtliche Unterschiede in der Wasserversorgung Ursachen für die

Abb. 56: Durch Buchdrucker befallene Holzmenge von 1968 bis 2004 (\*Angabe für 2004 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter 2004/05 sichtbar)

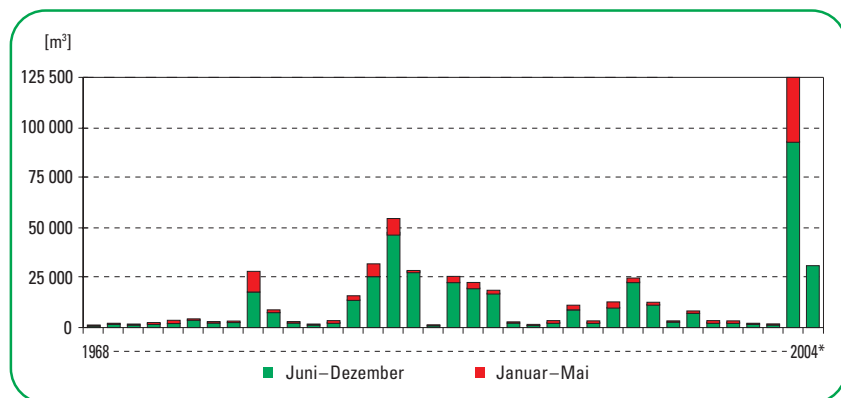


Abb. 57: Regionale Intensität des Borkenkäferbefalls 2003 in Fichtenreinbeständen über 60 Jahre

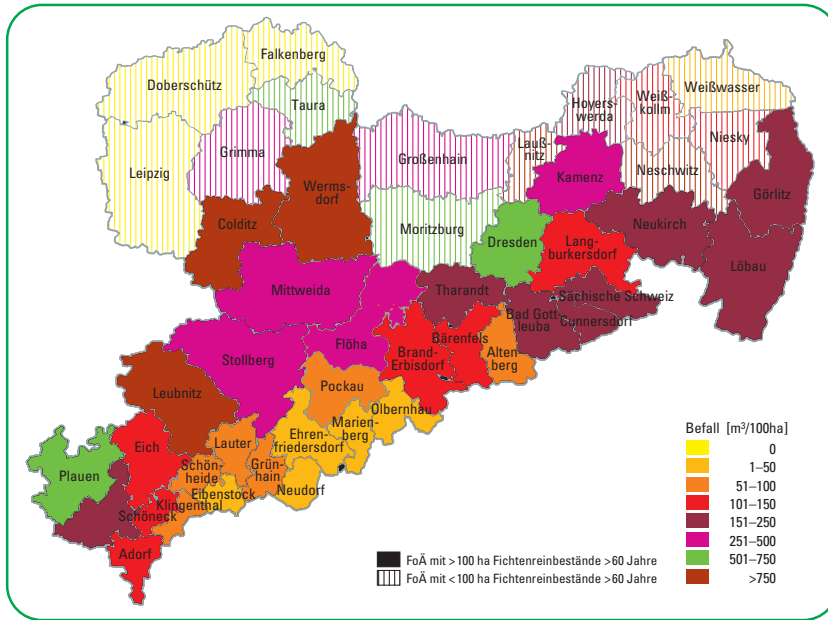


Abb. 60: Stehendbefall durch Kiefernborke n k ä f e r



Der weitere Verlauf der Massenvermehrung wird neben den Witterungsbedingungen wesentlich vom Erfolg der Sanierungsmaßnahmen bestimmt.

In 2003 wurde in Sachsen auch ein Anstieg des Stehendbefalls durch verschiedene **Kiefern-Borkenkäfer** beobachtet. Der **Lärchen-borkenkäfer** trat ebenfalls vermehrt im Hügelland und in den Unteren Berglagen auf. Trotz einiger wesentlicher Unterschiede gelten für diese Arten ähnliche Aussagen wie für Buchdrucker und Kupferstecher.

Befallsherde. Letzterem kommt eine besondere Bedeutung zu.

Die wesentliche Voraussetzung für die Befallsreduktion in der Folgezeit ist das rechtzeitige Erkennen des Stehendbefalls und die daran anschließende Sanierung bzw. Beräumung der befallenen Bäume bevor die neue Käfergeneration ausschlüpft und neue Bruthabitats aufsucht. Um dies realisieren zu können, müssen gefährdete Nadelwälder und potenzielles Brutmaterial in der Schwarmzeit ständig auf frischen Befall kontrolliert werden. Diese Maßnahmen sind mit einem hohen Aufwand verbunden. In Abb. 59 sind für die aktuelle Massenvermehrung monatlich die jeweils summarischen Befallsholz mengen und der davon sanierte Anteil getrennt nach Staats- und Nichtstaatswald dargestellt. Da im Mai der neue Befall einsetzt, ist eine weitere Sanierung von Befallsbäumen aus dem Vorjahr nicht mehr sinnvoll, da die letzten Käfer inzwischen ausgeflogen sind. Ab Juni wird der neue Befall sichtbar und die Sanierung kann gezielt fortgesetzt werden.

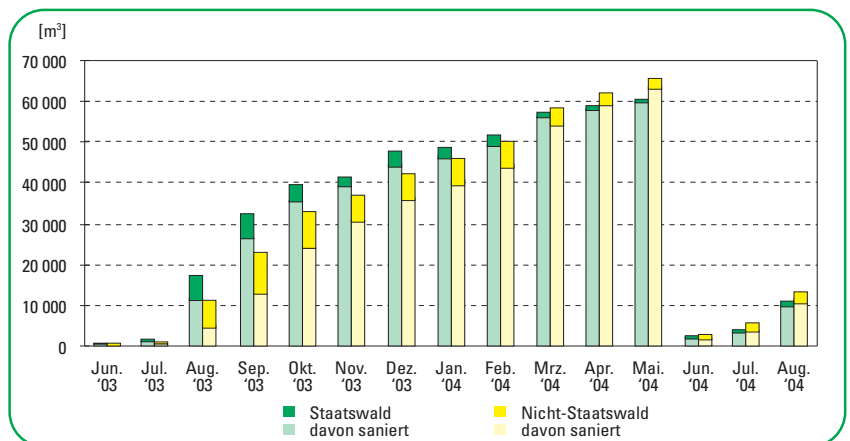
Ab August 2003 zeichnete sich die Massenvermehrung mit hohen Zugängen an erkanntem Befallsholz besonders im Staatswald ab. Die Sanierung konnte der Entwicklung angepasst werden und dieser zunehmend besser entsprechen. Steigende Anteile des sanierten im Vergleich zum erkannten Stehendbefall bringen dies zum Ausdruck. Das galt mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung auch

für den Nichtstaatswald, in dem seit März 2004 der Schwerpunkt des Befallsaufkommens liegt.

Abb. 58: Sanierter flächiger Stehendbefall auf wechselfeuchtem Standort



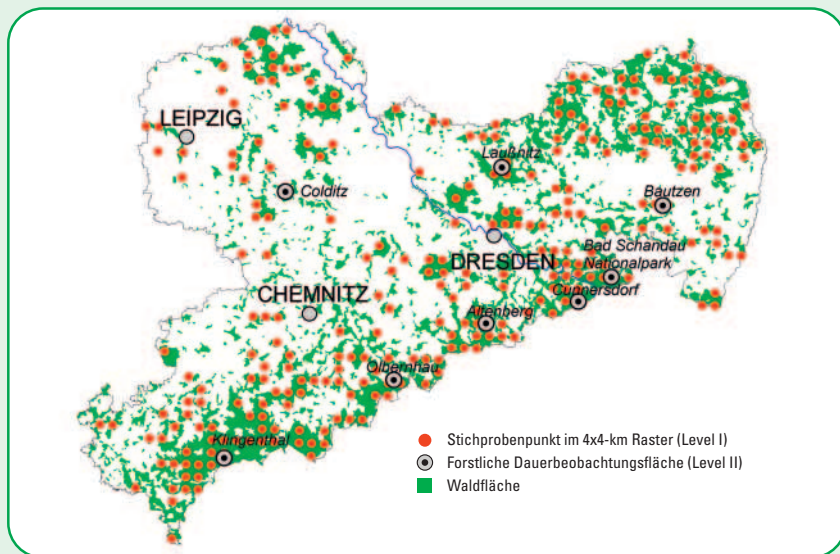
Abb. 59: Zeitlicher Verlauf der Stehendbefallserkennung und -sanierung im Staats- und Nichtstaatswald in der Zeit von Juni 2003 bis August 2004



## Forstliches Monitoring

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

Abb. 61: 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

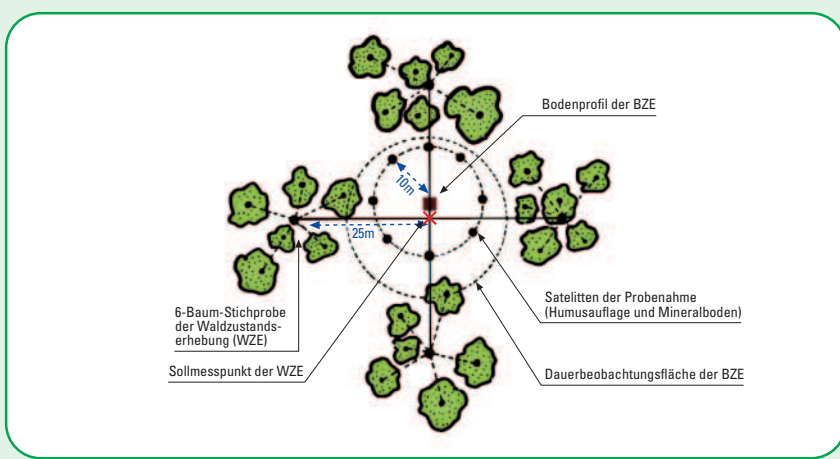
Intensive Untersuchungen der Ursache-Wirkungsbeziehung zwischen Waldökosystemen und den sie beeinflussenden Faktoren

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

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

Einen Überblick über das vom Landesforstpräsidium (LFP) betreute Messnetz sowie die Aufnahmen vor Ort geben die Abb. 61 und 62 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. 62: 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. Dem

gegenüber 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 (SO<sub>2</sub>), Schwefel, Schwefelsäure



Schwefelfreisetzungen erfolgen hauptsächlich bei der Verbrennung von Braunkohle und Öl in Kraftwerken und Industrieanlagen, wobei Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) entsteht.



SO<sub>2</sub> wirkt bei Aufnahme über die Blattoorgane als Stoffwechselgift und beeinträchtigt insbesondere die Fotosynthese und den Spaltöffnungsmechanismus der Blätter, wodurch Störungen des Wasser- und Nährstoffhaushaltes, eine mangelhafte Frosthärte der Blattoorgane sowie Schädigungen des Feinwurzelwachstum induziert werden. In der Vergangenheit war besonders die direkte Wirkung des SO<sub>2</sub>-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<sub>x</sub> = NO und NO<sub>2</sub>) ist der Straßenverkehr, deren Freisetzung in die Umwelt trotz Katalysatortechnologie deutlich zugenommen hat. Nach Umwandlung in Nitrat bzw. in salpetrige Säure 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 (NH<sub>4</sub>) ist die zweite Hauptquelle des Stickstoffeintrags von Waldökosystemen. NH<sub>4</sub> 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 (NO<sub>3</sub>) 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 Nährstoffungleichgewichte und eine Veränderung der Nahrungsqualität für nadel- und blattfressende Insekten induziert, womit wiederum die Anfälligkeit der Bäume gegen andere Stressfaktoren zunimmt. Die Wurzel Aufnahme 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 Wurzel Aufnahme von NH<sub>4</sub> eine Säureabgabe an den Boden, andererseits werden andere Kationen (z. B. Ca<sup>2+</sup> und Mg<sup>2+</sup>) 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 Nährstoffe, 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 (O<sub>3</sub>)



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



Ozon dringt durch die Spaltöffnungen in das Pflanzengewebe ein und bewirkt dort eine Störung der Zellstruktur und einen geänderten Stoffwechselstatus, der wiederum durch Blattnekrosen und -verfärbungen sowie Wuchshemmungen zum Ausdruck kommt. Deutliche Symptome zeigen sich erst in Kombination mit weiteren Stressfaktoren, wie beispielsweise Witterungsextreme oder Pilzinfektionen. Eichen und Buchen sind deutlich anfälliger gegen Ozon als Fichten und Kiefern. Hier wurde dagegen ein so genannter „Memory-Effekt“ festgestellt, wonach sichtbare Symptome und der Einbruch der Photosyntheseleistung 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<sup>+</sup>- Ionen, Protonen) oder Laugen (OH<sup>-</sup>-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, CaCO<sub>3</sub>). 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 (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) über den Regen (nass), den Nebel (feucht) oder als Gas bzw. Staub (trocken) im Kronendach des Waldes abgelagert (deponiert), so unterliegen sie einem **Kronenraumausaustausch**, 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. SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>) 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 [19]. 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

8,6–6,2 (neutral)  
6,2–5,0 (schwach sauer)  
5,0–4,2 (mäßig sauer)  
4,2–3,0 (stark sauer)  
< 3,0 (extrem sauer)

### Puffersystem im Boden

Kohlensäure/Carbonat-Pufferbereich  
Silikat-Pufferbereich  
Austauscher-Pufferbereich  
Aluminium-Pufferbereich  
Eisen-Pufferbereich

# Tabellarische Übersichten

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

Name DBF/ Forstamt	Wuchsgebiet	Geologie	Höhe [m]	Standortsformengr.		Bestand Alter 2004	Betrieb seit
				JMT*	JNS*		
Klingenthal	Erzgebirge	Eibenstocker Granit	840	Hf-TZ2		Fichte	07/1993
				5,0	1210	85 Jahre	
Olbernhau	Erzgebirge	Grauer Gneis	720	Hf-TZ2; HF-TM2		Fichte	10/1994
				6,3	918	113 Jahre	
Cunnersdorf	Elbsandsteingebirge	Quadersandstein mit Lösslehm	440	Uf-TM2; Uf-TM2w		Fichte	07/1993
				7,2	816	100 Jahre	
Neukirch (ehem. Bautzen)	Oberlausitzer Bergland	Lausitzer Granodiorit	440	Uf-TM2		Fichte	07/1995
				7,6	757	89 Jahre	
Laußnitz	Düben-Niederlausitzer Altmoränenland	diluvialer Decksand	170	Tm-TM2m		Kiefer	10/1994
				9,0	667	96 Jahre	
Colditz	Sächsisch-Thüringi- sches Löss-Hügelland	Lösslehm über Grundmoräne	185	Um-WK2; Um-WM2		Eiche	07/1995
				8,8	645	51 Jahre	
Bad Schandau	Elbsandsteingebirge	Basalt und Quader- sandstein mit Lösslehm	260	Uf-TK2; Uf-TM2		Buche	09/1998
				8,2	774	50 Jahre	
Altenberg	Erzgebirge	Rhyolith	750	Mf-TZ2; Hf-TZ2		Fichte	05/2000
				5,4	956	98 Jahre	

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

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

Kronen- verlichtung [%]	Anteil vergilbter Nadeln/Blätter [%]				
	0–10	11–25	26–60	61–100	
0–10	0	0	1	2	0 = ohne Schadmerkmale 1 = schwach geschädigt 2 = mittelstark geschädigt 3 = stark geschädigt 4 = abgestorben <span style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</span> 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	6	15	23	17	20	19
Kiefer	30,1	31	10	20	29	14	13	14
Sonstige Nadelbäume	6,0	5	35	43	11	4	3	4
Buche	3,2	3	0	10	28	16	8	38
Eiche	5,3	5	6	11	16	8	15	44
Sonstige Laubbäume	13,5	13	10	18	38	16	10	8
Alle Baumarten	(99,7+0,3 Blößen)	100	9	18	26	15	15	17



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

Baumart / Baumartengruppe	Fläche [ha]	Schadstufe				
		0	1	2	3 und 4	2-4
		ohne Schadmerkmale	schwach geschädigt	mittelstark geschädigt	stark geschädigt/ abgestorben	deutlich geschädigt
Fichte	204 590	38	48	13	1	14
bis 60 Jahre	90 610	59	35	5	1	6
über 60 Jahre	113 980	21	59	19	1	20
Kiefer	147 910	34	54	11	1	12
bis 60 Jahre	87 300	45	47	7	1	8
über 60 Jahre	60 610	19	63	17	1	18
Sonstige Nadelbäume	22 060	50	41	6	3	9
Nadelbäume	374 560	37	50	12	1	13
Buche* <sup>1</sup>	12 340	10	40	46	4	50
Eiche	23 380	12	35	50	3	53
Sonstige Laubbäume	59 720	26	49	21	4	25
Laubbäume	95 440	20	44	32	4	36
Alle Baumarten	470 000* <sup>2</sup>	34	49	15	2	17
bis 60 Jahre	249 340	47	42	9	2	11
über 60 Jahre	220 660	19	56	23	2	25

\*<sup>1</sup> keine gesicherte Aussage, \*<sup>2</sup> Fläche ohne Nichtholzboden

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

Baumart/ Baumartengruppe	Anteil vergilbter Nadeln/Blätter			Insektenbefall/ Pilzbefall			Blüte bzw. Fruktifikation alle Alter/über 60 Jahre		
	11–25 %	26–60 %	> 60 %	gering	mittel	stark	gering	mittel	stark
Fichte	3	0	0	3/0	1/0	0/0	37/43	6/7	1/1
Kiefer	0	0	0	2/1	1/0	0/0	59/67	16/23	1/3
Sonstige Nadelbäume	4	2	0	12/1	6/0	1/0	30/30	9/32	2/11
Buche	1	1	0	11/1	1/0	1/0	27/26	20/22	15/18
Eiche	1	1	0	51/25	14/22	0/1	12/15	1/0	0/0
Sonstige Laubbäume	3	0	0	21/2	2/1	0/0	33/34	18/18	10/16
Alle Baumarten	2	1	0	8/2	2/1	0/0	42/46	11/13	3/3

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	30	60	40	3	81	0	0	3	13
15* Düben-Niederlausitzer Altmoränenland									
23* Sachsen-Anhaltinische Löss-Ebenen	3	44	56	0	0	6	0	26	68
24* Leipziger Sandlöss-Ebene									
25* Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland	6	44	56	19	21	5	1	19	35
26* Erzgebirgsvorland	2	86	14	69	1	13	1	11	5
27 Westlausitzer Platte und Elbtalzone	10	57	43	26	32	0	6	14	22
28 Lausitzer Löss-Hügelland									
44* Vogtland	5	40	60	69	14	4	1	4	8
45 Erzgebirge	33	46	54	84	2	5	3	1	5
46 Elbsandsteingebirge	11	59	41	52	17	16	6	1	8
47 Oberlausitzer Bergland									
48 Zittauer Gebirge									
Sachsen	100	53	47	43	31	5	3	5	13

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

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

Wuchsgebiet	Baumart/Alter	Schadstufen		
		0	1	2 bis 4
14* Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland	Alle	31	55	14
15* Düben-Niederlausitzer Altmoränenland	Kiefer	34	55	11
23* Sachsen-Anhaltinische Löss-Ebenen	keine Aussage möglich			
24* Leipziger Sandlöss-Ebene	keine Aussage möglich			
25* Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland	Alle	39	46	15
26* Erzgebirgsvorland	keine Aussage möglich			
27 Westlausitzer Platte und Elbtalzone	Alle	32	43	25
28 Lausitzer Löss-Hügelland	Alle	32	43	25
44* Vogtland	Alle	50	40	10
	Fichte	48	43	9
45 Erzgebirge	Fichte	38	46	16
	bis 60 Jahre	63	32	5
	über 60 Jahre	19	57	24
	Alle	36	46	18
46 Elbsandsteingebirge	bis 60 Jahre	58	34	8
	über 60 Jahre	17	57	26
47 Oberlausitzer Bergland	Alle	26	55	19
48 Zittauer Gebirge	Fichte	24	61	15
Sachsen		34	49	17

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

Tab. 8: Spannweite (min.–max.) ausgewählter Elementgehalte und Elementquotienten in Nadeln (NJ: Nadeljahrgang) und Blättern der Bestände auf den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen zwischen 1995/96 – 2003, Tendenz: ↔ gleichbleibend, ↓ fallend, ↑ ansteigend

Elementgehalt bzw. Elementquotient	Fichte (5 Bestände)		Kiefer (1 Bestand)		Trauben-Eiche (1 Bestand)	Rot-Buche (1 Bestand)	Hainbuche (1 Bestand)
	NJ1	NJ3	NJ1	NJ2	Blätter	Blätter	Blätter
<b>N</b> [mg/g TM]	13,6–17,0	11,2–14,0	16,4–18,4	16,5–17,8	27,7–30,9	22,1–23,6	26,2–27,2
	↔ (↓)		↔		↔	↔	↓
<b>P</b> [mg/g TM]	1,30–1,90	0,85–1,42	1,34–1,49	1,17–1,43	1,22–1,42	1,07–1,25	1,45–1,59
	↔		↔		↔	↑	↑
<b>N/P</b>	8,0–12,0	9,6–14,2	12,0–13,1	12,3–15,3	20,7–25,0	19,9–21,0	16,6–19,0
	↔		↔		↔	↔	↔
<b>S</b> [mg/g TM]	0,90–1,78	0,88–2,40	1,06–1,38	1,11–1,54	1,66–2,22	1,51–1,53	1,51–1,57
	↓		↓		↓	↔	↔
<b>N/S</b>	8,8–16,2	5,4–14,0	12,7–15,8	11,6–16,0	13,0–16,0	15,0–16,0	16,7–18,0
	↑		↑		↑	↔	↓
<b>K</b> [mg/g TM]	4,51–6,35	3,80–6,04	5,13–5,57	4,39–5,16	7,93–9,29	6,25 – 8,00	6,77 – 7,66
	↔ (↓)		↔		↔	↑	↑
<b>Ca</b> [mg/g TM]	2,60–5,30	3,30–8,20	2,50–3,40	4,50–5,30	7,00–9,00	6,00–7,30	5,70–6,70
	↔ (↓)		↔		↓	↑	↑
<b>Mg</b> [mg/g TM]	0,71–1,56	0,36–1,25	0,79–0,93	0,49–0,64	1,33–1,71	1,20–1,80	1,28–1,81
	↑ (↔)		↔		↔	↑	↑
<b>N/Mg</b>	10,3–20,6	10,3–36,5	18,5–21,8	27,1–33,9	16,0–24,6	13,6–20,8	14,7–21,6
	↓ (↔)		↔		↔	↓	↓
<b>Mn</b> [mg/kg TM]	193–1 805	217–2 155	243–291	338–439	832–1 211	1 711–2 008	3 494–3 973
	↔		↔		↓	↔	↔
<b>Fe</b> [mg/kg TM]	36–80	55–108	55–80	95–125	99–133	72–104	84–112
	↔		↓		↔	↑	↑
<b>Al</b> [mg/kg TM]	77–122	131–297	208–236	250–293	64–100	59–111	670–846
	↔		↔		↔	↔	↔
<b>Zn</b> [mg/kg TM]	14,2–37,5	10,4–26,0	37,1–45,7	35,8–46,7	24,7–28,0	16,7–23,1	16,7–25,5
	↔		↔		↔	↑	↑
<b>Cu</b> [mg/kg TM]	2,69–4,28	2,37–4,58	4,04–4,99	3,55–4,04	8,57–10,95	5,68–10,13	7,33–10,48
	↔		↔		↓	↑	↑

Tab. 9a, b: Elementquotienten in Nadeln und Blättern der Bestände auf den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen zwischen 1995/96–2003

Fläche	Jahr	N/S		N/Mg*	
		NJ1	NJ3	NJ1	NJ3
Klingenthal	1995	11,6	8,2	16,0	33,6
	1997	13,5	9,7	12,9	19,7
	1999	15,3	11,0	13,1	16,2
	2001	15,2	12,9	12,7	17,0
	(Fichte)	2003	16,2	14,0	13,8
Olbernhau	1995	9,1	6,2	17,9	26,6
	1997	13,0	7,8	20,4	28,0
	1999	14,4	10,4	15,5	29,2
	2001	14,6	11,7	12,0	19,8
	(Fichte)	2003	16,3	13,0	12,3
Cunnersdorf	1995	9,4	5,4	23,6	30,4
	1997	11,9	6,9	21,8	36,5
	1999	12,5	7,7	19,9	31,2
	2001	12,6	9,1	18,4	32,0
	(Fichte)	2003	13,7	10,1	17,7
Altenberg	1996	8,8	5,4	10,3	10,9
	1999	12,1	9,2	11,5	13,6
	2000	12,5	8,0	12,5	15,4
	2001	14,3	11,0	10,5	13,5
	(Fichte)	2003	14,8	12,1	10,3
Bautzen	1995	11,0	6,7	15,5	25,1
	1997	13,4	8,6	18,7	25,3
	1999	13,9	10,6	16,9	28,3
	2001	14,9	12,6	13,3	24,9
	(Fichte)	2003	15,0	13,4	10,5

Fläche	Jahr	N/S		N/Mg	
		NJ1	NJ2	NJ1	NJ2
Laußnitz	1995	12,7	11,6	21,7	29,4
	1997	13,7	13,3	20,8	33,9
	1999	15,8	15,1	21,8	33,5
	2001	15,3	15,0	19,4	27,1
	(Kiefer)	2003	15,8	16,0	18,5
Colditz	1995	13,0	-	16,6	-
	1997	14,0	-	19,0	-
	1999	17,0	-	21,4	-
(Trauben-Eiche)	2003	15,8	-	18,3	-
Bad Schandau	1999	16,0	-	20,8	-
	2001	15,0	-	19,1	-
(Rot-Buche)	2003	15,4	-	13,6	-
Bad Schandau	1999	18,0	-	21,6	-
	2001	17,0	-	21,6	-
	(Hainbuche)	2003	16,7	-	14,7

\* optimale N/Mg-Quotienten für Fichte NJ1 >10; NJ3 >20

a) Fläche Klingenthal									
Jahr	H	K	Ca	Mg	Na	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Cl	S-SO <sub>4</sub>
1994	3,43	3,79	4,03	1,08	8,18	13,89	11,61	12,68	37,22
1995	3,71	7,64	5,54	1,61	6,96	12,83	11,36	15,80	40,41
1996	3,90	2,76	7,22	1,88	3,83	14,08	10,78	10,90	34,22
1997	2,69	1,71	7,29	2,14	5,56	11,45	10,23	9,74	25,83
1998	2,46	2,97	7,86	2,08	6,02	19,23	11,15	10,97	20,60
1999	2,74	1,96	4,27	0,93	6,88	19,76	13,28	13,05	17,21
2000	1,42	2,62	3,00	0,74	5,26	14,05	10,11	11,88	13,05
2001	1,64	3,46	3,17	0,72	5,04	13,92	11,95	10,74	14,46
2002	2,07	3,53	6,17	2,01	4,59	14,34	15,57	11,97	13,73
2003	1,31	20,54*	3,21	1,04	4,76	15,60	10,37	19,95	10,11

Tab. 10a–h: Jährliche Raten des Stoffeintrags in Kilogramm pro Hektar mit der modellierten Gesamtdeposition in die forstlichen Dauerbeobachtungsflächen Sachsens in den Jahren 1994 bis 2003

\* verursacht durch ungewöhnlich hohe Konzentrationen im Freiland

b) Fläche Olbernhau									
Jahr	H	K	Ca	Mg	Na	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Cl	S-SO <sub>4</sub>
1995	5,89	11,98	9,20	1,93	11,43	17,49	14,49	23,35	75,58
1996	5,56	3,69	7,58	2,50	5,77	24,56	20,39	14,77	56,89
1997	3,98	2,18	7,71	2,33	9,92	19,75	16,88	14,55	36,88
1998	2,99	2,93	8,68	2,42	9,81	16,25	15,15	12,44	31,72
1999	1,80	3,03	4,07	0,81	6,19	13,39	10,45	10,83	17,91
2000	2,36	4,77	4,08	1,07	9,01	15,85	16,50	17,90	24,43
2001	2,89	7,51	16,12	7,52	7,79	17,80	17,26	17,22	24,18
2002	2,68	4,67	9,04	3,75	6,33	28,74	16,00	11,48	26,47
2003	2,03	3,93	5,00	1,48	5,72	21,87	13,72	12,69	18,13

c) Fläche Cunnersdorf									
Jahr	H	K	Ca	Mg	Na	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Cl	S-SO <sub>4</sub>
1994	4,24	3,73	5,10	0,88	7,48	18,47	14,00	12,70	48,21
1995	3,84	5,68	6,46	1,80	6,53	16,76	11,79	13,80	46,81
1996	3,32	2,71	4,23	1,03	3,86	16,96	13,67	10,48	34,26
1997	2,61	1,47	4,75	1,17	6,12	15,72	12,51	8,55	28,51
1998	2,38	2,01	5,19	1,18	5,90	11,07	9,94	6,57	25,52
1999	1,84	1,53	3,60	0,71	4,98	12,06	9,83	9,06	19,74
2000	1,77	1,85	2,80	0,60	4,86	12,01	10,46	10,22	16,35
2001	2,01	2,76	3,34	0,65	4,72	13,91	11,63	9,87	21,89
2002	1,58	2,23	4,94	1,02	3,92	12,64	10,18	8,00	17,06
2003	1,84	4,30	4,14	1,08	3,09	17,67	10,51	8,16	13,59

d) Fläche Neukirch (ehemals Bautzen)									
Jahr	H	K	Ca	Mg	Na	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Cl	S-SO <sub>4</sub>
1996	4,59	8,09	6,29	1,37	5,65	27,13	19,40	16,68	46,90
1997	3,52	3,55	6,88	2,04	6,78	25,36	17,36	12,92	38,34
1998	2,63	3,69	5,21	1,50	5,68	18,91	14,07	9,81	27,23
1999	2,31	3,99	4,12	0,93	5,99	18,47	14,49	12,67	21,93
2000	2,01	4,90	3,25	0,72	6,63	18,49	15,08	13,91	17,33
2001	2,62	7,37	3,83	0,74	7,31	25,18	16,16	15,60	23,18
2002	1,85	4,62	4,47	0,88	5,60	21,25	13,04	12,06	15,31
2003	1,60	4,73	4,52	1,11	4,13	16,95	12,59	11,27	14,03

e) Fläche Laußnitz									
Jahr	H	K	Ca	Mg	Na	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Cl	S-SO <sub>4</sub>
1995	2,29	4,59	4,11	0,69	5,63	10,77	8,57	11,88	24,56
1996	1,88	2,85	2,90	0,58	3,13	10,38	7,88	8,56	16,54
1997	2,46	2,02	4,98	1,22	5,23	12,01	9,18	8,62	16,14
1998	2,39	1,92	4,54	1,01	4,89	11,47	9,15	5,87	13,43
1999	1,47	1,96	3,00	0,63	3,83	9,38	8,32	7,31	10,10
2000	0,95	1,69	2,77	0,61	4,03	10,67	8,07	7,92	7,75
2001	1,01	1,75	2,19	0,49	3,75	9,45	8,43	8,01	8,04
2002	0,87	2,15	2,78	0,55	3,21	8,70	6,94	6,61	7,48
2003	0,81	2,36	4,64	0,79	2,66	9,26	7,68	5,87	5,78

f) Fläche Colditz									
Jahr	H	K	Ca	Mg	Na	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Cl	S-SO <sub>4</sub>
1996	0,83	3,16	3,32	0,52	2,50	10,47	5,72	7,68	11,77
1997	1,21	1,44	4,49	0,81	3,17	13,60	5,41	6,51	12,81
1998	1,24	1,60	5,41	1,03	3,55	11,43	6,74	6,24	12,37
1999	1,50	1,70	2,38	0,41	2,88	12,85	9,28	6,63	9,72
2000	0,85	1,76	2,36	0,40	2,40	7,98	6,55	5,60	6,29
2001	0,91	2,86	2,22	0,45	2,57	7,73	7,28	5,45	6,59
2002	1,20	1,87	2,94	0,42	2,17	13,08	8,47	4,80	7,57
2003	0,78	2,98	3,18	0,62	2,02	10,07	5,77	4,81	5,54

g) Fläche Bad Schandau									
Jahr	H	K	Ca	Mg	Na	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Cl	S-SO <sub>4</sub>
1999	0,77	1,32	2,62	0,54	3,29	6,80	5,99	10,52	9,10
2000	0,76	1,91	1,56	0,35	2,70	6,17	6,38	5,29	6,42
2001	1,04	1,78	1,79	0,48	3,23	9,55	9,20	7,22	8,60
2002	1,22	1,38	1,69	0,34	2,47	8,01	7,65	4,85	7,43
2003	0,89	2,04	1,60	0,39	2,84	7,43	6,61	4,37	5,00

h) Fläche Altenberg									
Jahr	H	K	Ca	Mg	Na	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Cl	S-SO <sub>4</sub>
2001	2,02	3,19	7,95	1,99	5,25	15,51	13,05	10,67	18,87
2002	2,32	2,33	5,64	1,64	4,28	19,45	10,54	8,69	16,69
2003	2,14	2,98	4,18	1,32	3,62	15,91	10,08	9,76	13,71

Tab. 11 Holzmenge in Folge der Besiedelung durch Sekundärschädlinge (im Kalenderjahr)

Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
[m <sup>3</sup> ]	130,4	203,3	188,9	192,4	180,5	192,3	132,7	84,2	86,5	43,4	69,0	111,4
[%]	100,0	155,9	144,9	147,5	138,4	147,5	101,7	64,5	66,3	33,3	52,9	85,4
[ha]	401139	399434	407675	408058	408058	415502	418237	422727	422727	422727	513861	513861
[m <sup>3</sup> /ha]	0,325	0,509	0,463	0,471	0,442	0,463	0,317	0,199	0,205	0,103	0,134	0,217

Tab. 12: Sanitärhiebe insgesamt (im Kalenderjahr)

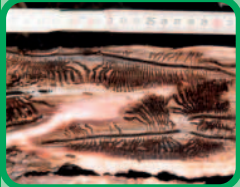


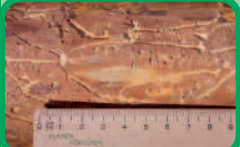


Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
[m <sup>3</sup> ]	430,8	645,7	594,9	626,9	461,4	506,1	436,5	310,6	282,6	290,3	290,7	618,0
[%]	100,0	149,9	138,1	145,5	107,1	117,5	101,3	72,1	65,6	67,4	67,5	143,4
[ha]	401139	399434	407675	408058	408058	415502	418237	422727	422727	422727	513861	513861
[m <sup>3</sup> /ha]	1,074	1,617	1,459	1,536	1,131	1,218	1,044	0,735	0,668	0,687	0,566	1,203

## Literaturverzeichnis

- [1] BECKER, R.: Simulation des Stoffhaushaltes für 6 Level-Flächen und 19 BZE-Standorte in Sachsen mittels eines dynamischen Modells im Hinblick auf den Einfluss der Luftschadstoffbelastung und der Waldbewirtschaftung. Abschlussbericht zum Werkvertrag, Graupa 2004
- [2] CENTRUM INFORMACYJNE LP: Raport o stanie lasów w Polsce. 2002, Warszawa 2002
- [3] DRAAIJERS, G.P.J.; ERISMAN, J.W.: A Canopy Budget Model to Assess Atmospheric Deposition from Throughfall Measurements. In Water, Air and Soil Pollution, Vol. 85, 1995, S. 2253–2258
- [4] Exkursion Conference Prague 25.–29. may 2004 "Restoration of forest soils in polluted areas"
- [5] HEINSDORF, D. (1999): Düngung von Forstkulturen auf Lausitzer Kippen. Eigenverlag LAUBAG
- [6] HEINSDORF, D.; HEINSDORF, M. (2001): Zur Entwicklung der Schwefelernährung der Wälder des nordostdeutschen Tieflandes in den Jahren 1985 bis 2003. FoHo 56, 715–719
- [7] HEINZE, M. (1998): Die Ernährung von Waldbäumen auf Gipsstandorten. Forstwiss. Cbl. 117, 267–276
- [8] INSPEKCJE OCHRONY SRODOWISKA W BIBLIOTECE MONITORINGU SRODOWISKA: Stan zdrowotny lasów Polski w 2002 r., Warszawa 2003 (opracowanie IBL)
- [9] INSTYTUTU BADAWCZEGO LEŚNICTWA PT.: Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 2002 roku. Na podstawie badań monitoringowych, Prace IBL seria C, Warszawa IBL 2003
- [10] INSTYTUTU DENDROLOGII PAN W KÓRNIKU (DANE IMGW): Meteorologiczne pochodzą z obserwacji własnych ALP (Nadleśnictwo Ruszów- posterunek Kościelna Wieś, zlewnia Nysy Łużyckiej)
- [11] KRAUSS, H.-H. (1992): Beitrag zu Ernährung und Wachstum der Buche im nordostdeutschen Tiefland. Beitr. Forstwirtschaft. u. Landschaftsökol. 26, 17–23
- [12] NEBE, W.; FEGER, K.-H. (2004): Zeitreihen zur Ernährung der Fichte im immissionsbelasteten Osterzgebirge im Vergleich zum Reinluftgebiet Schluchsee. Forstwiss. Beiträge Tharandt, im Druck
- [13] PGL LP: Lasy państwowe. Raport roczny 2002, Warszawa 2003
- [14] RABEN, G., ANDREAE, H., KARST, H. SYMOSSEK, F., LEUBE, F.: Bodenzustandserhebung (BZE) in den sächsischen Wäldern (1992–1997). Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 20, Graupa 2000
- [15] SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (LFUG) [HRSG.] (2003): Halbjahresbericht zur Ozonbelastung in Sachsen - Sommer 2003. Materialien zur Luftreinhaltung: <http://www.umwelt.sachsen.de/wu/umwelt/lfug/lfug>
- [16] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT: Waldzustandsberichte der Jahre 1999–2003
- [17] SCHERZER, J.: Berechnung von FAO-Referenzverdunstung, Klimatischer Wasserbilanz, FK, nFK, PWP sowie tiefen- und vegetationstypendifferenzierten Wasserstressindikatoren für acht forstliche Intensivmessflächen des Landesforstpräsidiums Sachsen im Zeitraum 1997–2003 Kurzdokumentation, 51 S.
- [18] ULRICH, B.: Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. In Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Vol. 144, 1981, S. 289–305
- [19] VRIES, W. DE; REINDS, G.J.; SALM, C. VAN DER; DRAAIJERS, G.P.J.; BLEEKER, A.; ERISMAN, J.W.; AUJEE, J.; GUNDERSEN, P.; DOBBEN, H. VAN; ZWART, D. DE; DEROME, J.; VOOGD, J.C.H.; VEL, E.: Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe – 2001 Technical Report. 2001, Brussels – Geneva
- [20] ZIRLEWAGEN, D.: Studie zur Regionalisierung bodenchemischer Daten aus Flächen des forstlichen Umweltmonitorings in Sachsen. Abschlussbericht zum Werkvertrag, Graupa 2004

# Impressum

- Herausgeber: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL)  
01075 Dresden  
Internet: [www.smul.sachsen.de](http://www.smul.sachsen.de)
- Öffentlichkeitsarbeit: Telefon: (03 51) 5 64 68 14, Fax: (03 51) 5 64 20 74  
e-Mail: [info@smul.sachsen.de](mailto:info@smul.sachsen.de) (Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Daten)
- Redaktion: Landesforstpräsidium (LFP)  
Bonnewitzer Straße 34  
Mario Helbig  
01796 Pirna, OT Graupa  
Telefon: (0 35 01) 5 42-0, Fax: (0 35 01) 5 42-2 13  
e-Mail: [poststelle@lfp.smul.sachsen.de](mailto:poststelle@lfp.smul.sachsen.de) (Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Daten)
- Redaktionsschluss: 30.9.2004
- Fotos: Archiv des LFP  
  
Grundlage für die Darstellung von 11 thematischen Karten:  
Übersichtskarte des Freistaates Sachsen 1:200 000 und Topographische Karte 1:100 000 mit Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen, Erlaubnis-Nr. 84/04-B.  
Jede Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.
- Autoren: Dr. Sven Irrgang (LFP): Witterung  
Dr. Gerhard Raben, Dr. Henning Andreae (LFP): Immissionen und Stoffeinträge, Bodenzustand, Luftschadstoffe und Wirkungen  
Mario Helbig, Arnd Schöndube (LFP): Kronenzustand, Forstliches Monitoring  
Lutz-Florian Otto, Dr. Burgit Bäucker (LFP): Biotische Schäden, Aktuelle Massenvermehrung der Borkenkäfer  
Dr. Frieder Leube (LFP): Ernährungszustand  
Dr. Vit Sramek, Dr. Bohumir Lomsky (VULHM Jiloviste-Strnady): Waldzustand im tschechischen Erzgebirge  
Jaroslav Goral, Dr. Bernard Konca, Katarzyna Nowik und Katarzyna Skalecka (RDLP Wrocław): Waldzustand im Bereich der polnischen Forstdirektion Wrocław
- Auflagenhöhe: 4 000
- Gesamtgestaltung: LFP, Ref. Öffentlichkeitsarbeit/ Waldpädagogik
- Layout und Produktion: WDS Pertermann GmbH, Dresden
- Papier: gedruckt auf Papier aus 100 % chlorfrei (tcf) gebleichtem Zellstoff
- Kostenlose Bestelladresse: Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung  
Hammerweg 30  
01127 Dresden  
Telefon: (03 51) 2 10 36 71 oder -72, Fax: (03 51) 2 10 36 81
- Verteilerhinweis: Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Fraßbild	Name (dt./ lat.)	Aussehen	bevorzugtes Holz/ Brutstätte	Biologie
	Buchdrucker ( <i>Ips typographus</i> L.)	Ca. 4–5 mm lang, dunkelbraun	Fichte: - bevorzugt ältere Stämme mit dickerer Rinde - ein- bis dreiarmlige (Stimmgabel) Muttergänge - weit verbreiteter und gefährlichster Borkenkäfer (Rindenbrüter)	- Hauptflugzeiten April/Mai und Juli/August - Entwicklungsdauer etwa 6 bis 8 Wochen (stark witterungsabhängig) - 1 bis 2, selten 3 Generationen im Jahr, häufig Geschwisterbruten - 20 bis 100 Eier pro Weibchen und Brut
	Kupferstecher ( <i>Pityogenes chalcographus</i> L.)	Ca. 2 mm lang, kupferfarben glänzend	Fichte: - befällt in erster Linie Stangenhölzer und Dickungen bzw. den dünnrindigen Kronenbereich älterer Bäume - von Rammelkammer in der Rinde sternförmig abgehende 3 bis 6 Muttergänge (Rindenbrüter)	- Hauptflugzeiten April und Juli/ August - Entwicklungsdauer 5 bis 9 Wochen - meist 2 Generationen im Jahr - 10 bis 50 Eier pro Weibchen und Brut
	Zwölfzähner Kiefernborkekäfer ( <i>Ips sexdentatus</i> Boern.)	Ca. 5–8 mm lang, braun	Kiefer: - befällt vorzugsweise grobborkige Stämme - zwei- bis vierarmige sehr lange Muttergänge (bis 1 m) - gefährlicher Kieferschädling (Rindenbrüter)	- Flugzeiten April/Mai und Juli/August - Entwicklungsdauer bei hohen Temperaturen nur 4 bis 6 Wochen - in der Regel 2 Generationen im Jahr
	Sechszähner Kiefernborkekäfer ( <i>Ips acuminatus</i> Gyll.)	Ca. 2–3,5mm lang, dunkelbraun	Kiefer: - befällt stehende Bäume im dünnrindigen Bereich - sternförmiges Brutbild mit 3 bis 5 und mehr Muttergängen, die bis zu 40 cm lang sein können (Rindenbrüter)	- Flugzeiten April/Mai und Juli/August - in der Regel 1 bis 2 Generationen im Jahr
	Großer Lärchenborkekäfer ( <i>Ips cembrae</i> Heer.)	Ca. 5–6 mm lang, hell- bis schwarzbraun	Lärche: - bevorzugt dickere Stammrinde, befällt aber auch dünnrindigere Stangenhölzer - sternförmiges Brutbild mit 3 und mehr Muttergängen, vorwiegend in Längsrichtung (Rindenbrüter) - kann besonders außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes der Lärche schwere Schäden verursachen	- Hauptflugzeiten Ende April bis Ende Mai und Ende Juli bis Mitte August - 1 bis 2 Generationen im Jahr
	Gestreifter Nutzholzborkenkäfer ( <i>Trypodendron lineatum</i> Oliv.)	Ca. 3,5 mm lang, gelb-braun, dunkel gestreift	An allen Nadelbaumarten, besonders Fichte, Tanne, Kiefer und Lärche - befällt eingeschlagenes Stammholz, absterbende Bäume, aber auch frische Stubben - einholmiger Leitersprossengang in den Jahrringen (Holzbrüter)	- Hauptflugzeit März (Frühschwärmer), Käferflug kann bis zum Herbst anhalten - Entwicklungsdauer 6 bis 10 Wochen - 1 Generation im Jahr