



Das Lebensministerium



## Waldzustandsbericht 2007

Wald und Klimawandel

Freistaat  Sachsen

Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

# Waldzustandsbericht 2007

## Wald und Klimawandel

	Seite
<b>Vorbemerkung</b>	1
<b>Zusammenfassung (D, EN, CZ, PL)</b>	2
Die Wuchsbedingungen verändern sich	11
Waldgesellschaften verändern sich	14
Stürme verursachen größere Schäden	19
Borkenkäfer fliegen häufiger	22
Das Waldbrandrisiko steigt an	26
<b>Waldzustand 2007</b> (Waldzustandsbericht nach § 58 SächsWaldG)	29
<b>Anhang</b>	
Tabellarische Übersichten	40
Literaturverzeichnis	43
Glossar	44

# Vorbemerkungen

Der Waldzustandsbericht 2007 wird erstmals unter einen aktuellen Themenschwerpunkt gestellt, „Wald und Klimawandel“. Darin werden die aktuell registrierten und die wahrscheinlich zukünftigen Veränderungen der forstlichen Wuchsbedingungen, die intensive und unumkehrbare Veränderungen in den sächsischen Wäldern auslösen könnten, dargestellt. Weitere Beiträge thematisieren darauf aufbauend die künftige Stabilität und Verbreitung von Baumarten, die tendenziellen Auswirkungen auf die Verbreitung von Schädlingen und die Entwicklung der Waldbrand- und Sturmgefährdung der sächsischen Wälder. Erste grundlegende Ergebnisse einer systematisch durch den Staatsbetrieb Sachsenforst entwickelten Anpassungsstrategie an den Klimawandel sowie Angaben zum aktuellen Waldzustand ergänzen den Bericht.

Zu Beginn des Jahres 2007 wurden die Wälder Sachsens vielerorts - und ganz besonders in den Hoch- und Kammlagen des Westerzgebirges - durch das Orkantief „Kyrill“ großflächig geschädigt oder sogar vollständig zerstört. Am 18./19. Januar fielen innerhalb weniger Stunden durch Windbruch und -wurf mehr als 1,7 Mio. Kubikmeter Schadholz in allen Waldeigentumsarten an - das größte Schadereignis für Wald und Forstwirtschaft in Sachsen der letzten Jahrzehnte.

Zwar scheinen die Bilder von zerstörten Fichtenbeständen altbekannt, die heutigen Ursachen sind wie die daraus resultierenden Herausforderungen grundsätzlich neu. Die enormen Schwefeldioxidimmissionen im vergangenen Jahrhundert hatten anthropogene Ursachen mit regionaler Auswirkung und konnten durch technische Maßnahmen auf ein Minimum reduziert werden. Die in den letzten Jahrzehnten immer häufiger auftretenden extremen Stürme, Hochwasserereignisse und Trockenperioden werden als Vorboten einer globalen, anthropogen induzierten Klimaänderung gewertet, deren Wirkungen auf den sächsischen Wald sowie die Produktionsbedingungen der Forstwirtschaft sich nur bedingt vorhersagen lassen.

Auf der Grundlage der für Sachsen regionalisierten Klimaszenarien, die für die nächsten 50 Jahre deutlich wärmere und trockenere Verhältnisse prognostizieren, kündigen sich für die Wälder umfangreiche und in Ausmaß sowie Geschwindigkeit nicht gekannte Umweltveränderungen an. Dieser Unsicherheit kann nur mit einer rechtzeitigen, planmäßigen und kontinuierlichen Risikominimierung und -verteilung durch schrittweise Anpassung von Wald und Waldbewirtschaftung begegnet werden. Nur so ist die Stetigkeit aller Leistungen des Waldes für den Menschen und die sächsische Kulturlandschaft auch künftig zu gewährleisten. Der Wald und die Art der nachhaltigen Waldbewirtschaftung gewinnen unter diesen Bedingungen noch stärker an Bedeutung für die Daseinsvorsorge im Freistaat Sachsen.



Prof. Dr. Roland Wöllner  
Staatsminister für Umwelt und Landwirtschaft



# Waldzustandsbericht 2007 - Zusammenfassung

Das Klima bestimmt die für einen Ort charakteristischen atmosphärischen Zustände und Witterungsverläufe. Diese beeinflussen maßgeblich das Vorkommen, die Vitalität und das Wachstum von Pflanzen.

Gemeinhin werden die klimatischen Kenngrößen, wie Niederschlag oder Temperatur als Mittel- oder Extremwerte einer 30-jährigen Periode angegeben. Die Klimawerte der Periode 1901–1950 wurden bisher für die forstlichen Standortsbeschreibungen verwendet und bis vor Kurzen als weitgehend konstant angesehen. Der Vergleich mit den Messwerten der Periode 1971–2000 zeigt eindeutige klimatische Änderungen. Die Jahresmitteltemperaturen sind merklich gestiegen und decken sich im Tief- und Hügelland kaum noch mit den alten Rahmenwerten.

Da die alten Rahmenwerte zur Beschreibung der klimatischen Verhältnisse nicht mehr geeignet sind und die Klimaprognosen für den Freistaat Sachsen von einer weiteren Erwärmung und künftig abnehmenden Niederschlägen ausgehen, war die Erarbeitung einer neuen dynamisch anwendbaren Klimagliederung notwendig. Mit der Vegetationszeitlänge und der klimatischen Wasserbilanz kennzeichnen künftig zwei meteorologische Größen mit besonderer Relevanz für das Pflanzenwachstum die klimatischen Standortverhältnisse. Die Spanne der gegenwärtigen und künftigen klimatischen Standortverhältnisse in Sachsen reicht von „stark subozeanisch & winterkalt“ bis hin zu „subkontinental & submediterrän“.

Die klimatischen Veränderungen werden dazu führen, dass sich die Areale,

in denen die Waldgesellschaften von Natur aus vorkommen, verändern. Im subkontinentalen Klimabereich des sächsischen Tieflandes werden künftig die Gemeine Kiefer und die Stiel-Eiche dominieren. Da diese Standorte bereits heute häufig von Kiefernforsten bestockt sind, werden die Veränderungen in dieser Standortsregion jedoch vergleichsweise gering sein.

Von einem grundlegenden Wandel sind dagegen das sächsische Hügelland und die unteren Berglagen betroffen. Die hier vorkommenden Fichtenforste könnten aufgrund eines massiven Selektionsdrucks bereits kurz- bis mittelfristig vollständig verschwinden.

Die geringe ökologische Stabilität der in Sachsen vorherrschenden Kiefern- und Fichtenforstökosysteme beinhalten auch ein geringes Anpassungspotenzial hinsichtlich der prognostizierten Klimaänderungen. Außerdem vermag die natürliche Anpassung der vorhandenen Baumarten oder die Einwanderung von angepassten, bisher nicht heimischen Baumarten nach Sachsen mit der Schnelligkeit des Klimawandels nicht mithalten. Die zielgerichtete Einflussnahme der Forstwirtschaft im Sinne einer Beschleunigung des Anpassungsprozesses ist unabdingbar, um Wälder zu initiieren, die auch in Zukunft in ihrer Gesamtheit multifunktional wirken und sich selbst verjüngen können. Der seit Anfang der 1990er Jahre eingeschlagene Weg des Waldumbaus ist somit alternativlos und muss durch die Verwendung besonders trockenheitsangepasster Ökotypen und die gezielte Steuerung der Wachstumsbedingungen bei Pflegemaßnahmen weiter ausgebaut werden.

Wie entscheidend die Erhöhung der Stabilität der sächsischen Wälder ist, zeigen die Betrachtungen der in Sachsen dominierenden Risiken und ihre möglichen Veränderungen im Zuge des Klimawandels. Grundsätzlich muss von einer Zunahme der Waldbrand-, Borkenkäfer- und Sturmrisiken ausgegangen werden.

Die Waldbrandgefährdung wird vor allem durch die zukünftig häufigeren Dürre- und Hitzewetterlagen und die tendenzielle Zunahme von Gewitterstürmen mit hoher Blitzaktivität zunehmen. Gründe hierfür sind eine schnellere Austrocknung der Bodenstreu und die wachsende Geschwindigkeit der Brandentwicklung und -ausbreitung bei extremen Wetterereignissen. Insgesamt muss mit einer zunehmend höhenstufenunabhängigen Ausdehnung der klimabedingten Waldbrandgefahr vom Tiefland bis in die Berglagen der sächsischen Mittelgebirge gerechnet werden.

Das höhere Wärmeangebot wirkt sich auch auf die Entwicklungsbedingungen der Borkenkäferarten mehrfach positiv aus. Eine verlängerte Schwarmzeit durch zeitigeren Schwarmbeginn und eine kürzere Entwicklungszeit einer Käfergeneration sind die Folgen. Insgesamt führt dies zu einer Zunahme der Anzahl der Generationen im Jahr und der Anzahl von Geschwisterbruten. Es kommt also zu einer sehr starken Förderung der Vermehrungsrate. Insbesondere an wärmebegünstigten Standorten und im sächsischen Hügelland ist, ausgehend von Modellbetrachtungen, in Extremjahren eine weitere Käfergeneration wahrscheinlich.

Im Zuge des Klimawandels, der mit extremeren Witterungsverläufen einher-

geht, könnte sich auch das vorhandene Brutraumangebot erhöhen. In Verbindung mit der beschleunigten Entwicklung verringert sich dadurch das Zeitfenster für eine wirksame Befallsbeseitigung durch forstliche Maßnahmen. Die Anforderungen an eine erfolgreiche Einschränkung der Ausbreitungstendenz des Käferbefalls - steigen bei landesweiten Extremereignissen wie Dürre und Stürmen deshalb künftig an.

Das am 18. und 19. Januar 2007 über Deutschland hinweg gezogene Orkantief „Kyrill“ stellt für die Forstwirtschaft in Sachsen ein katastrophales Beispiel dar. Die aktuelle Schadensbilanz liegt bei mehr als 1,7 Mio. m<sup>3</sup> Bruch- und Wurfholz in den sächsischen Wäldern und entspricht in etwa dem durchschnittlichen Jahreseinschlag über alle Waldeigentumsformen.

Auch im Kronenzustand, der gewissenhaft interpretiert ein Indikator für die Stressbelastung der Bäume ist, lassen sich im Jahr 2007 die regionalen Auswirkungen der globalen klimatischen Veränderungen erkennen. Ausgehend von den extremen Witterungsverhältnissen im Vorjahr, dem milden Winter und der neuerlichen Trockenheit im Frühjahr verschlechterte sich erwartungsgemäß der Kronenzustand der Bäume.

Die in diesem Jahr auf 260 Stichprobenpunkten erfassten 6.240 Probebäume wiesen im Mittel einen Nadel- bzw. Blattverlust von 18,5 % auf. Gemäß der Verteilung der Kombinationsschadstufen müssen 20 % der Waldfläche als deutlich geschädigt (Schadstufen 2–4), 45 % als schwach geschädigt (Schadstufe 1) und 35 % ohne erkennbare Schadmerkmale (Schadstufe 0) eingestuft werden.

Die deutlichsten Veränderungen weist die Eiche auf. Ausgehend von einem

Zeitreihenminimum (21,7 %) im Jahr 2006 stieg die mittlere Kronenverlichtung auf 24,8 % an. Aufgrund ihrer Fähigkeit, mit vorzeitiger Laubverfärbung und dem Abwurf ganzer Zweige (Astabsprünge) bei Trockenheit ihren Wasserverbrauch zu regulieren, war ein Anstieg der Kronenverlichtung zu erwarten. Sehr geringe Absterberaten und das hohe Regenerationspotential, welches in den von Jahr zu Jahr relativ deutlichen Veränderungen des Kronenzustandes zum Ausdruck kommt, verdeutlichen die trotzdem vorhandene Stabilität dieses Baumart.

Auch bei den Nadelbaumarten verschlechterte sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr zum Teil deutlich. Die mittleren Nadelverluste stiegen bei der Fichte auf 17,2%, bei der Kiefer auf 17,8% und bei den sonstigen Nadelbäumen auf 13,3% an.

Die Rot-Buche ist 2007 die einzige Baumart, bei der ein um 4 Prozentpunkte geringerer Anteil Kronenverlichtungen über 25% aufwies. Da sich der mittlere Blattverlust mit 24,2 % statistisch nicht von den vorangegangenen zwei Jahren unterscheidet, sind die Verbesserungen im Wesentlichen das Ergebnis einer veränderten Häufigkeitsverteilung. Die gegenüber dem Vorjahr geringere Fruktifikation trug in entscheidendem Maße zu dieser Veränderung bei.

Die in diesem Jahr diagnostizierten Häufigkeiten deutlicher Schäden sind in allen Wuchsgebieten angestiegen und variieren im Vergleich zum Beginn der Erhebungen kaum.

## 2007 Forest Condition Survey – Summary

Climate defines the characteristic atmospheric conditions and weather patterns for a specific site. Along with the soil characteristics, these significantly influence the occurrence, vitality and growth of plants.

Generally, the climatic characteristics, such as precipitation or temperature, are given as average or extreme values for a 30 year-period. The climate values for the period from 1901 – 1950 have been used up to now for the silvicultural site descriptions and until recently were considered to be constant to a large extent. Comparison with the measured values for the period 1971 – 2000 shows clear climate changes. The annual average temperatures have markedly risen and are barely covered in the lowland and hill country by the old parameter values.

Since the old values are no longer sufficient for describing the climate conditions and the climate prognosis for the Free State of Saxony assumes further warming and decreasing precipitation in the future, the development of a new dynamically applicable climate classification was necessary. With vegetation period and climatic water balance, two meteorological variables indicate the future climatic area conditions with particular relevance for plant growth. The range of the present and future climatic area conditions in Saxon spans from “heavily suboceanic & dry with cold winters” to “subcontinental & submediterranean”.

The climate changes will lead to changes in the areas where forest communities naturally occur. In the subcontinental climate regions of the

Saxon lowland, the Scotch pine and the Pedunculate oak will dominate in the future. However, since these areas are already frequently covered with pine forests, the changes to these regional areas will be comparatively small.

In contrast, the Saxon hill country and the lower mountain regions face a fundamental change. The spruce forests occurring here could already completely disappear in the short or medium term due to a massive selection pressure.

The low ecological stability of the predominating pine and spruce forest ecosystems in Saxony also imply a low adaptation potential regarding the predicted climate changes. In addition, the natural adaptation of the occurring tree species or the immigration of adapted, presently non-indigenous tree species into Saxon may not be able to keep up with the speed of the climate change. The goal-oriented influencing of forestry in terms of accelerating the adaptation process is essential in order to initiate forests that act multi-functionally in their entirety and are in a position to rejuvenate themselves in the future also. Widespread forest conversion, a path taken since the beginning of the 1990's, is thus without alternative and must be expanded further through the use of ecotypes especially adapted to aridness and the targeted control of the growth conditions when undertaking maintenance measures.

Consideration of the dominant risks in Saxon and the possible changes to them in the course of the climate change shows just how crucial increasing the stability of Saxon's

forests is. Basically, an increase in the risks of forest fire, bark beetle disease, and storms must be assumed.

The danger of forest fires will rise primarily through the more frequent future droughts and hot weather conditions and a tending increase in thunderstorms with a high amount of lightening activity. The reasons for this are a quicker drying out of the forest floor and the increasing rate at which fires develop and spread during extreme weather events. Increasingly independent of altitudinal zone, an overall extension of the climate-related forest fire danger must be reckoned with from the lowlands up into the mountain regions of the Saxon low mountain range.

The higher incidence of warm temperatures has a positive effect in multiple ways on the developmental conditions for bark beetle species: a lengthened swarming period through an earlier begin and a shorter period of development for beetle generations. Altogether, this leads to an increase in the number of generations per year and the number of sister broods. There is a very marked facilitation of the reproduction rate. Particularly in areas favored with warm weather, and in the Saxon hill country a further beetle generation is probable in extreme years according to studies of models.

In the course of the climate change accompanied by more extreme weather patterns, the present breeding habitat area could increase. In connection with the accelerated development, the time difference decreases for effectively eliminating infestation through silvicultural

measures. The requirements for a successful limitation of the bark beetle infestation's tendency to spread will be higher in the future in terms of national extreme events such as drought and storms.

The low pressure area windstorm that swept over Germany on January 18 and 19, 2007 poses a catastrophic example for forestry in Saxon. The actual amount of damage is more than 1.7 million m<sup>2</sup> of broken and uprooted trees in Saxon's forests and is approximately equal to the average annual timber felling for all forms of forest ownership.

In 2007 it is also possible to observe the regional effects of the global climatic changes in the condition of the tree crowns, which when carefully interpreted are an indication of the level of stress trees are under. Due to the extreme weather conditions in the previous year, the mild winter and the recent drought in spring, the condition of the tree crowns has deteriorated as expected.

The 6,240 sample trees recorded this year at 260 sample points show on average a needle and leaf loss of 18.5 %. According to the division of the combination damage classes, 20 % of the forest area must be designated as clearly damaged (damage class 2 – 4), 45 % as mildly damaged (damage class 1) and 35 % as without showing recognizable signs of damage (damage class 0).

The most explicit changes are visible in the oak. Based on a time series minimum (21.7 %) in the year 2006, the average tree crown defoliation increased to 24.8 %. Due to the oak's ability to prematurely change leaf color and to throw off of entire branches (branch abscission) in order to regulate its water consumption during droughts, an increase in crown

thinning was to be expected. Despite this, very low tree mortality and the high regeneration potential, which is visible in the relatively clear changes from year to year in the crown condition, make clear the stability of this tree species.

Also in coniferous tree species, the tree crown condition has distinctly deteriorated in part when compared with the previous year. The average needle loss increased for the spruce to 17.2 %, for the pine to 17.8 % and for the other coniferous tree to 13.3 %.

The common beech is the only tree species in 2007 in which a proportion smaller by four percentage points showed crown defoliation of over 25 %. Since the average leaf loss with 24.2 % does not differentiate itself statistically from the previous two years, the improvements are essentially the result of an altered frequency distribution. The lower fructification compared to the prior year contributed substantially to this change.

The frequencies of clear damage diagnosed this year have increased in all of the growth areas and hardly vary when compared with the data collected at the beginning of the documentation.

## Stav lesních porostů v roce - Srhnutí

Klima definuje atmosférické stavy a povětrnostní procesy, které jsou charakteristické pro určitou lokalitu. Tyto procesy směřovatně ovlivňují vedle vlastností půdy i výskyt, vitalitu a růst rostlin.

Obecně se uvádějí klimatické parametry jako srážky nebo teploty jako průměrné nebo mezní hodnoty 30-letého období. Klimatické hodnoty období 1901 – 1950 byly dosud použity pro popis lesních lokalit a ještě před nedávnem považovány za poměrně konstantní. Ze srovnání měřených dat za období 1971 – 2000 jednoznačně vychází, že došlo ke klimatickým změnám. Roční průměrné teploty se značně zvýšily a v nížinách a na vrchovinách vůbec nesouhlasí s dřívějšími rámcovými hodnotami.

Vzhledem k skutečnosti, že rámcové hodnoty už nestačí ke charakteristice klimatických poměrů a že v prognózách klimatu pro svobodný stát Sasko se předpokládá další oteplování a budoucí úbytek srážek, bylo nutné zpracovat nové klimatického členění s možností dynamického uplatňování. Délka vegetačního období a klimatická vodní bilance – to jsou dva meteorologické parametry se zvláštním významem pro růst rostlin, které budou charakterizovat klimatické stanovištní poměry. Rozpětí současných a budoucích stanovištních poměrů v Sasku sahá od „silně suboceánské & studená zima“ až k „subkontinentální & submediteránní“.

Klimatické změny způsobují, že v oblastech s přírodními lesními společenstvy dojde ke změnám. V budoucnu v subkontinentální oblasti saské nížiny budou dominovat borovice a duby letní. V souvislosti s tím, že tato stanoviště už dnes jsou zakměněna sosnovými porosty, na těchto stanovištích změny dopadnou poměrně nepatrně.

K zásadním změnám však dojde v saské parhokatině a ve podhoří. Stávající smrkové porosty mohou úplně zmizet na základě masivního selekčního tlaku už v krátkém až středodobém horizontu.

Ekosystémy sosnových a smrkových porostů převažujících v Sasku se vyznačují i nízkým adaptivním potenciálem vzhledem k předpovědi scénáře klimatických změn. Navíc přirozené adaptace stávajících dřevin nebo migrace již přizpůsobených však nepůvodních dřevin nemůžou držet kroky se změnou klimatu. Proto je nevyhnutelné účelové urychlení procesu adaptace, aby naše lesy i v budoucnu mohly splnit multifunkční úkoly a aby bylo zajištěno jejich přírodní obnova. Tím je úprava lesů bezalternativní, která byla zahájena začátkem devadesátých let minulého století, je třeba ji dále rozvinout použitím zvláště přizpůsobených ekotypů a účelovým řízením růstových podmínek při výchově porostů.

Jakou úlohu hraje zvýšení stability saských lesů, o tom svědčí

hodnocení dominantních rizik a jejich možných změn v souvislosti se změněným klimatem. Zásadně musíme vycházet ze zvýšených nebezpečí lesních požárů, kůrovce a lesní kalamity po vichřicích.

Nebezpečí lesních požárů je dáno častěji vyskytujícími nadměrným suchem a vedrem a tendencí k zvýšenému výskytu bouřek se silnou bleskovou aktivitou. Důvody toho jsou rychlejší vyschnutí půdního pokryvu a vyšší rychlosti při vzniku a rozšiřování požáru za extrémních povětrnostních podmínek. Celkem musíme počítat s rostoucím nebezpečím lesních požárů bez ohledu na výši nadmořem, a sice od nížin až k podhoří a vrcholům saských středohoří.

Vyšší teploty mají i kladné dopady na vývojové podmínky druhů kůrovců: na jedné straně se prodlužuje doba rojení dřívějším nástupem rojení, na druhé straně dojde ke zkrácení doby vývoje kůrovcové generace. Celkem se tím zvýší počet generací v roce jakož i počet sesterských generací, tedy dojde k silnému přírůstku rozmnožení. Na základě modelování zvláště na teplých lokalitách v saské parhokatině musíme počítat s výskytem další kůrovcové generace v extrémních klimatických podmínkách.

Za základě změněného klimatu v souběhu s extrémními povětrnostními procesy může dojít i k větší nabídce stávajících hnízdních lokalit a možností. V souvis-

losti s rychlejším vývojem se snížila doba pro účinnou likvidaci napadených porostů. Tím se v budoucnu zvýší požadavky na účinné omezení rozšiřování kůrovcem napadených porostů při extrémních povětrnostních podmínkách jako například sucha a vichřice.

Orkán Kyrill se Německem prohnal ve dnech 18. a 19. ledna 2007 a polámal či vyvrátil stromy v porostech saského lesnictví v katastrofálním rozsahu. Aktuální bilance celkového poškození činí více než 1,7 mil. m<sup>3</sup> kalamitních dříví v saských lesích, což odpovídá přibližně průměrné roční těžbě všech druhů vlastnictví lesů.

Také vzhledem ke korunovému stavu, který je při důkladné interpretaci závažným indikátorem stresové situace porostů, můžeme vyvést závěry o regionálních vlivech globálních klimatických změn v roce 2007. S ohledem na extrémní povětrnostní poměry v minulém roce, na letošní poměrně mírnou a teplou zimu a opakovaný výskyt sucha na jaře došlo podle očekávání k zhoršení korunového stavu porostů.

V tomto roce bylo provedeno na 260 lokalitách namátkové zkoušky, které zahrnuly 6.240 pokusných stromů, které v průměru vykazovaly defoliace ve výši 18,5 %. Podle rozdělení kombinovaných stupňů poškození se zařadí 20 % lesních porostů do stupně s významným poškozením (stupně poškození 2 – 4), zatímco 35 % lesních porostů je bez patrných známek poškození (stupeň poškození 0).

Nejpatrnější změny se projevíly

u dubů. Na základě minimálních časových řad (21,7 %) vstoupila průměrná korunová defoliace v roce 2006 na 24,8 %. Na základě schopnosti dubu, že v případě sucha může upravit spotřebu vody předčasným vybarvením listů a opadem kompletních větví (opad větviček), předpokládalo se zvýšení korunové defoliace. Malý stupeň umíraných větví a vysoký regenerační potenciál, což se projevuje rok za rokem v zřejmých změnách korunového stavu, svědčí však o stávající stabilitě této dřeviny.

Také u jehličnatých dřevin se korunový stav významně zhoršil ve srovnání s předešlým rokem. Průměrné jehličí ztráty stouply u smrkových porostů na 17,2 %, u borovice na 17,8 % a u ostatních jehličnatých dřevin na 13,3 %.

Buk lesní je v roce 2007 jedinou dřevinou, kde se zjišťovalo o 4 % menší podíl korunové defoliace nad 25 %. Vzhledem k tomu, že průměrná ztráta listů ve výši 24,2 % se ze statistického hlediska neliší od procenta předcházejících dvou let, můžeme považovat zlepšování v podstatě za výsledky změněného rozdělení četnosti. Menší fruktifikace ve srovnání s předešlým rokem rozhodujícím způsobem přispěla k této změně.

V tomto roce diagnostifikované četnosti zřetelných poškození se zvyšovaly ve všech růstových oblastech a odlišují se od výsledků na začátku průzkumu jenom nepatrně.

# Kondycja lasów w Saksonii w 2007 roku - streszczenie

Klimat definiuje charakterystyczne dla określonego miejsca stany atmosferyczne i przebiegi pogody, a one z kolei wpływają nie tylko na właściwości gleb, lecz również w miarodajny sposób na występowanie, żywotność i wzrost roślin.

Parametry klimatyczne tj. opady lub temperatura, podawane są zazwyczaj jako wartości średnie i ekstremalne 30-letniego okresu. Wartości klimatyczne z okresu od 1901 do 1950 roku stosowane były dotychczas w odniesieniu do leśnego opisu siedlisk, a także postrzegane do niedawna jako stałe. Porównanie z wartościami pomiarowymi okresu lat 1971-2000 wykazuje jednak na jednoznaczne zmiany klimatyczne. Średnie roczne temperatury uległy zauważalnemu wzrostowi i nie pokrywają się już prawie wcale na nizinach i terenach pagórkowatych ze starymi wartościami ramowymi.

Wzwiązkuz tym, że stare wartości ramowe nie wystarczają już do opisanie sytuacji klimatycznej, a prognozy klimatyczne dla Wolnego Państwa Saksonii wychodzą z założenia dalszego ocieplenia i przyszłej redukcji opadów, konieczne stało się opracowanie nowego - dającego się dynamicznie zastosować - podziału klimatu. Wraz z długością okresu wegetacyjnego i klimatycznym bilansem wodnym, charakteryzować będą w przyszłości dwie wielkości meteorologiczne - ze szczególną ważnością wzrostu roślin - klimatyczne warunki siedlisk.

Rozpiętość pomiędzy obecnymi i przyszłymi klimatycznymi warunkami siedlisk w Saksonii sięga od „silnie suboceanicznych & zimnych zim” aż po „subkontynentalne & subśródziemnomorskie”.

Zmiany klimatyczne doprowadzą do tego, że zmieniają się areale, w których z natury rzeczy występują zespoły leśne. W subkontynentalnym obrębie klimatycznym nizin saksońskich, dominować będą w przyszłości sosna pospolita i dąb szypułkowy. Ze względu jednak na to, że siedliska te już dzisiaj pokryte są często lasami sosnowymi, zmiany w tym regionie siedlisk będą stosunkowo nieznaczne.

Zasadniczą zmianą dotkniętą są w przeciwieństwie do tego saksońskie tereny pagórkowate i dolne tereny górskie. Występujące tutaj lasy świerkowe mogą już krótko- lub średnioterminowo zupełnie zniknąć z powodu masywnego nacisku selekcyjnego.

Mała stabilizacja ekologiczna dominujących w Saksonii ekosystemów lasów sosnowych i świerkowych, zawiera w sobie również nikły potencjał dostosowania w odniesieniu do prognozowanych zmian klimatu. Oprócz tego, naturalne dostosowanie występujących gatunków drzew lub imigracja do Saksonii dostosowanych, dotąd nierodzimych gatunków drzew, nie dotrzymują kroku z prędkością zmieniającego się klimatu. Docelowe wywieranie

wpływu przez gospodarkę leśną w znaczeniu przyspieszenia procesu dostosowania jest więc bezwarunkowe dla inicjowania lasów, które również w przyszłości mogą w całości oddziaływać multifunkcjonalnie i samemu się odnawiać. Obrona z początku lat 1990-tych droga przebudowy lasu, jest tym samym bezalternatywna i musi być dalej rozbudowywana poprzez zastosowanie szczególnie dopasowanych do suszy ekotypów, a także docelowe sterowanie warunkami wzrostu podczas działań pielęgnacyjnych.

Nailedecydujące jest zwiększenie stabilności lasów saksońskich, pokazują obserwacje dominujących w Saksonii ryzyk i ich możliwych zmian w ramach zmieniania się klimatu. Zasadniczo należy wychodzić z założenia zwiększenia się ryzyk związanych z pożarem lasu, kornikowatymi i burzami.

Zagrożenie pożarem lasu zwiększy się przede wszystkim przez występujące w przyszłości częstsze susze i upały, a także tendencyjne zwiększenie występowania burz z wicherą przy wysokiej aktywności piorunów. Powodami tego są szybsze wysychanie ściółki gleby i rosnąca prędkość rozwoju i rozprzestrzeniania się pożarów w przypadku ekstremalnych wydarzeń pogodowych. Ogólnie należy liczyć się z - coraz bardziej niezależnym od stopni wysokości położenia - zwiększaniem się

zależnego od klimatu zagrożenia pożarem lasu, od nizin aż po tereny górskie saksońskich gór średnich.

Występujące ocieplenie wpływa również o wiele pozytywniej na warunki rozwoju gatunków kornikowatych: przedłużenie okresu rojowego przez wcześniejsze rozpoczęcie roju i krótszy okres rozwoju pokolenia kornikowatych. Prowadzi to w sumie do wzrostu liczby pokoleń w roku i liczby wylęgania rodzeństw. Dochodzi więc do bardzo silnego wsparcia współczynnika rozmnażania. Zwłaszcza w bardziej ciepłych siedliskach i na saksońskich terenach pagórkowatych, prawdopodobne jest - wywodząc się od obserwacji modelowych z lat ekstremalnych - dalsze pokolenie kornikowatych.

W ramach zmiany klimatu, idącego w parze z bardziej ekstremalnymi przebiegami pogody, może dojść do zwiększenia istniejącej oferty miejsc wylęgowych. W powiązaniu z tym przyspieszonym rozwojem, zmniejsza się czasowy odstęp w odniesieniu do skutecznej likwidacji porażenia przez szkodniki przy pomocy działań leśnych. Dlatego też wymagania w stosunku do skutecznego ograniczenia tendencji rozprzestrzeniania się kornikowatych, będą rosły w przyszłości w całym kraju w miarę występowania ekstremalnych zdarzeń tj. susza i wichury.

Szalejący nad Niemcami w dniach 18 i 19 stycznia 2007 roku orkan Kyrill stanowi dla gospodarki leśnej w Saksonii katastrofalny przykład. Aktualny bilans szkód kształtuje się na przeszło 1,7

mln m<sup>3</sup> wiatrołomu w lasach saksońskich i odpowiada mniej więcej średniemu rocznemu wyrębowi w odniesieniu do wszystkich występujących w lasach form własności.

Również po stanie koron, będącym przy sumiennej interpretacji wskaźnikiem dla obciążenia drzewstremem, można rozpoznać w roku 2007 regionalne oddziaływanie globalnej zmiany klimatu. Wywodząc się od ekstremalnych sytuacji pogodowych w roku ubiegłym, lekkiej zimy i występującej wiosną suszy, stan koron drzew pogorszył się zgodnie z oczekiwaniem.

Ujęte w tym roku - w 260 punktach przeprowadzania prób wyrępkowych - 6.240 drzew próbnych, wykazało w średniej utratę igieł i liści wynoszącą 18,5%. Zgodnie z podziałem na kombinowane stopnie uszkodzenia, 20% powierzchni lasu musi zostać zaklasyfikowanych jako wyraźnie uszkodzone (stopień uszkodzenia 2-4), 45% jako słabo uszkodzone (stopień uszkodzenia 1) i 35% jako bez rozpoznania cech uszkodzenia (stopień uszkodzenia 0).

Najwyraźniejsze zmiany wykazuje dąb. Wywodząc się od minimum przedziału czasowego (21,7 %) w roku 2006, doszło do wzrostu średniego przerzedzenia koron osiagającego 24,8%. Z powodu jego zdolności do regulacji zużycia wody w czasie suszy, poprzez wcześniejszą zmianę barwy liści i zrzucanie całych gałęzi (zrzut gałęzi), można było spodziewać się wzrostu przerzedzenia koron. Bardzo nieznaczny współczynnik zamierania i duży potencjał regeneracji, który uwidacznia się

z roku na rok w stosunkowo wyraźnych zmianach stanu koron, wskazuje jednak na istniejącą stabilność tego gatunku drzew.

Również w odniesieniu do gatunków drzew iglastych, stan koron uległ w porównaniu z rokiem ubiegłym częściowo wyraźnemu pogorszeniu. Średnia utrata igieł w przypadku świerku wzrosła do 17,2% w przypadku sosny do 17,8% i w przypadku pozostałych drzew iglastych do 13,3%.

Buk pospolity jest w roku 2007 jedynym gatunkiem drzew, w przypadku którego niższy o 4 punkty procentowe udział przerzedzenia koron wykazało powyżej 25%. Jako że średnia strata liści wynosząca 24,2% nie różni się pod względem statystycznym od ubiegłych dwóch lat, poprawy te są zasadniczo wynikiem zmienionego podziału częstotliwości. Mniejsza w porównaniu z rokiem ubiegłym fruktyfikacja przyczyniała się w decydującej mierze do tej zmiany.

Diagnostowane w tym roku częstotliwości wyraźnych szkód, zwiększyły się we wszystkich obszarach wzrostu i nie zmieniają się prawie wcale w porównaniu z danymi z początku sporządzania statystyki.



**Waldklimastation &  
Waldumbau**

# Die Wuchsbedingungen verändern sich

## Die forstliche Klimagliederung

Die Charakterisierung des regionalen Klimas eines Waldstandortes ist ein unerlässlicher Bestandteil bei der Beschreibung seiner Standortseigenschaften. Die bislang in Sachsen angewendete forstliche Klimagliederung basiert auf der forstlichen Standortserkundung unter KOPP und SCHWAN-ECKE. Diese konzipierten die forstlichen Klimastufen so, dass Regionen mit ähnlichen Merkmalen des Makroklimas (Feuchte, Temperatur, Lage, Vegetation), die eine gleichartige waldbauliche Behandlung zulassen, abgrenzbar waren.

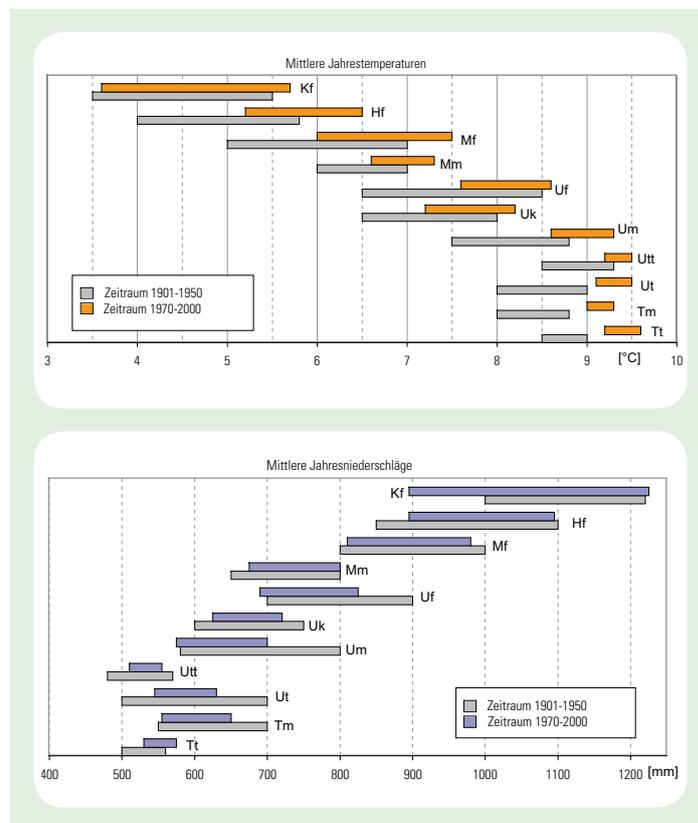
Die Klimastufen werden als Kombinationen aus Höhenstufen (Temperaturgradient) und Klimafeuchtestufen (Einfluss der Geländemorphologie auf den Niederschlag) dargestellt. In Sachsen spiegeln sie den ausgeprägten Höhengradienten des Landes vom trockeneren Tiefland im Norden (< 200 m ü. NN) bis hin zu den feuchten Kammlagen des Erzgebirges (> 800 m ü. NN) im Süden wieder. Zu ihrer Kennzeichnung wurden ihnen Rahmenwerte zu Jahresniederschlag, Jahresmitteltemperatur, Niederschlag und Temperatur im Zeitraum Mai - September und Vegetationszeitlänge (Tage mit > 10 °C) zugeordnet.

Bis in die 1990er Jahre standen hierfür Klimawerte der Periode 1901–1950 zur Verfügung [1]. Auf Basis der Klimarasterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) der Periode 1971–2000 sollten die Klimarahmenwerte für die vorhandenen Areale aktualisiert werden.

## Registrierte Veränderungen des Klimas

Die Gegenüberstellung der Rahmenwerte der Periode 1901–1950 und der aktuellen Wertespannen auf Basis der Periode 1971–2000 zeigt deutliche Differenzen (vgl. Abb. 1).

Der Vergleich ergibt, dass die aktuellen Jahrestemperaturen höhere Werte aufweisen. Mit Ausnahme der Kammlagen und der unteren feuchten Berglagen konnten kaum noch Überdeckungen von alten und neuen Rahmenwerten verzeichnet werden. Bei den Jahresniederschlägen fällt



**Abb. 1a, b: Gegenüberstellung der bislang verwendeten Rahmenwerte der Klimastufen in Sachsen (abgeleitet aus Periode 1901–1950) und neu ermittelten Wertespannen für diese Areale auf Basis der Rasterdaten des DWD (Periode 1971–2000) für Jahrestemperatur und -niederschlag; [Kf = Kammlagen feucht; Hf = Hochlagen feucht; Mf = Mittlere Berglagen feucht; Mm = Mittlere Berglagen mäßig feucht; Uf = Untere Berglagen/ Hügelland feucht; Uk = Untere Berglagen/ Hügelland mäßig feucht, kühl; Um = Hügelland mäßig trocken; Utt = Hügelland sehr trocken; Ut = Hügelland trocken; Tm = Tiefland mäßig trocken; Tt = Tiefland trocken].**

insbesondere im mäßig trockenen Tiefland und im überwiegenden Teil des Hügellandes und der Unteren Berglagen die Absenkung der Obergrenzen der Wertespanssen gegenüber den alten Rahmenwerten auf.

Eine Aktualisierung der Kartierung unter Anwendung der bisher gültigen Rahmenwerte ist nicht möglich, da bereits jetzt große Bereiche Sachsens nicht mehr durch den herkömmlichen Werterahmen abgedeckt und somit durch eine einfache Arealverschiebung erfasst werden. Dies trifft insbesondere für die trockeneren und wärmeren Gebiete zu. Unter Berücksichtigung der weiter fortschreitenden Klimaänderungen ist die Erarbeitung einer neuen dynamisch anwendbaren Klimagliederung notwendig, die entsprechende Klimaprognosen integriert [2].

### Eine dynamische Klimagliederung

Auf der Basis von mehr als 13.000 Aufnahmen aus der vegetationskundlichen Literatur wurde das Vorkommen von Waldgesellschaften und forstlich wichtiger Baumarten in Relation zur Vegetationszeitlänge

(Tagesmitteltemp. > 10°C) und der klimatischen Wasserbilanz während der Vegetationszeit gesetzt.

Mit der Vegetationszeitlänge und der klimatischen Wasserbilanz wurden zwei Kennwerte gewählt, die verschiedene meteorologische Größen hinsichtlich ihrer Relevanz für das Pflanzenwachstum verknüpfen. Die Vegetationszeitlänge wird von der Temperatur gesteuert. Sie bezeichnet den durchschnittlichen Zeitraum, in dem sich die Waldbäume im Vergleich zur winterlichen Vegetationsruhe in einer Phase hoher physiologischer Aktivität befinden. In Sachsen lag die Länge der Vegetationszeit in der Periode 1971-2000 zwischen ca. 90 Tagen auf dem Fichtelberg in den Kammlagen des Erzgebirges und 180–185 Tagen im Elbtal sowie im Bereich Gröditz – Riesa – Großenhain.

Die klimatische Wasserbilanz in der Vegetationszeit, als Differenzgröße aus Niederschlag und potenzieller Verdunstung, beschreibt die klimaabhängige Komponente des in dieser Zeit für Stoffwechselfvorgänge zur Verfügung stehenden Wassers. Sie ist ein Maß dafür, wie sich das Klima auf den Bodenwasserhaushalt aus-

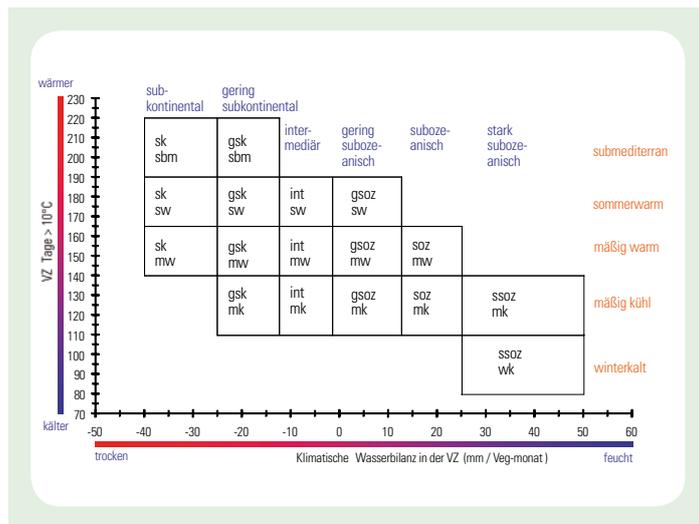
wirken kann. Ist sie negativ, wird der Boden trockener, ist sie positiv, kann Versickerung stattfinden. Unterstellt man eine vollständige Auffüllung des Bodenspeichers zum Ende des Winters, verliert der Boden im ersten Fall tendenziell stetig an Feuchtigkeit und es droht Trockenstress, im Extremfall sogar Dürre. Bei einer positiven klimatischen Wasserbilanz variieren dagegen die Bodenfeuchteverhältnisse in Abhängigkeit von der Evapotranspiration und es steht den Bäumen ausreichend Wasser zur Verfügung.

Der Entwurf des neuen Gliederungsrahmens (vgl. Abb. 2) kombiniert Klassen der klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationszeit (VZ) mit Klassen der Vegetationszeitlänge. Die klimatische Wasserbilanz in der Vegetationszeit wurde nach einem einheitlichen Verfahren (Grasreferenzverdunstung nach Wendling) auf mm/Vegetationsmonat normiert.

Um Verwechslungen auszuschließen, unterscheidet sich die Benennung der Klassen von den Namen der bisher gebräuchlichen Klimastufen. Die Spanne der gegenwärtig bzw. künftig relevanten Einheiten in Sachsen reicht von „stark subozeanisch & winterkalt“ mit hohen Niederschlägen bei relativ geringer Verdunstung, niedrigen Mitteltemperaturen und kurzer Vegetationszeit bis hin zu „subkontinental & submediterran“ mit geringen Niederschlägen bei relativ hoher Verdunstung, hohen Mitteltemperaturen und langer Vegetationszeit.

Mit diesem Gliederungsrahmen ist es möglich, sowohl das aktuelle Klima (hier: die auf Messwerten beruhende aktuelle Periode 1971-2000) als auch prognostizierte Klimaszenarien zu klassifizieren und zu veranschaulichen. Zur Abschätzung des prognostizierten Zustandes am Ende dieses

**Abb. 2:**  
Entwurf des neuen Gliederungsrahmens für eine forstliche Klimaeinteilung in Sachsen

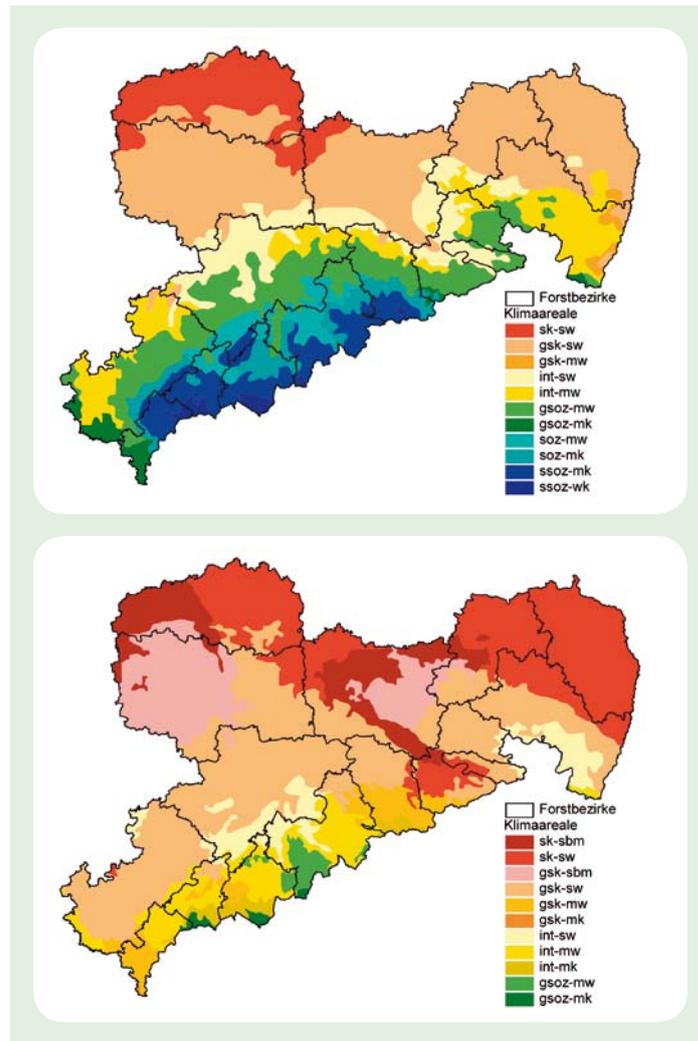


Jahrhunderts wurden die vom Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) zur Verfügung gestellten regionalisierten Ergebnisse auf Basis des B1-Emissionsszenarios des ECHAM5-Klimamodelles verwendet. Im Vergleich zu den anderen Klimaszenarios des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimafragen (IPCC) unterstellt das B1-Szenario unter anderem aufgrund effektiv angewandter neuer Technologien eine abnehmende Intensität des weltweiten Energie- und Materialverbrauchs und gilt deshalb als das Szenario mit den geringsten Veränderungen. Aber auch in diesem Fall wird die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre gegen Ende dieses Jahrhunderts mit 550 ppm das Doppelte der vorindustriellen Zeit erreicht haben.

Abbildung 3 zeigt die Klimaareale entsprechend des neuen Gliederungsrahmens in Sachsen für den Zeitraum 1971-2000 und für das Klima am Ende dieses Jahrhunderts. Für das Basisklima 1971-2000 (Abb. 3a) ist gut zu erkennen, dass in dieser Periode in Nordwest-Sachsen ein Areal mit subkontinentalen & sommerwarmen (sk-sw) Bedingungen existiert.

Dagegen wird das Erzgebirge überwiegend von subozeanischen (soz) bis stark subozeanischen (ssoz) Klimaarealen abgedeckt. Zum Ende dieses Jahrhunderts (Abb. 3b) wird deutlich, dass sich in allen Landesteilen die klimatische Wasserbilanz in der Vegetationszeit und damit das pflanzenverfügbare Wasserangebot in unterschiedlicher Intensität verringern.

Auf der Karte für die Periode 2091-2100 ist ersichtlich, dass im gesamten nordsächsischen Raum, dem Elbtal und der Sächsischen Schweiz subkontinentale (sk) Klimaverhältnisse herrschen werden. Teilweise wird eine Verlängerung der Vegetationszeit auf



**Abb. 3a,b:** Klimakarten für Sachsen auf Basis des Vorschlages zur neuen forstlichen Klimagliederung in Sachsen; [3a: Basisklima Reihe 1971-2000; 3b: Prognoseklima 2091-2100; ; Abk. siehe Abb. 2]

über 190 Tage prognostiziert, was einen Sprung in die submediterrane (sbm) Klasse bedeutet. Selbst im Erzgebirge ist mit einem Absinken der klimatischen Wasserbilanz auf Werte unterhalb von 12,5 mm/Vegetationszeitmonat zu rechnen.

Die Forstwirtschaft der Gegenwart muss deshalb bei der Waldbehandlung sowohl aktuelle als auch künftig wahrscheinliche Klimaverhältnisse berücksichtigen.

Ab Ende des Jahres 2007 wird die neue dynamische Klimagliederung sukzessive in Handlungsrichtlinien und Planungen übernommen. Gelän-

deausformung und Bodeneigenschaften können die Wirkungen des Klimas auf das Ökosystem puffern oder auch verschärfen. Es ist zu erwarten, dass der Klimawandel auch Veränderungen einzelner Bodeneigenschaften und hydrologischer Bedingungen bewirkt. Zur Wasserspeicherfähigkeit der Waldböden besteht weiterer Forschungsbedarf und die Notwendigkeit der Entwicklung eines effektiven Monitorings zur Abbildung des klimabedingten Standortwandels.

# Waldgesellschaften verändern sich mit

## Klimaänderungen und Prognosen

In den letzten 100 Jahren betrug die Erderwärmung weltweit durchschnittlich  $0,6\text{ °C}$  ( $\pm 0,2\text{ °C}$ ). In Sachsen ist es in den letzten 50 Jahren sogar um  $1\text{ °C}$  wärmer geworden [3]. Zusätzlich häufen sich in dieser Periode starke saisonale Abweichungen von langjährigen Mittelwerten. Seit August 2006 sind in Deutschland in 11 aufeinander folgenden Monaten die höchsten Temperaturen seit Aufzeichnung der Klimadaten gemessen worden. Darüber hinaus nimmt auch in Sachsen die Häufigkeit von Extremereignissen wie Hochwasser (Elbehochwasser 2002 und 2006), Sturmschäden (im Erzgebirge 2005 und 2007) oder Dürre (Sommer 2003 und 2006) zu.

Dies sind alles Indizien für einen Klimawandel, der sich in den nächsten 30-50 Jahren mit zunehmender Rasaniz vollziehen wird, was unabhängig voneinander alle Klimaprognosemodelle und alle ihnen zugrunde liegenden Szenarien des Anstieges der  $\text{CO}_2$ -Konzentration bestätigen [4]. Die komplexen Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen belebter und unbelebter Umwelt sowie der Einfluss des Menschen erschweren jedoch genauere Prognosen. Die Unsicherheiten nehmen bei Betrachtung meteorologischer Extremereignisse und spezieller Entwicklungen einzelner ökologischer Aspekte weiter zu. Dabei sind jedoch gerade die Antworten auf die Frage, welche detaillierten Auswirkungen der Klimawandel auf die Gesellschaft, die Kulturlandschaft oder die Wälder hat, von existenzieller Bedeutung. Erste Ansätze zur Beschreibung der

Auswirkungen des Klimawandels auf die Forstwirtschaft und die Wälder in Sachsen erfolgten bereits 2002 [3,5].

Die Ergebnisse dieser auf Simulationen des Wasserhaushaltes von Forstökosystemen basierenden Studie sind seither die Grundlage für waldbauliche Entscheidungen. Insbesondere im Rahmen des Waldumbaus im Landeswald werden die voraussichtlichen Arealverschiebungen der natürlichen Waldgesellschaften in höhere Lagen bereits berücksichtigt.

Die bisherigen Betrachtungen zur zukünftigen Anbaueignung von Baumarten fußen überwiegend auf der Jahresmitteltemperatur und der Jahresniederschlagssumme. Für bestimmte Skalenebenen – Naturraum, Wachstumsgebiet, Wachstumsbezirk – wird der Anstieg der Temperaturen und die gleichzeitige Verminderung der Niederschlagsmengen berechnet und mit den derzeitigen Rahmenwerten der Verbreitung von Baumarten verglichen [6]. Da das Vorkommen einer Baumart neben klimatischen und standörtlichen Faktoren, wie beispielsweise dem Tages- und Jahresgang von Temperatur- und Bodenfeuchte, jedoch in entscheidendem Maße durch das Zusammenleben aller Organismen einer Lebensgemeinschaft und deren Wechselbeziehungen mit ihrer nicht lebenden Umwelt bestimmt wird, sind solche vergleichsweise einfachen Konzepte nur bedingt in der Lage, Wirkungen von Klimaänderungen auf Waldlebensgemeinschaften vorherzusagen [7]. Zur Beschreibung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Wälder sind folglich weitaus komplexere Modelle notwendig, auf deren Entwicklung und Erprobung sich ökologische und forstwissenschaftliche Forschungen aktuell konzentrieren [8].

## Einfluss der Ausgangsbedingungen

In Sachsen herrschen Kiefern- und Fichtenforstökosysteme vor, die häufig durch Struktur- und Baumartenarmut gekennzeichnet sind. Unter Berücksichtigung einer standörtlichen Differenzierung ist die Fähigkeit dieser Forstökosysteme Umwelteinwirkungen zu widerstehen oder sich veränderten Umweltbedingungen anzupassen, als gering einzuschätzen. Das gilt auch hinsichtlich der prognostizierten Klimaänderungen.

Die geschilderten Strukturmerkmale – Reinbestände, Altersklassenwald, Dominanz von Fichte und Kiefer – wirken sich insbesondere auf das natürliche Verjüngungspotenzial der Wälder aus. Dieses ist in Sachsen, lässt man die Fichte einmal außer Acht, im Wesentlichen auf konkurrenzschwache Pionierbaumarten (z. B. Kiefer, Birke, Aspe) beschränkt. Regelmäßig fruktifizierende Samenbäume der natürlicherweise anzutreffenden, ausdauernden und konkurrenzstarken Baumarten Buche, Eiche und Weißtanne, kommen vergleichsweise selten vor und können neue Wuchsräume nur über sehr große Zeiträume erschließen. Eine Adaption an veränderte Klimabedingungen setzt jedoch gerade das Vorhandensein oder das Einwandern angepasster Baumarten voraus.

Standortstolerante Pionierbaumarten sichern bei katastrophalen Störungen, die im Zuge extremer Witterungsverläufe immer wahrscheinlicher werden, die Wiederbewaldung der Freiflächen. Fehlen jedoch standortsgerechte Baumarten mit längerer Lebensdauer in der Umgebung, rei-

hen sich ausschließlich Entwicklungszyklen von Pionierbaumarten aneinander. Dabei sind Pionierbaumarten nicht in der Lage, den überwiegenden Teil der Waldlebensräume vollständig zu erschließen. Verschiedenste Waldwirkungen werden somit nur eingeschränkt erfüllt. Dies trifft insbesondere auf die langfristige Produktivität dieser Wälder zu.

Altersgleiche, großflächige Reinbestände verstärken das Problem. Deren gleichförmige Baumartenzusammensetzung, Struktur und Gefährdungssituation gleichen punktuelle Störungen des Waldgefüges nach Sturm, Schneebruch oder Insektenschäden nicht mehr aus. Das Ergebnis sind großflächige katastrophentartige Störungen, die eine Wiederaufforstung mit unterschiedlicher Intensität nach sich ziehen. Die fehlende Fähigkeit der Selbsterneuerung nach Störungen wird ohne diese aufwändige Walderneuerung zu einer gerichteten Veränderung führen. Letztendlich könnten so neue Ökosysteme entstehen.

### Klimaänderungen und veränderte Waldgesellschaften gehören zusammen

Ausgehend von den ersten Prognosen der Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Wälder Sachsens wurde im Zuge der Erarbeitung der neuen forstlichen Klimagliederung (vgl. Kapitel „Die Wuchsbedingungen verändern sich“) auch ein komplexerer Modellansatz zur Analyse des baumartenspezifischen Anbau­risikos ausgewertet. Im Hinblick auf die Stetigkeit der Wälder und der von diesen ausgehenden Wirkungen wurden Leitwaldgesellschaften sowie deren Baumartenzusammensetzung für die aktuellen Klimaverhältnisse und künftige Klimaszenarien hergeleitet. Das verwendete Modell berücksichtigt mit der Vegetationszeitlänge und der klimatischen Wasserbilanz rela-

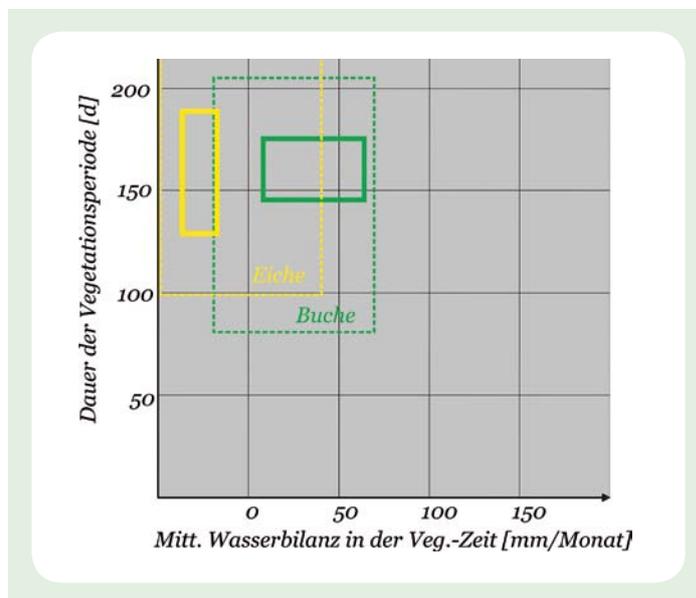
tiv komplexe Umweltparameter und bezieht die Konkurrenzverhältnisse zwischen Pflanzenarten naturnaher Wälder mittels mathematisch-statistischer Verfahren in die Untersuchung ein.

Für das Vorkommen einer Pflanzenart muss die Vegetationszeit das Ausreifen der Überwinterungsorgane (Knospen) ermöglichen, damit langlebige Arten bis zu ihrer erfolgreichen Regeneration (Fruchtreife oder vegetative Vermehrung) dauerhaft am Standort erhalten bleiben. In diesem Zeitraum müssen die Bäume mit dem konkret zur Verfügung stehenden Wasserangebot auskommen. Durch zahlreiche phänologische Anpassungen, wie z. B. Blattflächenformen und Blattstrukturen, variiert der Wasserverbrauch von Art zu Art stark und bestimmt die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Arten. Für die Vegetationszeitlänge und die klimatische Wasserbilanz lassen sich daraus Schwellenwerte für das Vorkommen von Baumarten und Waldgesell-

schaften definieren. Dies trifft in Bezug auf die klimatische Wasserbilanz jedoch nur für Standorte zu, die nicht infolge der örtlichen Geländebedingungen durch das Auftreten von Grund- oder Stauwasser beeinflusst sind.

Die *Abbildung 4* verdeutlicht die Grenzbereiche für zwei Baumarten in Sachsen. Da die Charakterisierung der Baumarten ausgehend von der Stetigkeit in Waldgesellschaften erfolgte, berücksichtigt der Ansatz die evolutionäre Anpassung an die gegebenen Standorts- und Klimaverhältnisse und das Konkurrenzgleichgewicht mit der vergesellschafteten Tierwelt. Zwischen den Grenzen wird nach Störungen von einer spontanen Erneuerung dieses Gleichgewichtes ausgegangen.

Die beispielhaft für die Baumarten Rot-Buche und Stiel-Eiche dargestellten Wertebereiche geben Hinweise auf das Anbauoptimum (Dominanz in der Waldgesellschaft) und die



[Unterbrochene Linien geben die absolute Grenze des Vorkommens der Baumarten in Waldgesellschaften an. Durchgezogenen Linien begrenzen die Dominanz der Baumart in der Waldgesellschaft.]

**Abb. 4:** Beispiel der Ableitung von Grenzwerten des Vorkommens der Baumarten „Rot-Buche“ und „Stiel-Eiche“ für in Sachsen häufige Standorte mit unterdurchschnittlicher und mittlerer Nährstoffversorgung (Nährkraftstufen Z und M)

wahrscheinlichen Grenzen des Vorkommens (vgl. Abb. 4). Zu beachten ist, dass die Grenzbereiche nicht zwangsläufig die Existenzmöglichkeit der jeweiligen Baumart unter diesen Bedingungen repräsentieren. Beim Über- oder Unterschreiten der jeweiligen Grenzen verschieben sich die Konkurrenzverhältnisse soweit, dass andere Baumarten die Dominanz erlangen und zu anderen Waldgesellschaften führen.

Die Übertragung der Grenzwertbereiche auf die aktuellen Klimaver-

hältnisse der Periode 1971–2000 (Basisklima) und die prognostizierten klimatischen Verhältnisse in 100 Jahren sind in *Abbildung 5* gegenübergestellt.

Im Vergleich zum heutigen Klima zeigt die durchgeführte Simulation, dass in 100 Jahren im Tiefland die Waldgesellschaften mit der Stiel-Eiche als Hauptbaumart sowie Gemeine Birke und Gemeine Kiefer als Mischbaumarten die größten Areale einnehmen könnten (vgl. Abb. 5).

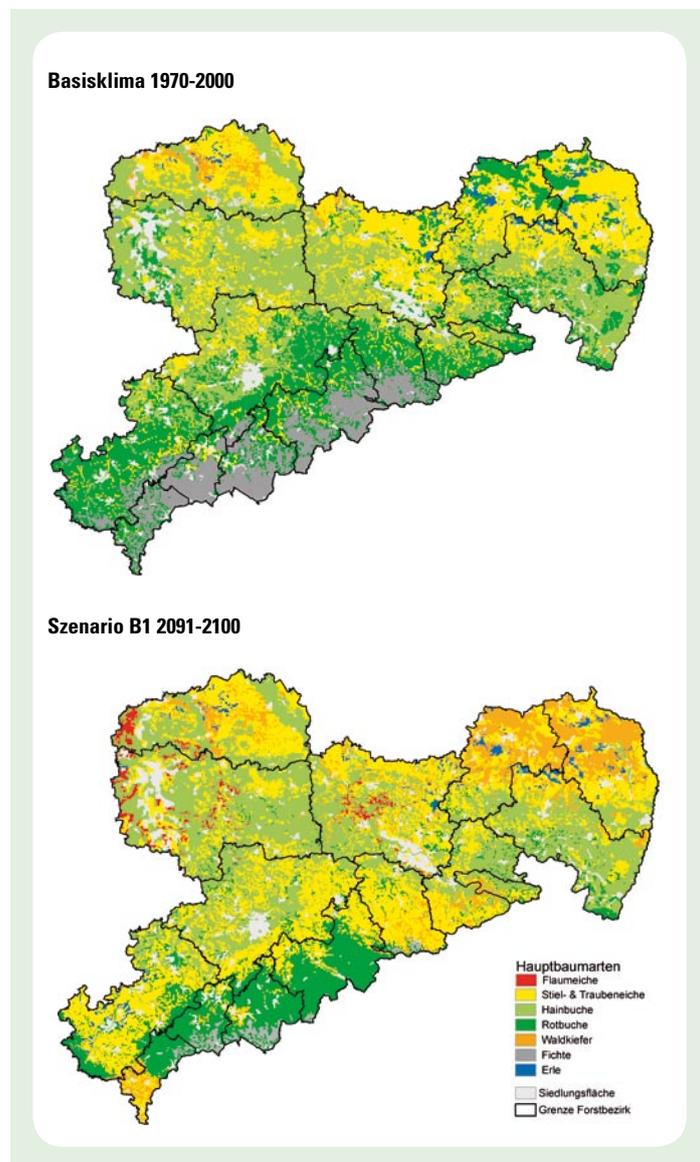
Dagegen kommen die Waldgesellschaften mit Hainbuche im Jahr 2100 nur noch auf den kräftigen humosen Böden des Löß-Hügellandes mit hoher Wasserspeicherfähigkeit vor. Rot-Buchen-Gesellschaften würden weitgehend in die mittleren Berglagen des Erzgebirges nach Süden verdrängt werden. Die Rot-Buche bleibt auf den Braunerden bei relativ hoher Luftfeuchte vital. Auf den Standorten mit geringerer Nährkraft gewinnt dagegen die Trauben-Eiche gegenüber der Rot-Buche an Dominanz und bildet eigene Waldgesellschaften aus.

Von einem grundlegenden Wandel werden dagegen die heute mit einem Anteil von etwa 31 % [9] in der kollinen Stufe vorkommenden Fichtenforsten erfahren. Aufgrund des sehr hohen Gefährdungspotenzials wird die Fichte hier bereits kurz- bis mittelfristig vollständig verschwinden. Fichtenvorkommen werden auf die gut wasserversorgten, relief- oder expositionsbedingt kühlen Standorten der feuchten mittleren Berglagen sowie auf die Hoch- und Kammlagen der Mittelgebirge beschränkt sein.

Überdies wird deutlich, dass in Folge des Klimawandels:

1. keine streng höhenzonalen Arealverschiebungen der natürlichen Waldgesellschaften erfolgen,
2. bei den Arealverschiebungen der Waldgesellschaften nur geringe Überlappungsbereiche mit dem heutigen Vorkommen bestehen und
3. keine vollständige Abdeckung durch das Anpassungspotenzial einheimischer Baumarten und Waldgesellschaften mehr möglich ist.

Besonders letzteres, dargestellt anhand des Auftretens von Waldge-



**Abb. 5a, b:**  
Gegenüberstellung  
der Hauptbaumarten  
der Waldgesell-  
schaften mit  
Basisklima (1971-  
2000) und Klima  
der Periode 2091-  
2100 der WEREX-  
Regionalisierung  
auf der Basis des  
B1-Szenarium der  
ECHAM5-Simulation

sellschaften, die heute nur in den subkontinentalen Regionen Südeuropas oder auf Extremstandorten heimisch sind, birgt Risiken für die Forstwirtschaft und zwingt zum Handeln. Die Dynamik der Veränderungen übersteigt die Möglichkeiten der Baumarten mittels Samenverbreitung neue Areale zu erschließen, was durch die derzeitige Landnutzung zusätzlich eingeschränkt wird [9]. Problematisch ist zusätzlich, dass es für die z. T. irreversibel versauerten Standorte in Sachsen keine bzw. nur unzureichende Beispiele forstlicher Leitwaldgesellschaften gibt, die sich unter subkontinentalen sehr warmen Klimabedingungen herausgebildet haben. Zwangsläufig müssten sich in diesen Standortbereichen neue Waldgesellschaften mit wärmetoleranten und trockenheitsangepassten Ökotypen und Baumarten (z. B. Winter-Linde, Zerr-Eiche, Esskastanie, Robinie, Douglasie) erst über viele Jahrhunderte evolutionär ausbilden.

### Notwendige Reaktionen der Forstwirtschaft

Durch den Klimawandel werden sich die Waldgesellschaften zum Teil grundlegend verändern und damit unterliegt auch das Landschaftsbild einem Wandel. Als gesichert gilt, dass die natürliche Anpassung der vorhandenen Baumarten oder die Einwanderung von angepassten, bisher nicht heimischen Baumarten nach Sachsen, mit der Schnelligkeit des Klimawandels nicht mithalten können. Deshalb ist die Einflussnahme der Forstwirtschaft im Sinne einer zielgerichteten Beschleunigung dieses Anpassungsprozesses unabdingbar, um Wälder zu initiieren, die auch in Zukunft in ihrer Gesamtheit multifunktional wirken und sich selbst erneuern können.

Der seit Anfang der 1990er Jahre eingeschlagene Weg des Waldumbaus

ist somit alternativlos und muss kontinuierlich weiter ausgebaut werden. Da Produktionszeiträume von 100 bis 150 Jahren einen für langfristige Entscheidungen immer noch eher unbestimmten Ereignisraum darstellen, ist die Minimierung der Risiken die Kernaufgabe waldbaulichen Handelns. An dieser Stelle sei auf den sächsischen Waldzustandsbericht 2005 verwiesen, der sich in einem Sonderkapitel mit der zukünftige Ausrichtung und Intensivierung des Waldumbaus ausführlich befasst.

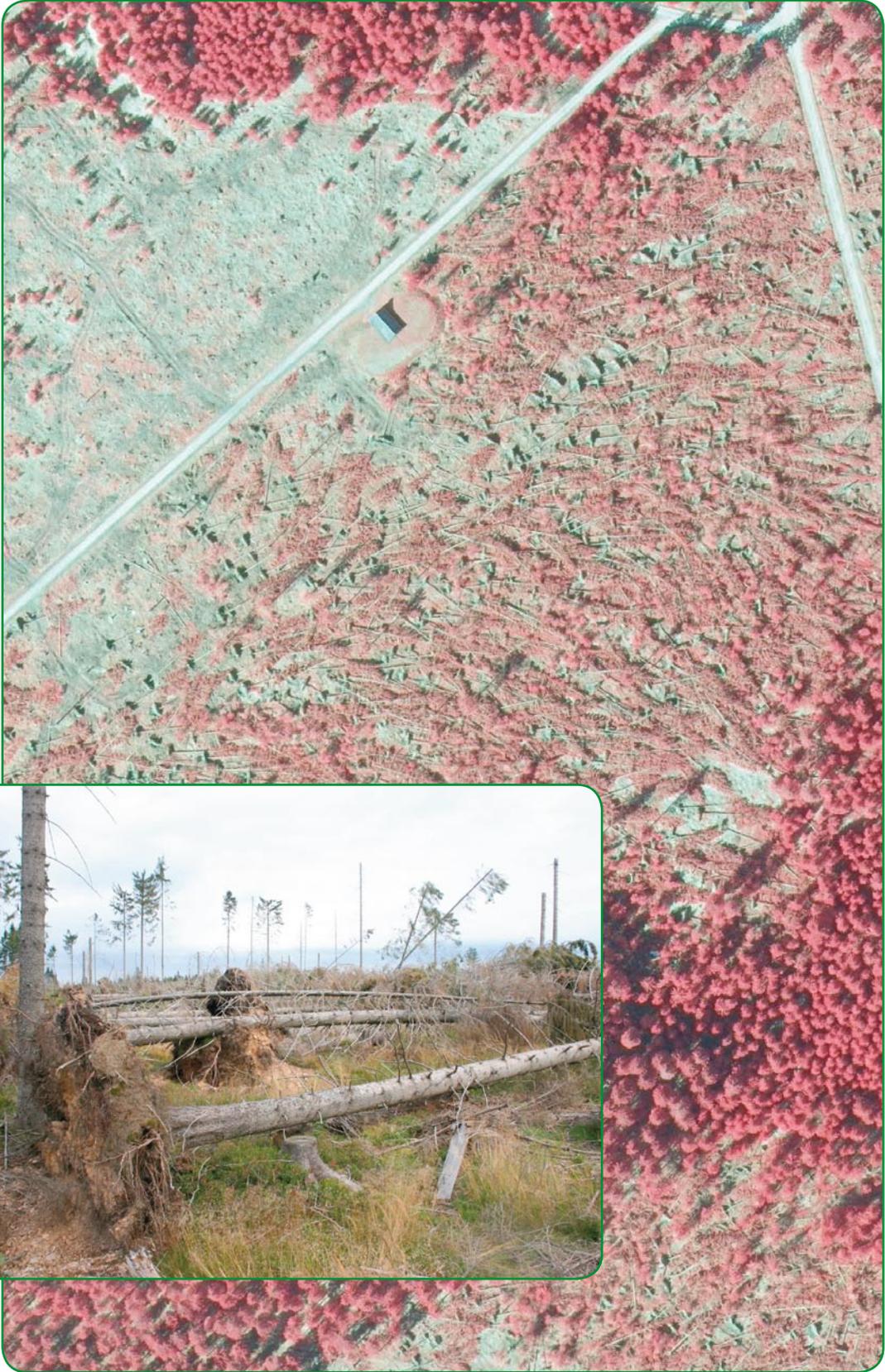
Die Möglichkeiten der Steuerung limitierender Ressourcen (z.B. Wasser) durch eine angepasste Wuchsraumregulierung rücken in den Focus. Erst wenn diese Möglichkeiten ausgeschöpft sind, ist die Frage nach der Breite der Anpassungsmöglichkeiten der jeweiligen Baumart zu stellen. Da eine Baumart nicht als ökologisch homogen zu betrachten ist, muss ihr Anpassungspotenzial mindestens auf

dem Niveau von so genannten Herkünften (Provenienzen) analysiert werden. Von weitaus größerer Bedeutung sind darüber hinaus Ökotypen, die auf Grund ihrer Anpassung an extreme Kleinstandorte die ökologischen Ausbreitungsgrenzen der jeweiligen Baumart weitaus präziser charakterisieren. Gerade durch die Verwendung verschiedener, beispielsweise besonders trockenheitsadaptierter Ökotypen können auch die Anpassungsmöglichkeiten der von Natur aus baumartenarmen Waldgesellschaften (z.B. bodensaure Buchenwälder) erhöht werden [7].

Überdies kann auch ein verstärkter Anbau von Baumarten aus anderen europäischen Regionen und aus Nordamerika zur Sicherung der Waldfunktionen beitragen. Dies setzt jedoch zwingend langfristige und kontinuierliche Versuche zur Anbaueignung dieser Baumarten, ihrer Herkünfte und Ökotypen voraus.



**Abb. 6: Junge Roteichen wachsen als neue Waldgeneration unter älteren Kiefern heran**



**Sturmschäden Kyrill**

# Stürme verursachen größere Schäden

## Sturmkatastrophen

Das am 18. und 19. Januar 2007 über Deutschland hinweg ziehende Orkantief „Kyrill“ stellt für die Forstwirtschaft in Sachsen das mit Abstand bedeutendste Sturmereignis der vergangenen 17 Jahre dar (vgl. Tab. 1). Die aktuelle Schadensbilanz liegt bei mehr als 1,7 Mio.m<sup>3</sup> Bruch- und Wurfschaden in den Sächsischen Wäldern und entspricht in etwa dem durchschnittlichen Jahreseinschlag über alle Waldeigentumsformen. Ein Sturmereignis vergleichbarer Größenordnung trat zuletzt am 13.11.1972 auf und führte auf dem Gebiet der DDR zu Bruch- und Wurfschäden in Höhe von 7,3 Mio.m<sup>3</sup>. Die Aufarbeitung der Schäden durch „Kyrill“ konzentrierte sich zunächst auf die im Tief- und Hügelland geschädigten Waldflächen, um einer Massenvermehrung der Borkenkäfer in dieser extrem gefährdeten Standortregion vorzubeugen.

In Anbetracht des Ausmaßes der Schäden - praktisch jedes Forstrevier weist durch den Sturm in ihrer Stabilität beeinträchtigte Bestände auf -

sind trotz konsequenter Umsetzung der Aufarbeitungsstrategie Folgeschäden durch Borkenkäferbefall sowie erneute Stürme in der nächsten Zeit unvermeidlich.

Die Borkenkäferkalamität 2003/2004, die Sturmschäden 2005 und die aktuellen Schäden nach „Kyrill“ können ein Hinweis auf eine möglicherweise aufsteigende Spirale kalamitätsbedingter Zwangsnutzungen sein und die Phase einer relativen Stabilität der Fichtenforste durchbrechen. Eine verstärkte Einbindung der Sturmrisiken in die waldbaulichen Behandlungskonzepte ist daher erforderlich. Ausgehend von den bestehenden Grundsätzen zur Bewältigung derartiger Katastrophen sind langfristige Strategien zur Verminderung der Schadensanfälligkeit und des Schadensmaßes erforderlich. Analysen der lokalen Gefährdungssituation und deren absehbare zeitliche Veränderungen gehen den Behandlungskonzepten zwingend voraus.

Trotz der vielfältigen forstwissenschaftlichen Erkenntnisse aus der Un-

tersuchung der europaweiten Sturmschäden in der jüngeren Vergangenheit (Sturmtiefe „Vivian & Wiebke“ im Februar 1990, „Lothar & Martin“ im Dezember 1999) können Wahrscheinlichkeit und Ausmaß von Sturmschäden nur unzureichend vorhergesagt werden. Um dennoch die Holzvorräte nach ihrem Risiko auf Revierebene näherungsweise zu quantifizieren, erfolgte durch den Staatsbetrieb Sachsenforst eine erste Schätzung des lokalen Sturmrisikos auf der Basis eines einfachen Index. Dieser berücksichtigt die vom Tiefland zu den Kammlagen der Mittelgebirge zunehmenden Spitzenwindgeschwindigkeiten, den Einfluss bestimmter Bodeneigenschaften auf das Wurzelsystem und die mit der Baumhöhe zunehmende Wurf- und Bruchanfälligkeit von Waldbeständen. Der Einschätzung zufolge waren vor „Kyrill“ etwa 27 % der landesweiten Fichtenholzvorräte durch ein erhöhtes und davon etwa 3 % durch ein sehr hohes Sturmschadensrisiko gekennzeichnet. Die revierbezogenen Schadholzmengen nach „Kyrill“ bestätigten diese grundlegende Einschätzung mit

Ereignis	Zeitpunkt	Betroffene Forstbezirke	Schäden
Sturm Kyrill	18./19.01.2007	alle	1.700.000 m <sup>3</sup>
Sturm	20.05.2006	Neustadt, Plauen & Kamenz	30.000 m <sup>3</sup>
Sturmböen, Gewitter	29.07.2005	Adorf, Eibenstock, Neudorf	235.000 m <sup>3</sup>
mehrere Orkane	Sommer 2003	Eibenstock, Neudorf	31.000 m <sup>3</sup>
Orkan	27./28.10.2002	alle	155.000 m <sup>3</sup>
Orkan	31.05.2001	Marienberg	12.000 m <sup>3</sup>
Sturm	Frühjahr 1997	alle	71.000 m <sup>3</sup>
Großtrombe (Wirbelsturm)	22.06.1998	Adorf, Eibenstock, Plauen	60.000 m <sup>3</sup>
Sturm	1990/1991	Adorf, Plauen	500.000 m <sup>3</sup>

**Tab. 1:**  
**Übersicht extremer Starkwindereignisse im Freistaat Sachsen**

einer Konzentration gefährdeter Bestände in den Forstbezirken Adorf, Eibenstock, Neudorf, Marienberg und Plauen (vgl. Abb. 7).

### Änderungen von Häufigkeit und Ausmaß von Stürmen

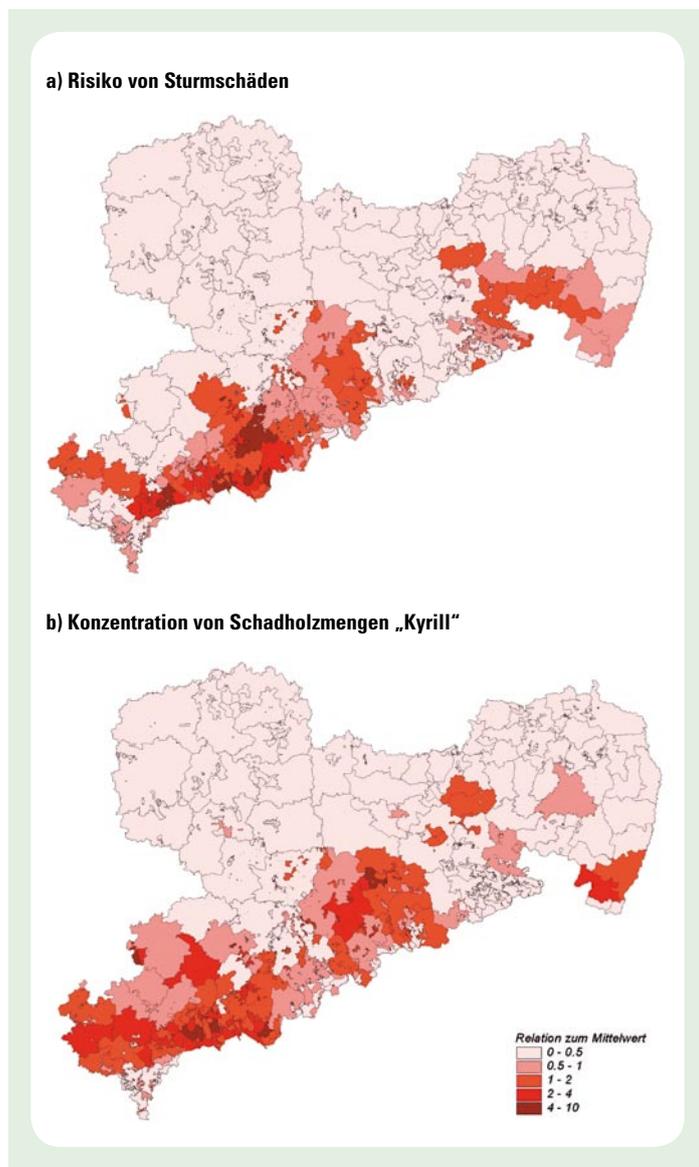
In der zeitlichen Dimension unterliegen sowohl das Sturmrisiko als auch das Schadausmaß ständigen Veränderungen. Diese resultieren zunächst aus dem sich alters- und strukturabhängig ändernden Gefährdungspotenzial der

Waldbestände (vgl. WZB 2005). Eine Zunahme der Intensität von Sturmereignissen bewirkt eine zusätzliche Steigerung dieses Gefährdungspotenzials. Entsprechende Tendenzen werden mit der Klimaerwärmung in Verbindung gebracht. Neuere Untersuchungen [10,11] verweisen diesbezüglich auf die eingeschränkten Möglichkeiten der Vorhersagbarkeit in den zur Zeit verwendeten globalen Klimamodellen und auf die Notwendigkeit einer regional differenzierten Betrachtung. Als gesichert werden

derzeit zu den Polen verschobene Sturmbahnen und kräftigere westliche Winde mit häufigeren niederschlagsreichen Winterstürmen in Nordeuropa angesehen [12, 13].

Die Unsicherheiten beruhen auf zwei gegensätzlich wirkenden Prozessen, deren Interaktion nicht eindeutig prognostiziert werden kann. Zumein führt der in Verbindung mit stärkerer Erwärmung an den Polen geringere Temperaturgradient tendenziell zu stabileren Wetterlagen, andererseits fördert die steigende Wärmeabgabe der zunehmend eisfreien Arktis einen stärkeren Wärmetransport von Süd nach Nord. Die Sturmhäufigkeit resultiert aus den dabei jeweils auftretenden Temperatur- und Luftdruckunterschieden. Des Weiteren beeinflusst die durch höhere Temperaturen gestiegene Luftfeuchtigkeit den Energiehaushalt dieser Wettersysteme. Beides unterstützt Modellierungen, die tendenziell sinkende Häufigkeiten leichter Stürme und eine Häufung schwerer Stürme vorhersagen. Die ortsbezogene Wiederkehr eines katastrophalen Sturmereignisses, wie der Sturmtiefs „Kyrill“, „Lothar“ oder „Vivian“, liegt bei etwa 15 Jahren [14]. Auch unter der Voraussetzung, dass diese Wahrscheinlichkeit konstant bleibt, muss im Freistaat Sachsen von künftig ansteigenden Schadholzmengen ausgegangen werden.

Ursache hierfür sind die steigenden Holzvorräte. Diese ergeben sich aus den überdurchschnittlichen Flächenanteilen 41-60 jähriger Bäume, die in die Phase zunehmender Sturmgefährdung einwachsen. Mit Rückständen in der Bestandeserziehung und Durchforstung sowie unterlassenen Erntennutzungs- und Verjüngungsmaßnahmen im Kleinprivatwald kommt es zu einer weiteren Erhöhung von Risikovorräten. Die bereits bei der Abschätzung des örtlichen Sturmrisikos zu Tage tretende Komplexität,



**Abb. 7a, b:**  
Vergleich zwischen der regionalen Verteilung des Sturmschadensrisikos (a) und der in der Folge des Orkantiefs Kyrill tatsächlich angefallenen Schäden (b)

setzt sich in der Erarbeitung von Strategien der Waldbewirtschaftung zur Steigerung der Widerstandsfähigkeit von Einzelbäumen und Waldbeständen fort. Ziel ist es, das Schadensrisiko und das Ausmaß potenzieller Schäden möglichst gering zu halten. Ein Beispiel soll die gegenseitigen Wechselwirkungen forstlicher Maßnahmen und die Notwendigkeit risikodifferenzierter Behandlungskonzepte verdeutlichen.

### **Beeinflussung der Stabilität durch Bestandserziehung und Durchforstung**

Die Anfälligkeit eines Waldbestandes gegenüber starken Winden ergibt sich aus der Summe der individuellen Stabilität seiner Bäume und ihrer jeweiligen Windexposition. Mit dieser Aussage kann erklärt werden, warum ein Waldbestand, dessen Bäume durch lang anhaltenden Dichtstand sehr schlank sind, kleine Baumkronen und Wurzelsysteme aufweisen, häufig nicht geschädigt wird. Derartige Bäume widerstehen aufgrund ihrer Gestalt zwar nur geringen Windkräften, bieten infolge des Dichtstandes dem Wind aber auch nur geringe Angriffsflächen. In diesem Fall ist die individuelle Stabilität der Bäume sehr gering, korrespondiert aber mit einer geringen Windexposition des Einzelbaumes und einer hohen kollektiven Stabilität. Erst wenn dieses Gleichgewicht durch eine zu späte Pflegemaßnahme oder durch die Ernte oder den anderweitigen Verlust schützender Nachbarbestände plötzlich gestört ist und auf den einzelnen Baum nunmehr wesentlich stärkere Kräfte einwirken, treten massive Schäden auf. Die fehlende Einzelbaumstabilität bewirkt jetzt in der Regel den Totalverlust des Bestandes. In stärkerem Maße freistehende Bäume besitzen demgegenüber einen stabileren Habitus mit langer Krone und bruch-

festen Stammformen. Nicht zuletzt spiegelt sich darin auch die Anpassung an die beständig auf ihn wirkenden Windkräfte wieder. Derartige Bäume wachsen nur in strukturreichen Beständen, deren Kronendach eine höhere Rauigkeit besitzt. Die Kronendachrauigkeit fördert jedoch auch turbulente Luftströmungen mit extremen Windkräften. Übersteigen diese bei starken Stürmen das Maß der Anpassung, können auch sehr stabile Bäume durch Windeinwirkung umfallen oder brechen. Dabei ist zu bemerken, dass zumeist nur einzelne Bäume umfallen und der verbleibende Bestand gegenüber dem Ausgangszustand nicht wesentlich anfälliger geworden ist. Eine Strategie, die beide Ansätze miteinander verknüpft, lässt Bäume in der Jugend konkurrenzfrei und weitständig erwachsen und erhält mit zunehmender Bestandeshöhe den Kronenschluss der Bestände. Daraus entwickeln sich Baumtypen mit einer geringen technischen Holzqualität, wie sie die obere Waldgrenze prägen – vollkronig, starkastig, mit der Baumhöhe rasch abnehmender Stammdurchmesser (abholzig) und hohen Anteilen von Reaktionsholz.

Eine so gestaltete Bestandserziehung und Durchforstung ist für Schutzwälder sinnvoll. Soll jedoch Holz mit akzeptablem Nutzwert produziert werden, muss die Waldbewirtschaftung auf einen Kompromiss zwischen Stabilität und Produktionsrisiko gerichtet sein. Die Kenntnis des lokalen Windrisikos eröffnet hierzu die Möglichkeit, diesen Widerspruch mit dem Bezug zur Einzelfläche aufzulösen. Prinzipiell ist hierfür eine Abwägung zwischen örtlichem Sturmrisiko und dem Vorrang von Produktions- oder Schutzfunktion(en) erforderlich. Für die Produktionsfunktion heißt das: Wertholz ist ausschließlich auf Standorten mit geringem Sturmrisiko zu erziehen, auf Stand-

orten mit hohem Produktionsrisiko sind die Qualitätsziele zugunsten der Produktionssicherheit zu reduzieren. Der für die revierbezogene Schätzung des Sturmschadensrisikos verwendete einfache Index reicht für die örtliche Bewertung der Anfälligkeit der Bestände nicht aus. Hier müssen künftig weitere Anstrengungen unternommen werden, um gesicherte Aussagen zum Sturmrisiko in die forstlichen Planungen einfließen zu lassen. Dass dies für waldbauliche Entscheidungen von wachsender Bedeutung ist, zeigt sich insbesondere auch beim Waldumbau. Schattbaumarten wie Rot-Buche und Weiß-Tanne lassen sich, ihren Ansprüchen und ihrer Stellung in der Wald-Lebensgemeinschaft entsprechend, im Schutze eines aufgelichteten Kronendaches mit geringerem Risiko verjüngen. Jedoch steigt zugleich das Sturm-schadensrisiko in Fichtenaltbeständen mit der Höhe der Bäume und der Auflichtung des Kronendaches überproportional an. Zwangsläufig muss auch hier ein Kompromiss zwischen dem lokalen Sturmrisiko und einem minimal notwendigen Überschirmungszeitraum gesucht werden.

Die erfolgreiche Erhöhung der Stabilität gegenüber Stürmen vollzieht sich nicht nur auf der Ebene ganzer Waldbestände, sondern wird in entscheidendem Maße von sachgerecht durchgeführten Betriebsarbeiten beeinflusst. Die konsequente Vermeidung von Bodenverdichtungen und Bestandesschäden im Rahmen der Holzernte ist eine ebenso notwendige Voraussetzung wie die Minimierung von Wurzeldeformationen durch die Pflanzung. Erst die vollständige Ausschöpfung des gesamten Anpassungspotenzials kann langfristig zu einer spürbaren Minderung der Anfälligkeit der Wälder gegenüber Stürmen führen.

# Borkenkäfer fliegen häufiger

## Vermehrungspotenziale von Insekten

Die Entwicklung von Insekten ist im hohen Maße von den Temperaturverhältnissen in ihren Lebensräumen abhängig. Als wechselwarme Tiere sind sie nur im begrenzten Maße in der Lage, ihre Körpertemperatur und damit die Stoffwechselprozesse bei wechselnden äußeren Temperaturen konstant zu halten. Steigende Temperaturen verbessern bis zu bestimmten Grenzwerten somit grundsätzlich ihre Entwicklungsbedingungen. Entsprechend der sehr unterschiedlichen Lebensweise der im Wald lebenden Insektenarten und der nach wie vor durch Hitze- und Kältephasen geprägten Klimaänderungen können die Auswirkungen für einzelne Arten sehr verschieden ausfallen und lassen sich nur tendenziell prognostizieren. Bei der Diskussion sind folgende zum Teil gegensätzlich wirkende Aspekte zu berücksichtigen:

1. Die fördernde Wirkung des erhöhten Wärmeangebotes gilt für „schädliche“ aber auch „nützliche“ und indifferente Arten. Eine schnellere Entwicklung der Schädlinge verkürzt dabei die Einflussmöglichkeiten von Gegenspielern.
2. Aufgrund der bisherigen (evolutionären) Entwicklung sind die meisten der in Sachsen relevanten Forstschädlinge an gemäßigte Klimate angepasst. Bestimmte Extremereignisse wie sehr hohe Temperaturen oder Starkniederschläge wirken auch auf Forstschadinsekten negativ (z.B. Überhitzung, Abspülen von Eilarven von Schadschmetterlingen, verringerte Schwärmaktivität). Milde Winter werden bei Insektenarten, die in stoffwechselaktiven Stadien überwintern, zu einer höheren Atmung und somit Energieverbrauch führen. Möglicherweise steigt damit ihre Überwinterungsmortalität.
3. Die „Wirt-Schädling-Beziehung“ wird vor allem bei häufig und lang anhaltendem Trockenstress in vielen Fällen zu Gunsten der Forstschädlinge verschoben. Ist ein Schadinsekt jedoch sehr streng an einen bestimmten physiologischen Zustand des Wirtes gebunden, kann es auch zu einer Verschlechterung der Bedingungen für den Schädling kommen (z.B. Blattaustrieb vor dem Schlupf der Schädlinge). Langfristig ist jedoch mit einer erneuten Anpassung zu rechnen.
4. Der Dichteanstieg einer Insektenart erfolgt umso schneller, je mehr Generationen in einem Jahr gebildet werden können. Bei einer Reihe von Schadinsekten (z.B. Nonne, Schwammspinner, Eichenwickler, Waldgärtner u. a.) ist die Vermehrung jedoch genetisch fixiert und wird demzufolge nicht beeinflusst. Bei anderen Insekten, wie beispielsweise einigen Borkenkäferarten ist die Anzahl der Generationen pro Jahr dagegen von der Witterung abhängig und wird damit vom Klimawandel beeinflusst.
5. Die veränderten klimatischen Verhältnisse könnten dazu führen, dass sich Arten in unseren Wäldern ansiedeln, die diese bisher nicht für sich nutzen konnten. Erste Beispiele sind die Massenvermehrungen der bisher vor allem in Südosteuropa häufig auftretenden Schadinsekten Schwammspinner und Rosskastanienminiermotte.
6. Die erwarteten Klimaänderungen fördern auch das Auftreten anderer Organismen, die als „Gegenspieler“ von Forstschadinsekten eine wichtige Rolle spielen. Dazu gehören z. B. als Krankheiten in Erscheinung tretende Viren, Bakterien und andere Mikroorganismen sowie Pilze.



**Abb.8:**  
Borkenkäferschaden an Fichten

Diese hier auszugsweise dargestellte „Matrix möglicher Wirkungen“ stellt sich entsprechend der artspezifischen Lebensweise für jedes Schadinsekt in einer anderen Konstellation dar.

Einfache verallgemeinerbare Aussagen sind deshalb nicht möglich.

## Aktuelle Situation in Sachsen

Der gemeinhin als Buchdrucker bezeichnete Große achtzählige Fichtenborkenkäfer (*Ips typographus* L.) und der Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus* L.) sind die beiden wirtschaftlich bedeutsamsten Schadinsekten in sächsischen Wäldern. Dies resultiert aus dem vorrangigen Befall der in Sachsen häufigsten Baumart Fichte. Auf Grund ihrer Lebensweise können sie die befallenen Fichten innerhalb kurzer Zeit zum Absterben bringen.

Der landesweit registrierte Stehendbefall durch Buchdrucker lag seit dem Trockenjahr 2003 jährlich zwischen 28.200 m<sup>3</sup> (2005) und 125.500 m<sup>3</sup> (2003). Trotz intensiver Gegenmaßnahmen und ungünstiger Witterungsperioden wurde das vor 2003 bestehende niedrigere Ausgangsniveau der Populationen bis jetzt nicht wieder erreicht. Vielmehr hat sich ein insgesamt erhöhtes Befallsniveau eingestellt. Die *Abbildung 9* verdeutlicht diese Entwicklung anhand der sachsenweit seit 1968 jährlich registrierten Befallsholzmenge.

Im Zeitraum Juni bis September 2007 wurden ähnliche Befallsmengen registriert wie in den Vorjahren. Insgesamt ist mit einer Stagnation

auf dem erhöhten Befallsniveau zu rechnen. Durch die schnelle Beräumung des Wurf- und Bruchholzes nach dem Orkan „Kyrill“ konnte bisher ein extremer Anstieg der Populationsdichten verhindert werden. Mit Sicherheit lässt sich das Ausmaß des Käferbefalls jedoch erst im Herbst und Winter feststellen, da häufig erst dann der Befall an stehenden Bäumen durch die 2. Käfergeneration und Geschwisterbruten sichtbar wird.

Die Schäden durch die Fichtenborkenkäfer treten vor allem im Vogtland, im Erzgebirgsvorland, im Sächsischen Hügelland und in der Oberlausitz auf. Ein wesentlicher Grund für diese regionale Differenzierung ist die unterschiedliche Intensität, mit der sich die Witterung auf die Befallsgefährdung der Waldbestände auswirkt. Mit zunehmender Höhenlage verringert sich das Wärmeangebot und verbessert sich die Wasserversorgung. Damit verschlechtern sich die Entwicklungsbedingungen für die Borkenkäfer und es erhöht sich das Abwehrvermögen der Fichten.

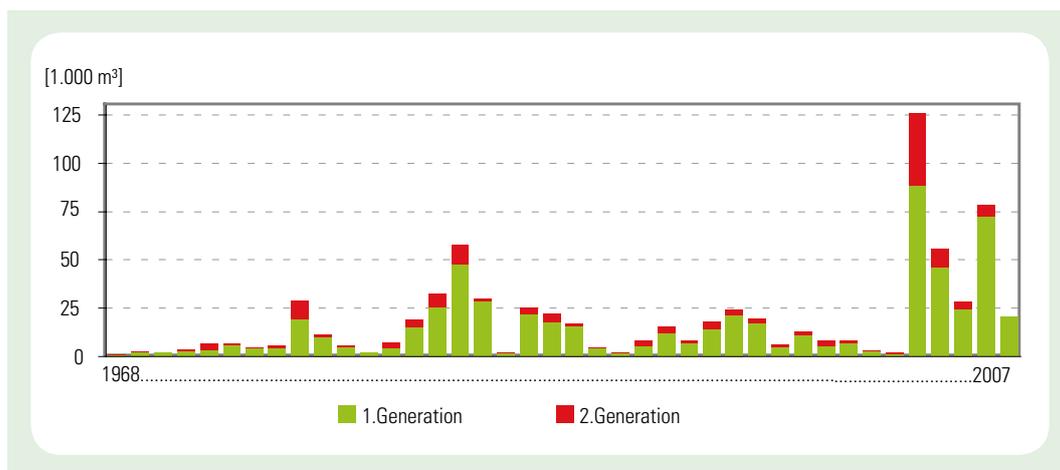
## Modellhafte Beschreibung der Populationsentwicklung

Aus den Klimaprognosen für Sachsen leiten sich langfristig bessere Entwicklungsbedingungen für diese bei-

den Borkenkäferarten ab. Das höhere Wärmeangebot wirkt sich dabei mehrfach positiv aus: es ist mit einer verlängerten Schwärmzeit durch zeitigeren Schwarmbeginn und einer kürzeren Entwicklungszeit für eine Käfergeneration zu rechnen. Insgesamt führt dies zu einer Zunahme der Anzahl der Generationen im Jahr und der Anzahl von Geschwisterbruten. Es kommt also zu einer sehr starken Förderung der Vermehrungsrate.

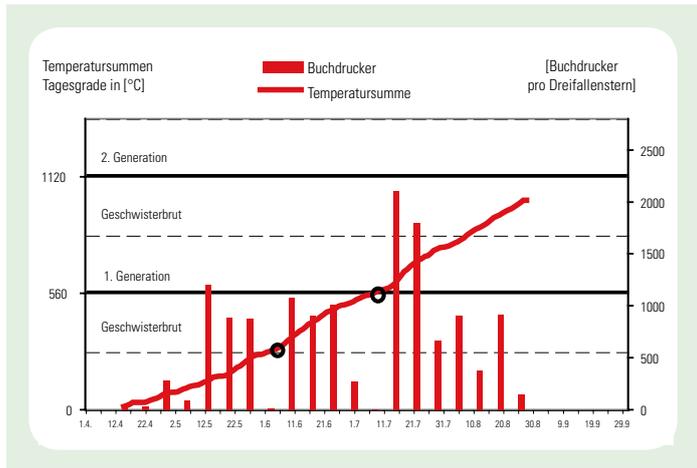
Der Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung von Insekten kann mit Hilfe des „Temperatursummenmodells“ beschrieben werden [10]. Ausgehend von einem Schwellenwert (Buchdrucker 8,3 °C) wird in diesem Modell die physikalisch wirksame Gesamtwärmemenge bestimmt. Vereinfacht werden hierzu die Tagesmitteltemperaturen aufsummiert. Aus Labor- und Freilandversuchen ist bekannt, wie viel „Tagesgrade“ für das Erreichen eines bestimmten Entwicklungsabschnittes notwendig sind. So erfordert die Entwicklung einer Buchdruckergeneration von der Eiablage der Elterngeneration bis zum Schlupf der Jungkäfer 560 Tagesgrade.

Die *Abbildung 10* zeigt beispielhaft die Buchdruckerentwicklung im Forstbezirk Bärenfels. Dargestellt sind die



**Abb. 9:** Durch Buchdrucker befallene Holzmenge von 1968 bis 2007 (\*Angabe für 2007 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter 2007/08 sichtbar)

**Abb. 10:**  
Temperatursummenkurven für Messwerte der Waldklimastation Bärenfels und der Fangergebnisse in pheromonbeköderten Fallen für ausgewählte Standorte im Forstbezirk im Jahr 2007



Temperatursummenkurven von Messwerten der Waldklimastation und die Fangergebnisse in pheromonbeköderten Fallen im Jahr 2007. Die Schnittpunkte der Temperatursummenkurven mit den Schwellenwerten für die Anlage von Geschwisterbruten (280 Tagesgrade) und dem Abschluss einer Generation passen zu Zeitabschnitten mit starken Schwärmaktivitäten.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Fangergebnisse zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht nur vom aktuellen Entwicklungszustand der Buchdruckerpopulation sondern auch von den jeweiligen Schwärmbedingungen abhängen. Der Käferflug findet im Temperaturbereich von 16,5 bis zu 30,0 °C statt.

### Tendenzen im Zuge des Klimawandels

Ausgangspunkt für die Abschätzung von Entwicklungstendenzen der Borkenkäferpopulationen im Zuge des Klimawandels sind die tatsächlichen Temperaturverläufe im extrem warmen und trockenen Jahr 2003, in dem eine Massenvermehrung ausgelöst wurde, und im deutlich kühleren Folgejahr 2004. Der ebenfalls wesentliche Einfluss einer erhöhten

Befallsgefährdung der Fichten in Folge der Trockenheit bleibt dabei unberücksichtigt. Die Waldklimastationen im NP Sächsische Schweiz (300 m ü. NN) und in Klingenthal in den höheren Lagen des Westerzgebirges (850 m ü. NN) schließen die Spreitung der in den letzten Jahren aufgetretenen Temperaturverläufe im Hauptverbreitungsgebiet der Fichte in Sachsen ein.

Im Zuge der klimatischen Veränderungen werden wahrscheinlich neue, höhere Extreme auftreten. Aus diesem Grund wurde vereinfacht auch ein um 2 Grad erhöhter Temperaturverlauf auf der Basis des Jahres 2003 betrachtet, der künftige Extremjahre abbilden soll.

In *Abbildung 11* wird ersichtlich, dass im kühlen Jahr 2004 sich in den höheren Berglagen nur eine und in den unteren Lagen noch die Geschwisterbrut zu dieser Generation vollständig entwickeln konnte. Im Extremsommer 2003 war in den unteren Lagen die vollständige Entwicklung einer zweiten Generation möglich. In den höheren Lagen konnte die Geschwisterbrut zur ersten Generation ihre Entwicklung noch beenden. Für die Entwicklung der Borkenkäfer sind warme Jahre in den Hochlagen

gleichzusetzen mit kühlen Jahren in den unteren Berglagen. Unter Annahme einer Temperaturerhöhung um weitere 2 Grad könnte der Buchdrucker auch in den höheren Berglagen zwei Generationen vollständig entwickeln. An wärmebegünstigten Standorten und im Hügelland sind unter diesen Umständen sogar drei Generationen wahrscheinlich!

Das von einer derartigen Entwicklung ausgehende Gefährdungspotenzial wird mit Angaben zur Anzahl möglicher Buchdrucker Generationen und Geschwisterbruten nur zum Teil deutlich. Die damit ausgelöste Massenvermehrung der Buchdrucker ist deshalb nochmals vereinfacht in der *Abbildung 12* dargestellt.

Die zu erwartenden Schäden durch Buchdruckerbefall hängen nicht nur von den Entwicklungsbedingungen für diese Käferart ab. Einen wesentlichen Einfluss hat das vorhandene Brutraumangebot. Im Zuge des Klimawandels und extremerer Witterungsverläufe könnte sich dieses im Winterhalbjahr infolge häufigerer Wurf- und Bruchschäden perspektivisch ebenfalls erhöhen. Ausgangspunkt hierfür sind die steigende Zahl stärkerer Stürme (*vgl. Kapitel 5 „Stürme verursachen größere Schäden“*), vermehrter Nassschnee und Eisanhang durch höhere Winterniederschläge oder abrupt wechselnde Witterungslagen. Im Sommer sind Fichten infolge von Wassermangel und damit verringertem Abwehrvermögen besonders befallsgefährdet.

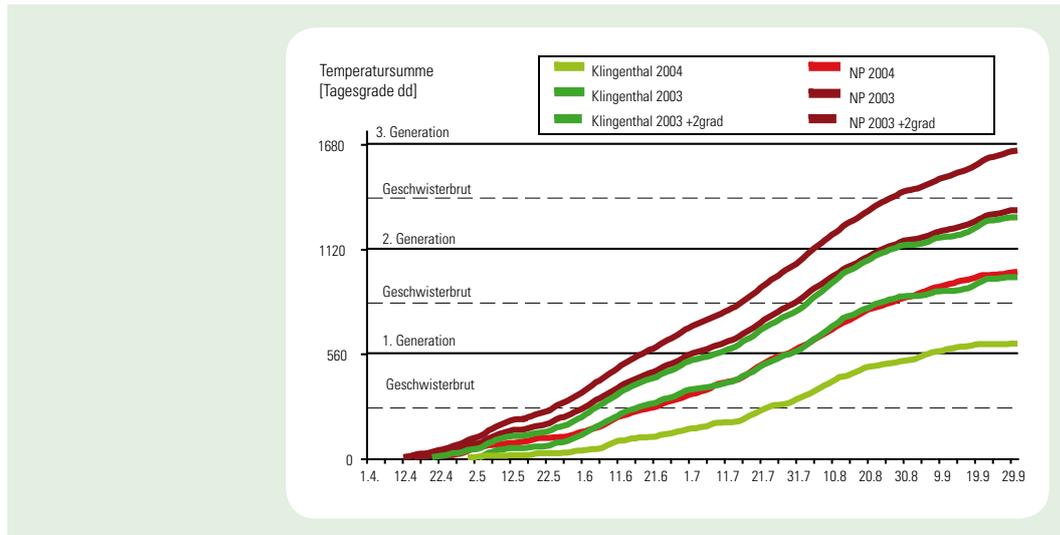
Milde Winter könnten durch eine verstärkte Aktivität von Gegenspielern, wie z.B. Pilzen und Mikroorganismen, in Form einer erhöhten Mortalität der überwinterten Käfer hemmend auf die Populationsdynamik wirken. Andererseits sind unter diesen Bedingungen auch erfolgreiche Larven- und Puppenüberwinterungen

möglich. Summarisch betrachtet überwiegen eindeutig die entwicklungs-fördernden Faktoren und es ist langfristig mit einer Zunahme des Buchdrucker- und Kupferstecherbefalls zu rechnen. Der Kupferstecher wird offensichtlich noch stärker von der dargestellten Entwicklung profitieren. Sehr hohe Temperaturen in Verbindung mit Trockenheit machen

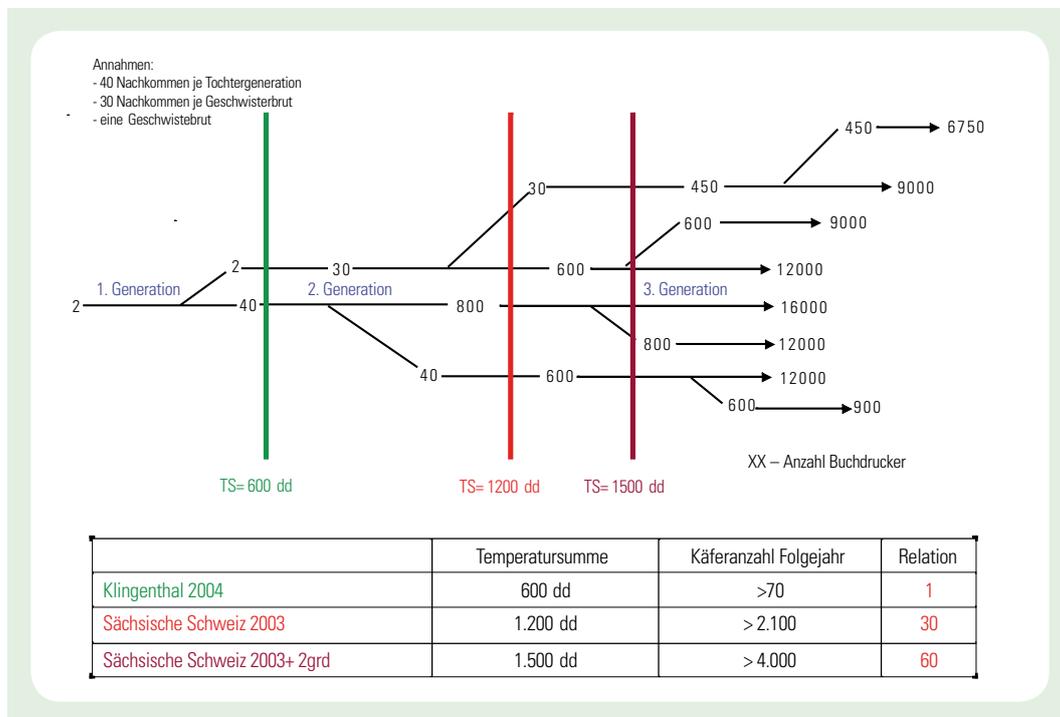
ihn künftig häufiger zum Primär-schädling.

Die beschleunigte Entwicklung verringert die Zeit zwischen der frühest-möglichen Erkennbarkeit befallener Bäume und dem Ausflug der Jung-käfer, die erneuten Befall verursachen. Diese Zeitspanne ist für die Wirksamkeit von Maßnahmen zur

Befallsbeseitigung sowie die Aus-breitungstendenz des Käferbefalls entscheidend. An die Steuerung der stark ausgeprägten Eigendynamik des Käferbefalls durch forstliche Maßnahmen werden bei landes-weiten Extremereignissen wie Dürre und Stürmen deshalb künftig höhere Anforderungen gestellt.



**Abb. 11:** Temperatursummenkurven für die Waldklimastationen im NP „Sächsische Schweiz“ (untere Berglagen) und Klingenthal (höhere Berglagen) für die Jahre 2003 und 2004 sowie ein Szenario 2003 + 2 Grad



**Abb. 12:** Vereinfachte Darstellung der Populationsentwicklung des Buchdruckers über drei Generationen, ausgehend von einem weiblichen und einem männlich Buchdrucker in Abhängigkeit von der Temperatursumme



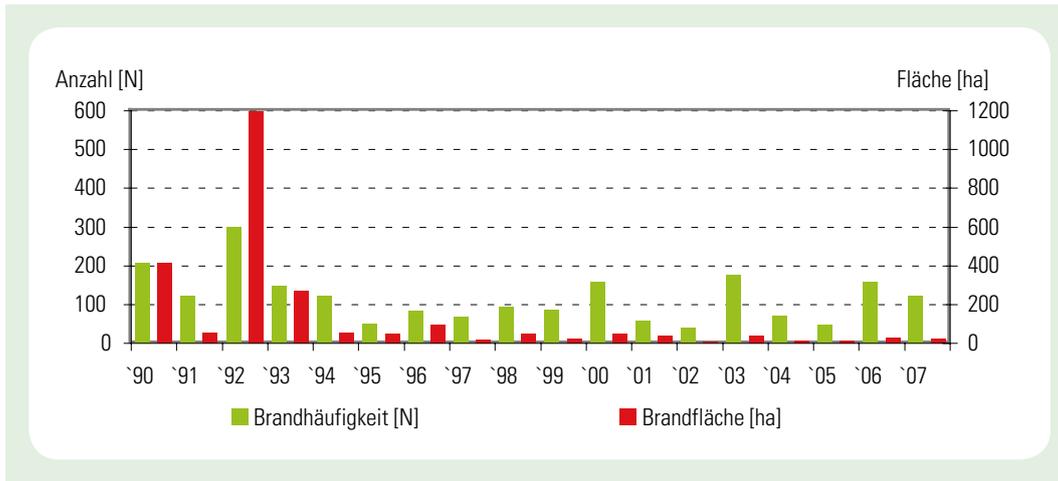


Abb. 14: Auszug aus der Waldbrandstatistik Sachsens (Waldbrände ohne Bundeswald)

### Waldbrandfrüherkennung

Als Beispiel für die Leistungsfähigkeit der sächsischen Waldbrandfrüherkennung kann das *Automatische Waldbrandfrüherkennungssystem (AWFS)* herangezogen werden. Das kontinuierliche „Abscannen“ der Wälder, das schnelle Erkennen und Melden von Rauchentwicklungen mit Brandortkoordinaten, Bild- und Karteninformationen sowie die gezielte Beobachtung von Rauchquellen bei Brandverdacht und Brandereignissen versetzen die Leitstellen der Feuerwehr in die Lage, die Waldbrandbekämpfung sehr effizient einzuleiten und durchzuführen.

Von der Zentrale Weißwasser wurden in der Zeit vom 20.03.2007 bis zum 09.07.2007 beispielsweise 30 Brandverdachtsmeldungen an die Leitstelle der Feuerwehr übermittelt und daraufhin 14 Brände von der örtlichen Feuerwehr gelöscht. Das automatische Waldbrandfrüherkennungssystem des Freistaates Sachsen hat sich bewährt und trägt dem Grundsatz der Vorsorge und Gefahrenabwehr auch zukünftig Rechnung. Es ist Bestandteil eines großräumigen, eigentums- und länderübergreifenden Systems zur Wald-

brandfrüherkennung in den am stärksten waldbrandgefährdeten Gebieten Ostdeutschlands (156 AWF-Systeme in den Bundesländern Sachsen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern). Weitere Länder, wie z. B. die Republik Polen, erwägen ebenfalls die Einführung des Systems.

Mit Beginn der Waldbrandsaison 2008 bestehen in Sachsen 4 AWF-Zentralen mit 17 Detektionseinheiten.

Damit wird ein Drittel der sächsischen Waldfläche überwacht. Die Systemweiterentwicklung und der effiziente Systembetrieb bedürfen jedoch fortlaufender zweckgebundener Investitionen. Gemessen an den wirtschaftlichen, ökologischen und monetären Schäden von Groß- und Katastrophenwaldbränden sind dies zu vernachlässigende Beträge.



Abb. 15: 8,3 ha Waldbrand am 16.04.2007 im Forstbezirk Kamenz an der Bahnstrecke Lohsa – Knappenrode



**Lindenblatt &  
Buchenfrüchte**

# Waldzustand 2007

## Einfluss von Immissionen und Witterung

Wachstum und Vitalität von Pflanzen werden im Wesentlichen von den meteorologischen Aspekten der Atmosphäre und von der chemischen Umwelt, speziell in der Form atmosphärischer Stoffbelastungen und ihrer Wirkungen auf den Bodenzustand, beeinflusst.

Während die Witterungseinflüsse im Jahresgang und von Jahr zu Jahr erheblichen Schwankungen unterliegen, variieren die Stoffbelastungen im Boden und die daraus resultierenden Beeinträchtigungen der Nährstoffversorgung in geringerem Maße. Eine wesentliche Rolle spielt hierbei die jeweilige Pufferfähigkeit der Böden. Langanhaltende Säureeinträge können die Pufferkapazität überfordern, so dass sich die Zusammensetzung der Bodenlösung und damit die Nährstoffverfügbarkeit der Waldbäume sprunghaft ändern.

Die landesweit vorliegenden Daten zum ökochemischen Bodenzustand belegen, dass in den letzten 10 Jahren zwar ein verminderter Säureeintrag mit den Niederschlägen in die sächsischen Waldökosysteme feststellbar ist, die kritischen Belastungsraten aber weiterhin großflächig überschritten werden. Die auf Flächen des forstlichen Umweltmonitorings im Erzgebirge beobachteten Säurebelastungen sind hierfür ein Beispiel (vgl. Abb. 16).

Sie sind zugleich auch eine wichtige Informationsquelle hinsichtlich der Notwendigkeit und Wirkungsüberwachung der Wald- bzw. Bodenschutzkalkung. So errechnet sich für die

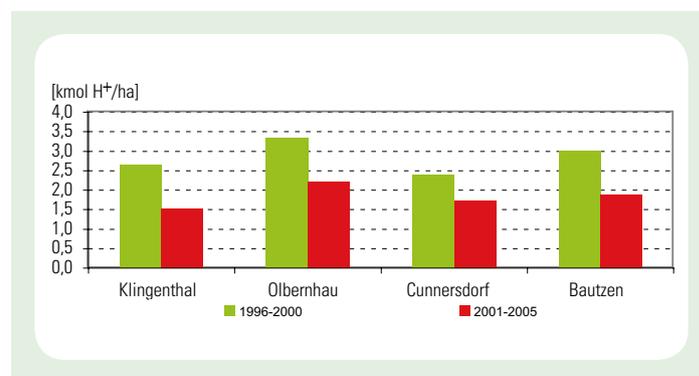
4 betrachteten Fichtenaltbestände im Zeitraum 1996 bis 2005 allein zur Pufferung der atmosphärischen Säurebelastung bereits ein Bedarf von 900 bis 1.300 Kilogramm dolomitischem Kalk. Die voranschreitende Mobilisierung der hohen Schwefelvorräte im Boden bedingt - als Hypothek ehemals hoher Schwefelbelastungen - weitere Nährelementverluste.

Die Dynamik des Windes, der Temperatur- und Strahlungsverhältnisse sowie die Menge und zeitliche Verteilung der Niederschläge wirken sich häufig unmittelbar auf Bäume aus. Jeder Baum vermag sich rasch ändernde Umweltbedingungen jedoch in einem ihm eigenen Toleranzrahmen zu ertragen ohne mit symptomatisch verändertem Kronenzustand darauf zu reagieren. Der Witterungsverlauf des Jahres 2007 wird anhand der Lufttemperaturen im Monatsmittel und der klimatischen Wasserbilanz ausgehend von Messwerten der sächsischen Waldklimastationen betrachtet. (vgl. Abb. 17 folgende Seite).

Da Bäume im Vorjahr gebildete Assimilate für die Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen im Winter und den neuerlichen Laubaustrieb ver-

brauchen, wirkt sich über den Gehalt an Reservestoffen auch die Witterung des Vorjahres auf den Kronenzustand aus. Diese war durch zahlreiche Extreme gekennzeichnet. Im Jahr 2006 folgte auf einen lang anhaltenden und schneereichen Spätwinter eine ausgedehnte Hochdruckwetterlage mit einer Häufung von so genannten „Sommertagen“ mit einer Tageshöchsttemperatur über 25 °C. Die hohen Niederschlagsdefizite im Sommer führten bis in die mittleren Berglagen zu registrierbarem Trockenstress in Waldbeständen. Erst die Niederschläge im August und dann wieder ab Oktober reichten aus, um die Bodenwasservorräte aufzufüllen.

Mit einem außerordentlich milden Winter setzte sich der Witterungsverlauf auch 2007 in ebenso außergewöhnlicher Weise fort. Die Monatsmitteltemperaturen lagen von Januar bis April zwischen 1 und 4,6°C über dem langjährigen Mittel von 1971-2000 und führten zu neuen Temperaturrekorden seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Ungeachtet dieser Rekorde sank die Temperatur in Bodennähe bis Ende Mai vereinzelt unter den Gefrierpunkt ab. In Verbindung mit höheren Temperaturen steigt auch der Energiegehalt in



**Abb. 16:** Mittlere jährliche Säureeinträge [kmol H<sup>+</sup>/ha] auf Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings Sachsens in den Jahren 1996 – 2000 bzw. 2001 – 2005

der Atmosphäre an. Die vergleichsweise extremen Temperatur- und Luftdruckunterschiede führten beim Eintreffen des Sturmtiefs „Kyrill“ am 18. und 19. Januar zu Orkanböen und Starkniederschlägen mit den bereits mehrfach beschriebenen Folgen.

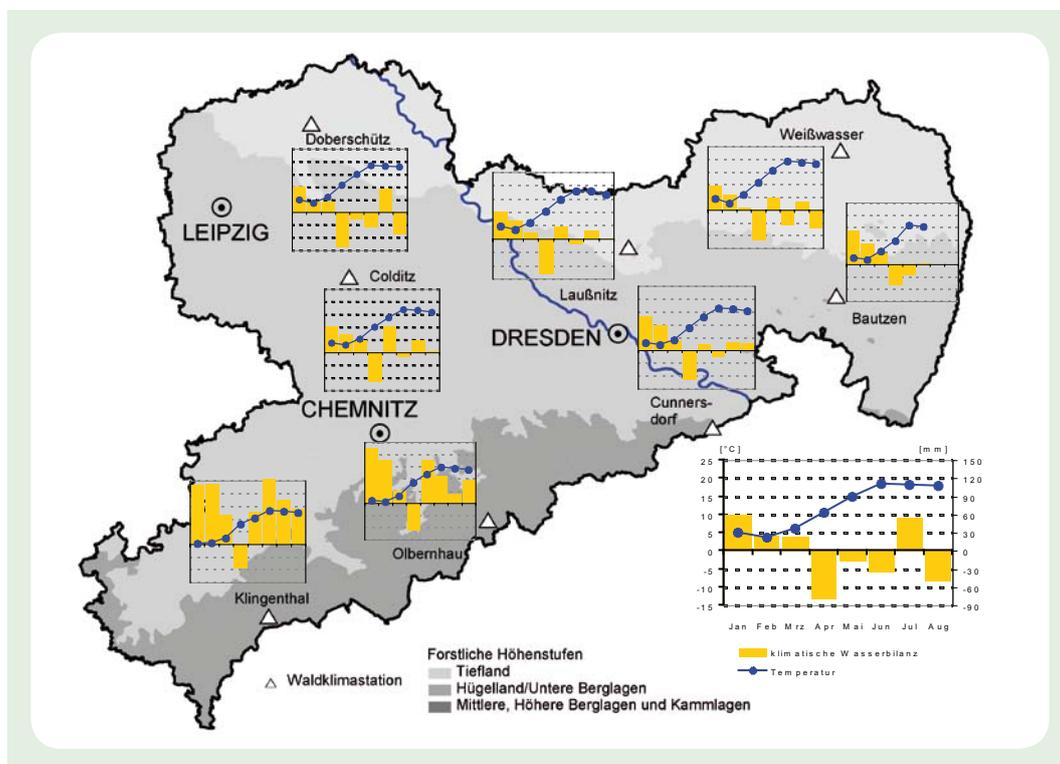
Die über den langjährigen Vergleichswerten liegenden Niederschläge im Januar und Februar zeigten sich in einer deutlich positiven klimatischen Wasserbilanz. Diese erreichten jedoch parallel zum Laubaustrieb im April ihr bisheriges Jahresminimum. Im April fielen auf den Waldklimastationen nur 1 bis 5 l/m<sup>2</sup> Niederschlag. Zeitgleich nahmen die Bäume für den Transport von Nährstoffen und Stoffwechselprodukten über die Wurzeln in dieser sehr produktiven Phase vergleichsweise viel Wasser auf und gaben es in Form von Wasserdampf über die Blätter an die Atmosphäre ab. Infolge der fehlenden Niederschläge wurde die Was-

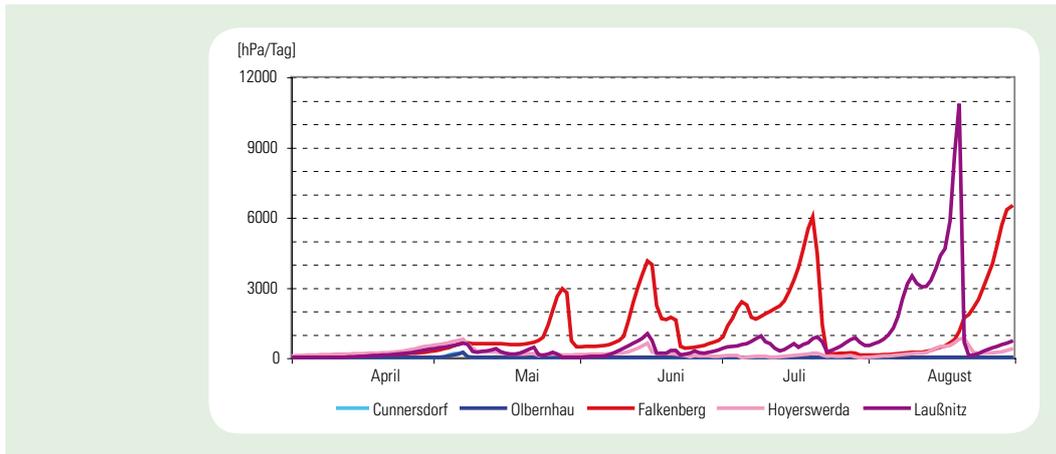
serverfügbarkeit entscheidend von den Ende März bestehenden Bodenfeuchteverhältnissen geprägt. Die Höhe der Bodensaugspannung im Hauptwurzelraum (in 30 cm Tiefe) der Bäume gibt an, wie fest das Wasser im Boden gebunden ist. Bei Bodensaugspannungen oberhalb von etwa 400–500 hPa kommt es bei Bäumen in der Regel zu einem vollständigen oder teilweisen Schließen der Spaltöffnungen und einer verminderten Wasseraufnahme. Bei Saugspannungen von etwa 15 000 hPa können Pflanzen die sehr geringen und fest gebundenen Wassermengen aus dem Boden nicht mehr aufnehmen und werden irreversibel geschädigt (permanenter Welkepunkt).

Im April wurden die Bodenwasservorräte bei anhaltend sonniger und warmer Witterung – regional und bodensubstratspezifisch differenziert – aufgebraucht (vgl. Abb. 18 folgende Seite).

Zeitgleich mit dem Ansteigen der Bodensaugspannungen fielen ab dem 7. Mai Niederschläge und verhinderten eine neuerliche Trockenstressphase. Die Niederschläge lagen vielerorts deutlich über dem langjährigen Durchschnitt und führten zu ungewöhnlich positiven klimatischen Wasserbilanzen. Während im Mittel die klimatische Wasserbilanz im sächsischen Tiefland in der Vegetationszeit zwischen –10 mm und –40 mm deutlich negativ ausfällt, überstiegen die Niederschläge im Juni die vergleichsweise berechnete Grasreferenzverdunstung. Die wiederholten Niederschläge führten in den Monaten Mai bis August zu guten Wachstumsbedingungen, die für die Regeneration der durch die Trockenheit 2006 und den erhöhten Energieverbrauch im warmen Winter 2006/07 gestressten Bäume beitrugen.

**Abb. 17:**  
Monatsmittel der Lufttemperaturen und die klimatische Wasserbilanz von Januar bis August 2007 für ausgewählte Waldstandorte





**Abb. 18:** Bodensaugspannung im Zeitraum April bis August 2007 für die Tieflands-Sandstandorte Falkenberg (Nordwestsachsen), Hoyerswerda und Laußnitz (Nordostsachsen) sowie die Mittelgebirgsstandorte Cunnersdorf (Osterzgebirge) und Olbernhau (mittleres Erzgebirge), gemessen mit Equitensimetern (Messbereich: bis ca. 15 000 hPa) in 30 cm Bodentiefe

## Allgemeiner Kronenzustand und regionale Ausprägung

### Allgemeine Situation

Die Waldzustandserhebung (WZE) erfasst den Belaubungs-/Benadelungszustand und weitere sichtbare Beeinträchtigungen eines Baumes, ohne die konkreten Ursachen zu quantifizieren. Vielmehr kann nur auf die Summenwirkung aller Faktoren geschlossen werden, die Blatt- und Nadelverluste bzw. die Vergilbung von Blättern und Nadeln bewirken können. Die Waldzustandserhebung erfasst originär lediglich die Kronenverlichtung und den Verlust von Blattfarbstoffen und nicht die Schädigung des Baumes im engeren Sinne. Die Beurteilung der Schädigung bedarf der Interpretation, da diese Merkmale auch eine Folge von natürlichen Anpassungsreaktionen an temporären Stress sein können.

Die Waldzustandserhebung wurde im Jahr 2007 auf 260 Probepunkten mit 6 240 Probebäumen des 4x4-km-Rasters durchgeführt. Da die Stichprobenbestände natürlichen Ausscheidungsprozessen und der forstlichen Bewirtschaftung unterliegen, ist es möglich, dass Stichprobenbäume aus dem Kollektiv ausscheiden. Streng

systematisch wird in diesen Fällen ein Ersatzbaum ausgewählt. So wurden in diesem Jahr 126 Bäume (über 60 Jahre) aus folgenden Gründen ersetzt:

- 80 Bäume waren durch Wind gebrochen oder geworfen.
- 18 Bäume wurden im Rahmen regulärer forstliche Eingriffe entnommen.
- 12 Bäume erlitten Insektenbefall oder fielen aus anderen Ursachen aus.
- 16 Bäume erfüllten nicht mehr die Anforderungen an einen Stichprobenbaum, i. d. R. wiesen sie in Folge der Winterstürme Kronenbrüche auf oder sie gehörten nicht mehr zur herrschenden Bestandesschicht. Die Krone war damit von Nachbarbäumen überwachsen und somit nicht mehr zu begutachten.

Der Ersatz von Stichprobenbäumen umfasst in diesem Jahr 4 % des Kollektivs. Dies ist nach dem Jahr 1996, als infolge letztmalig hoher Schwefelmissionen in Verbindung mit Witterungsextremen 7,6 % der Bäume ausschieden, der zweithöchste

Wert in der gesamten Zeitreihe. Der Austausch von Stichprobenbäumen hat auf die Betrachtung der jährlichen Kronenzustandsdaten keine Bedeutung, ist jedoch bei der Betrachtung von Zeitreihen zu beachten.

Ausgehend von den Witterungsverhältnissen des Jahres 2006 und vom extrem trockenen Frühjahr 2007 sind negative Auswirkungen auf den Kronenzustand der Bäume im Jahr 2007 wahrscheinlich. Ohne Berücksichtigung regionaler und baumartenspezifischer Unterschiede stieg der mittlere Nadel-/Blattverlust von 16,6 % im Vorjahr auf 18,5 % an. Er erreicht damit nach den Ergebnissen der Jahre 1991 und 1994 den dritthöchsten Wert der Zeitreihe. Die Verteilung der Schadstufen weist auf die Differenziertheit der Kronenverlichtung in Kombination mit dem Auftreten von Verfärbungen hin.

Demnach sind 2007 in Sachsen

- 20 % der Waldfläche als deutlich geschädigt (Schadstufen 2–4),
- 45 % als schwach geschädigt (Schadstufe 1) und

- 35 % ohne erkennbare Schadmerkmale (Schadstufe 0) einzustufen (vgl. Abb. 19; Tab. 4, Anhang).

Dies bedeutet eine sprunghafte Verschiebung von 6 Prozentpunkten von den gesunden Bäumen zu den deutlich geschädigten Bäumen, wobei die Häufigkeit leichter Kronenverlichtungen unverändert blieb. In der Gruppe der deutlichen Schäden weist die Mehrheit der Bäume (18 %) mittelstarke Schäden auf (Schadstufe 2), während zwei Prozent stark geschädigt bzw. abgestorben (Schadstufen 3 und 4) sind.

Rückblickend können seit Beginn des 17-jährigen Beobachtungszeitraumes mehrere Phasen der Verbesserung und Verschlechterung des Kronenzustandes konstatiert werden. Als Auslöser der Zunahmen der Nadel- und Blattverluste können außerordentliche Witterungsverläufe (Winter 1995/96, Sommer 2003, Sommer 2006) erkannt werden. Deren Wirkungen auf die Bäume können atmosphärische Stoffkonzentrationen und -einträge verstärken. Ein exemplarisches Beispiel hierfür waren die

extrem hohen Schwefeldioxidkonzentrationen im Winter 1995/96. Aufgrund der insgesamt deutlich verringerten atmosphärischen Stoffeinträge und den anhaltenden Anstrengungen bei der Sanierung der säurebelasteten Waldböden kann über den gesamten Zeitraum von 1991 bis 2007 ein Rückgang des Anteils deutlich geschädigter Bäume von 27% auf 20% verzeichnet werden.

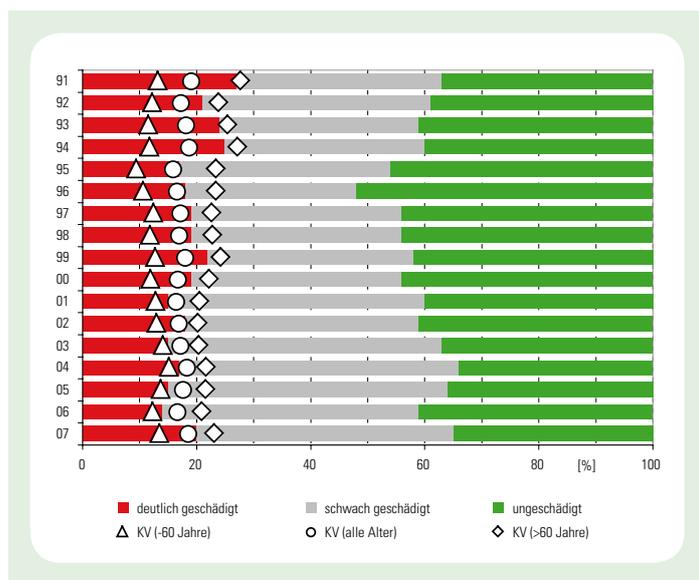
Während bei einem jungen Baum die Fähigkeit, den Boden und den überirdischen Wuchsraum zu erschließen als Ausdruck für Vitalität angesehen werden kann, verliert dies mit zunehmendem Alter an Bedeutung. Bei älteren Bäumen entscheidet demgegenüber der Kronenzustand und dessen Regenerations- und Reaktionsvermögen über die Fähigkeit den Wuchsraum auch weiterhin zu besetzen. Mit zunehmendem Alter nimmt die Regenerationsfähigkeit der Bäume ab. Entscheidend sind nunmehr ausgewogene Relationen zwischen veratmender (Holz, Wurzel) und produzierender (Blätter) Pflanzenmasse. In diesem Zusammenhang kann die vorübergehende Reduktion der Blattmasse beispielsweise eine

natürliche Anpassungsreaktion auf Trockenstress sein. Erst relativ hohe Nadel- und Blattverluste (>70%) lassen die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Regeneration der Kronenschäden erheblich sinken und leiten häufig, vor allem in Kombination mit Borkenkäfer- oder Pilzbefall, das Absterben des Baumes ein. Auf Grund des höheren Anpassungs- und Reaktionsvermögens weisen jüngere Bäume (bis 60 Jahre) gegenüber den älteren Bäumen (über 60 Jahre) einen um 18 % geringeren Anteil von Bäumen in den Schadstufen 2 bis 4 auf. Dieser Anteil unterliegt bei jüngeren Bäumen zudem nur leichten Schwankungen und bleibt bei Betrachtung der gesamten Zeitreihe annähernd gleich. Insofern reagiert der Kronenzustand bei den älteren Bäumen empfindlicher auf Umweltfaktoren und deutet als sicht- und messbare Größe auf die Stressbelastung der Bäume hin.

Entscheidend ist das biologische Alter der Bäume. Eine 100-jährige Eiche ist hier anders zu bewerten als eine 50-jährige Birke. Während erstere noch weit von der natürlichen Alterung entfernt ist, hat bei letzterer der Alterungsprozess bereits eingesetzt.

### Regionale Ausprägung des Kronenzustandes

Aussagen zur regionalen Ausprägung des Kronenzustandes können auf der Basis des 4x4-km-Rasters und in Bezug auf die forstlichen Wuchsgebiete nur teilweise statistisch abgesichert werden. Aus diesem Grund werden einige kleine Wuchsgebiete, soweit es sinnvoll erschien, zu Gruppen zusammengefasst. Bei Wuchsgebieten, die über die Landesfläche Sachsens hinausgehen, beziehen sich die Angaben ausschließlich auf den sächsischen Teil. Für die Wuchsgebiete Sachsen-Anhaltinische-Löss-Ebenen (WG 23), Leipziger-Sandlöss-Ebene



**Abb. 19:**  
Schadstufenverteilung  
und mittlere  
Kronenverlichtung  
(KV) aller Baumarten  
von 1991 bis 2007

(WG 24) und Erzgebirgsvorland (WG 26) ist der Stichprobenumfang infolge des geringen Waldanteiles für eine sinnvolle Auswertung allerdings zu gering.

Die Ergebnisse der Wuchsgebietsauswertung 2007 sind in *Abb. 20* sowie *Tab. 7 (Anhang)* veranschaulicht. Die Diagramme in *Abb. 20* zeigen die Entwicklungstrends der mittleren Kronenverlichtung in den Wuchsgebieten. Zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse für die Wuchsgebiete neben den vorherrschenden Boden- und Klimatypen vor allem von der dort jeweils vorherrschenden Baumarten- und Altersklassenverteilung geprägt werden (*vgl. Tab. 6, Anhang*).

Die in diesem Jahr diagnostizierten Häufigkeiten deutlicher Nadel- und Blattverluste sind in allen Wuchsgebieten angestiegen und variieren im Vergleich zum Beginn der Erhebungen nur wenig. In den Wuchsgebieten der sächsischen Mittel-

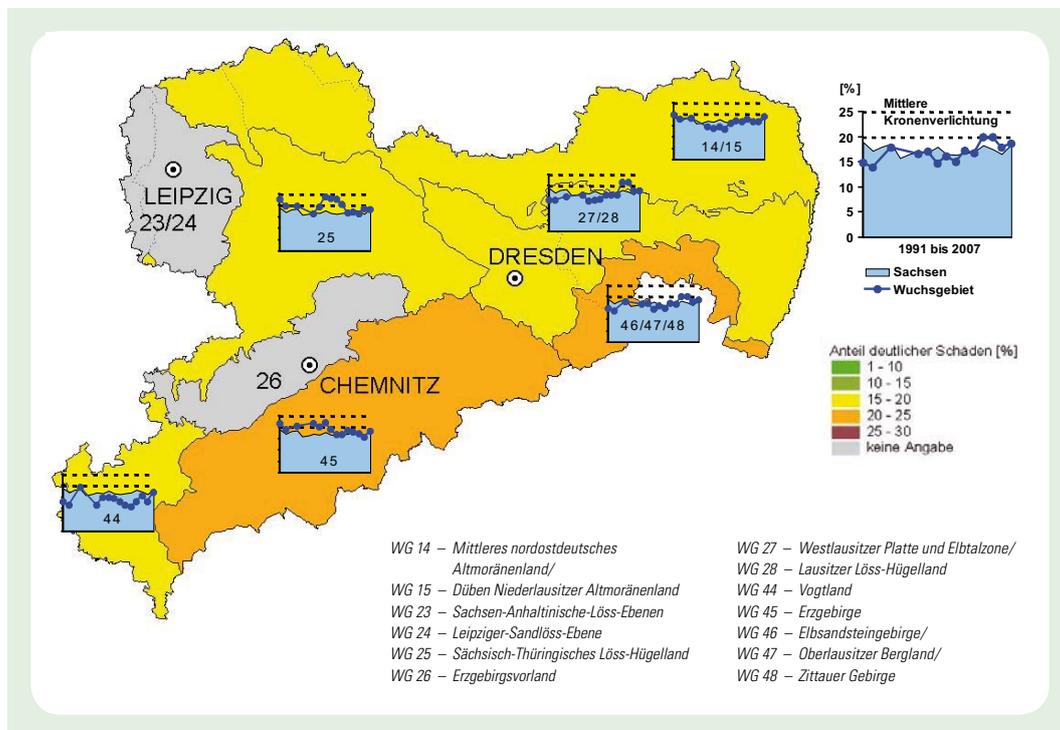
gebirge (Vogtland /Erzgebirge/Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge) entsprechen die Häufigkeiten in etwa dem Landesdurchschnitt. Geringfügig besser erweisen sich die Kronenzustände der in den Vergleich einbezogenen Wuchsgebiete des sächsischen Tief- und Hügellandes (Mittleres Nordostdeutsches Altmoränenland, Düben-Niederlausitzer Altmoränenland und Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland).

Das Vogtland (WG 44) weist mit 9 % den größten Anstieg der deutlichen Schäden auf. Vergleichbar mit den Anstiegen nach dem Trockenjahr 2003 zeigte sich abermals die Anfälligkeit der hier vorkommenden Fichtenbestockung gegenüber Trockenstress. Vergleichbare Höhenlagen vorausgesetzt, tritt Trockenstress bedingt durch die dominierenden Grundgesteine und die vorherrschenden Bodentypen im Vogtland beim Vergleich mit anderen Wuchsgebieten häufiger auf. Mit Zunahmen von 6 % in den Schadstufen 2 bis 4 wurde der in den letzten Jahren

spürbare positive Trend im Erzgebirge (WG 45), dem walddreichsten Wuchsgebiet Sachsens, aufgehoben.

Dennoch ist der Anteil der Waldfläche mit deutlichen Kronenverlichtungen und/oder Verfärbungen 2007 mit 21 % gegenüber dem hohen Niveau 1991 mit 36 % noch immer wesentlich geringer.

Die merklich geringeren klimatischen Wasserbilanzen in den nördlichen Wuchsgebieten Mittleres Nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland (WG 14, 15) führen in Verbindung mit der geringen Wasserspeicherfähigkeit der dortigen Sandböden zu einer insgesamt höheren Trockenstressgefährdung. In Extremjahren führt dies auch bei der in diesen Wuchsgebieten dominierenden und sehr trocken-toleranten Kiefer zu einer Verschlechterung des Kronenzustandes. In der Folge fallen gegenüber dem Vorjahr 6 % mehr Bäume in die Schadstufen 2 bis 4.



**Abb. 20:**  
Anteil deutlicher Schäden 2007 und Veränderung der mittleren Kronenverlichtung von 1991 bis 2007 in den Wuchsgebieten (WG)

## Kronenzustand an Nadelbäumen



**Abb.21:**  
Kiefernkrone

Nadelbäume dominieren mit einem Anteil von insgesamt 78 % die Baumartenverteilung der sächsischen Wälder. Mit einem Anteil von 41,6 % ist die Gemeine Fichte die häufigste Baumart und prägt vor allem in den Mittelgebirgen das Waldbild. Die Gemeine Kiefer ist mit 30,1 % Anteil an der Waldfläche die zweithäufigste Baumart in Sachsen. Sie tritt vor allem in den Wäldern des Tief- und Hügellandes prägend auf. Sonstige Nadelbäume besitzen in Sachsen einen Anteil an der Waldfläche von 6,0 %. Die zu dieser Baumartengruppe zählenden Arten sind hier meist nicht standortsheimisch und wurden erst im Zuge der Umsetzung spezieller waldbaulicher Konzepte, wie z. B. der Wiederaufforstung des Erzgebirgskamms in den 70er und 80er Jahren nach dem Absterben der Fichte,

angepflanzt. Folglich sind etwa 3/4 der begutachteten sonstigen Nadelbäume jünger als 40 Jahre. Die Europäische Lärche ist mit etwa 50 % die häufigste Baumart in dieser Gruppe.

Mit Ausnahme der Lärche verbleiben bei diesen Baumarten die Nadeln mehrere Jahre an den Zweigen, bevor diese sich verfärben, absterben und abfallen. Dies ist ein natürlicher Prozess, der sich insbesondere bei der Fichte und den Tannenarten infolge der höheren Anzahl an Nadeljahrgängen unbemerkt an den inneren Zweigen vollzieht. Kiefernarten weisen gewöhnlich nur drei oder vier Nadeljahrgänge auf. Die natürlichen Alterungsprozesse, die in der Folge bestimmter Witterungsverläufe zeitgleich zu Nadelverfärbungen und Nadelverlust führen, treten bei dieser

Baumart deutlicher zu Tage. Ausgehend von der summarischen Ansprache mehrerer Nadeljahrgänge werden negative Veränderungen des Kronenzustandes ohne Verzögerung registriert. Verbesserungen zeigen sich demgegenüber erst nach mehreren neuen Nadeljahrgängen im sinkenden Nadelverlust.

### Fichte

Die aktuelle Waldzustandserhebung weist für die Fichte einen mittleren Nadelverlust von 17,2 % auf, wobei 18 % der Bäume in die Schadstufen 2 bis 4 eingruppiert wurden. Gegenüber dem Vorjahr stieg der Anteil von Fichten mit deutlichen Nadelverlusten und/oder Verfärbungen um insgesamt 6 Prozentpunkte an (vgl. Abb. 22).

Die positive Entwicklung im Verlauf der Zeitreihe basiert auf der kontinuierlichen Verbesserung des Kronenzustandes der älteren Fichten. Die mittleren Nadelverluste nahmen bei den über 60-jährigen Fichten von 30 % im Jahr 1991 auf nunmehr 22,5 % ab. Dieser Trend kann bei jüngeren Fichten (unter 60 Jahre) nicht erkannt werden. In den letzten 10 Jahren schwankte der mittlere Nadelverlust jüngerer Fichten zwischen 8,4 und 12,1 % und lag somit deutlich niedriger. Die im Wesentlichen durch  $\text{SO}_2$ -Immisionen verursachten drastischen Kronenverlichtungen und -verfärbungen, die in der Vergangenheit z. T. zum flächigen Absterben von Fichtenbeständen in den Hochlagen des Erzgebirges führten, werden nicht mehr beobachtet.

In diesem Zusammenhang wird auch das in den letzten Jahren bei etwa 3 % liegende Niveau von Nadelver-

gilbungen in seiner Bedeutung als Schadenssymptom als gering eingeschätzt und führte in der Stichprobe bei lediglich 24 Bäumen zur Eingruppierung in eine höhere Schadstufe (vgl. Tab. 5, Anhang).

Nach der starken Blüte im Mai des vergangenen Jahres blühten 2007 nur 28 % aller Fichten (vgl. Tab. 5, Anhang). Auf die Beschreibung des Ausmaßes abiotischer und biotischer Schäden wird an dieser Stelle verzichtet. Über die katastrophalen Orkanshäden sowie die aktuelle und künftige Borkenkäfersituation wurde in den vorangestellten Abschnitten ausführlich berichtet.

### Kiefer

Die Mittelwerte des Nadelverlustes bei der Gemeinen Kiefer lassen in den letzten 10 Jahren einen leicht steigenden Trend erkennen, der 2007 mit 17,8 % fast 5 Prozentpunkte über dem Minimum der Zeitreihe liegt.

Nadelverfärbungen wurden bei der Kiefer im Gegensatz zum Vorjahr kaum festgestellt und führten nicht zu einer Eingruppierung in eine höhere Schadstufe. Demnach entsprechen die Schadstufen den Nadelverlusten. 15 Prozent der Bäume wiesen 2007 deutliche Kronenverlichtungen (über 25 %) auf (vgl. Abb. 23). Nachdem zu Beginn der 1990er Jahre eine beachtenswerte Verbesserung des Kronenzustandes mit einer Zunahme der als gesund beurteilten Bäume von 31 % (1991) auf 58 % (1996) konstatiert werden konnte, geht seitdem der Flächenanteil der gesunden Kiefern wieder zurück und erreicht 2007 wieder den Ausgangswert von 31%.

Zwar ist auch bei der Kiefer der Kronenzustand zwischen den Altersbereichen differenziert, anders als bei der Baumart Fichte finden die Veränderungen im Kronenzustand jedoch

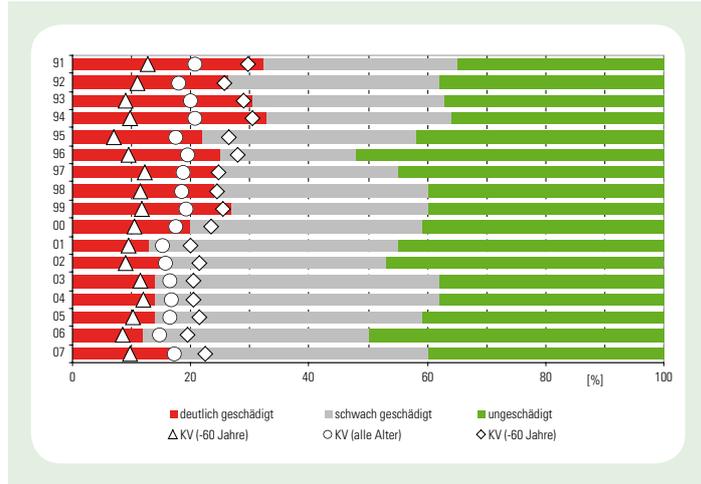


Abb. 22: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Fichte von 1991 bis 2007

in gleichem Maße bei älteren und jüngeren Kiefern statt.

Wie in den letzten Jahren fruktifizierete auch 2007 wieder ein Großteil der Kiefern. An 75 % der älteren Kiefern wurde geringer, an 15 % mittlerer bis starker Zapfenbehang registriert (vgl. Tab. 5, Anhang).

Im sächsischen Tiefland traten an der Baumart Kiefer wiederholt Massenvermehrungen biotischer Schädlinge auf, deren Populationsdichten im Rahmen des Forstschutzmeldewesens kontinuierlich überwacht werden. Auf diese Weise wurde im Winter 2004/2005 ein Anstieg

der Populationsdichten des Kiefernspanners (*Bupalus piniarius*) festgestellt, der 2006 zu einem merklichen bis starken Schwarmflug und vereinzelt Fraßschäden in einigen nordsächsischen Kiefergebieten führte. Dieser Trend setzte sich in diesem Jahr offensichtlich nicht fort. Die im Winter 2006/07 ermittelten Belagsdichten lagen in den meisten Überwachungsgebieten bei nur etwa 50 % der Vorjahreswerte.

Trotz lokalen Anstieges der Populationsdichten von Kiefernspinner (*Dendrolimus pini*), Forleule (*Panolis flammea*) und Kiefernbuschhornblattwespen (*Diprion spec., Neodiprion*

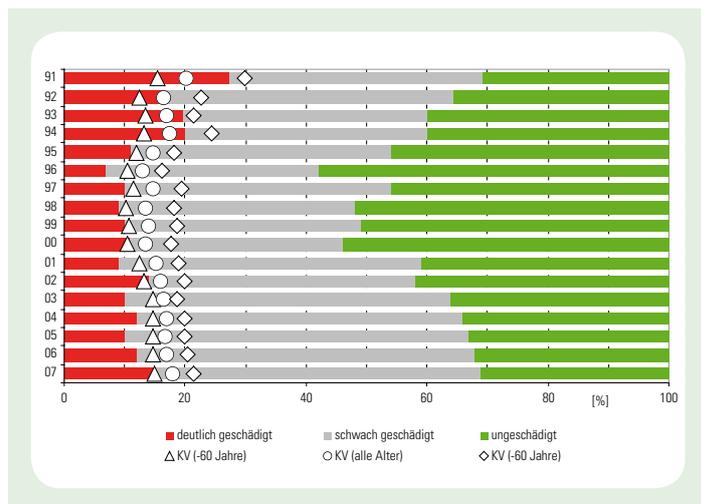
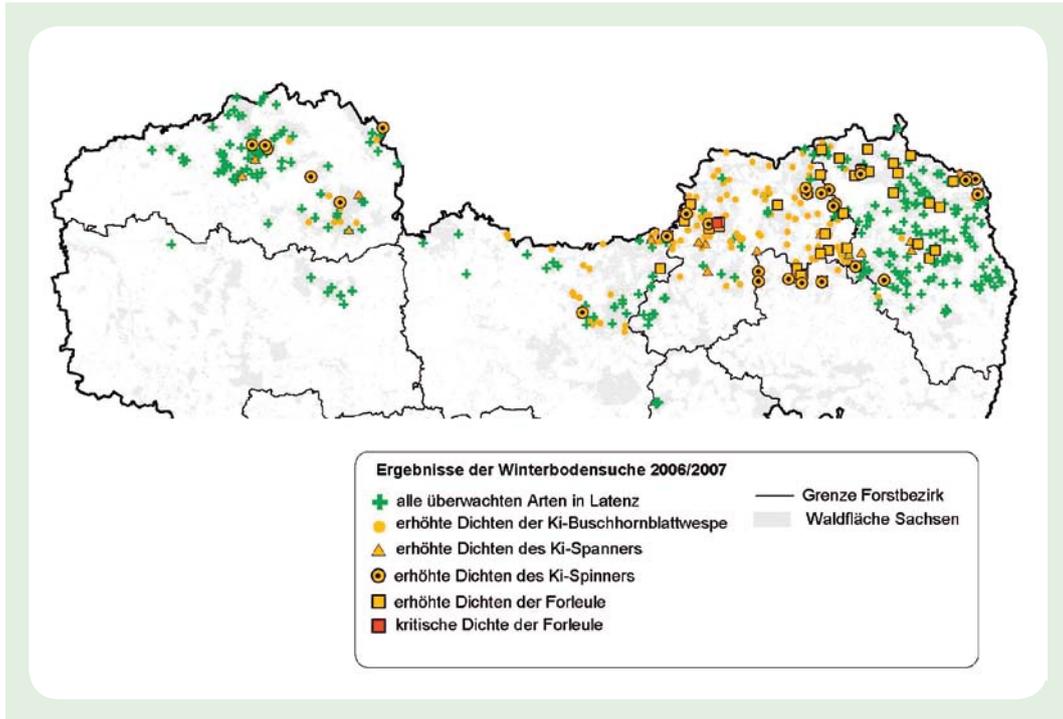


Abb. 23: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Kiefer von 1991 bis 2007



**Abb. 24:**  
Ergebnisse der  
Winterbodensuche  
2006/07

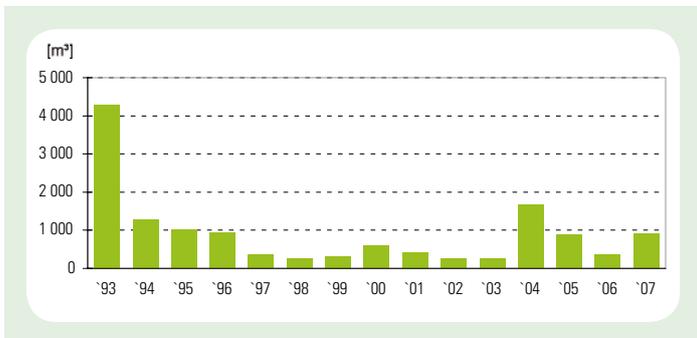
spec.) stellen diese Kieferngroßschädlinge auch im Frühjahr 2007 keine aktuelle Gefährdung für die Bestände dar (vgl. Abb. 24).

Der Blaue Kiefernprachtkäfer (*Phaenops cyanea* L.) entwickelt sich in der Regel in einer zweijährigen Generation. Der sehr warme Sommer 2006 bot dieser wärmeliebenden Käferart

besonders im Juli optimale Schwärmbedingungen. Auch der milde Winter und insbesondere das trockene Frühjahr 2007 könnten sich fördernd auf die Befallsentwicklung ausgewirkt haben. Der Vergleich der jeweils Ende Juli registrierten Stehendbefallsmengen zeigt ein insgesamt höheres Schadniveau seit 2004 (vgl. Abb. 25).

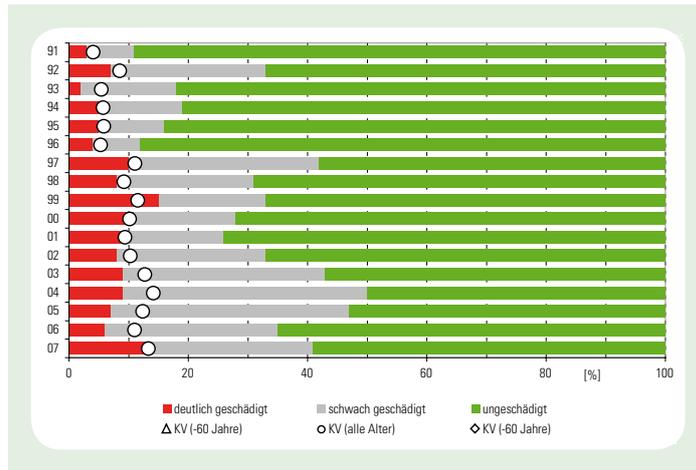
### Sonstige Nadelbäume

Das Schadniveau sonstiger Nadelbäume ist verglichen mit den beiden vorangegangenen Nadelbaumarten niedrig, zumal junge Bäume i. d. R. in geringerem Maße Schäden zeigen. Die mittleren Nadelverluste nehmen in dieser Baumartengruppe jedoch kontinuierlich zu und erreichen 2007 mit 13,3 % den zweithöchsten Wert in der Zeitreihe. Bei den sonstigen Nadelbäumen unterliegt die Zuordnung zu den Schadstufen erheblichen Schwankungen. Der Anteil von Bäumen in den Schadstufen 2 bis 4 nahm von 1991 bis 1999 von 3 auf 15 % zu. Bis 2004 führte die Zunahme schwacher Schäden trotz sinkender Anteile in den Stufen 2 bis 4 zu leicht steigenden Mittelwerten. Die in den beiden vergangenen Jahren registrierten Verbesserungen der mittleren Kronenverlichtung werden durch den neuerlichen Anstieg auf 13 % negiert (vgl. Abb. 26).



**Abb. 25:**  
Durch Prachtkäfer  
befallene Holzmenge  
von 1993 bis 2007  
jeweils mit Stand Juli

Die 2007 häufiger auftretenden mittleren bis starken Verfärbungen führten im Vergleich zu anderen Baumarten/-gruppen auch häufiger zur Einstufung in eine höhere Schadstufe. Im Vergleich zum Vorjahr stieg im Frühjahr 2007 der sehr auffällige Befall von Lärchenbeständen durch die Lärchenminiermotte (*Coleophora laricella*) wieder an und erreichte in etwa das Durchschnittsniveau der letzten 10–15 Jahre. Er spielte dennoch eine untergeordnete Rolle für den Benadelungszustand dieser Baumart.



**Abb. 26:** Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der sonstigen Nadelbäume von 1991 bis 2007

## Kronenzustand an Laubbäumen

Laubbäume, hierbei vor allem die Birke, nehmen lediglich 22 % der Waldfläche ein. Der Flächenanteil der natürlichen Hauptbaumarten Eiche und Buche beträgt zusammen sogar nur 9 %. Der jährliche Laubfall bei Laubbäumen bedingt einen gegenüber den Nadelbäumen andersartigen Stoffhaushalt. Laubbäume müssen zusätzlich zu den für die Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen im Winter notwendigen Speicherstoffen auch ausreichend Reserven für den Neuaustrieb im folgenden Jahr speichern. Durch die gegenüber den Nadelbäumen intensivere Photosynthese füllen sich die für den Blatt-austrieb und die Wachstumsprozesse verbrauchten Reservestoffe rasch wieder auf. In Verbindung mit der Fähigkeit vieler Laubbäume, partiellen und sogar vollständigen Blattverlust durch Neuaustrieb zu kompensieren, ist für das Ausmaß der Schädigung die Effizienz der Photosynthese über die gesamte Vegetationszeit bestimmend.

Für die Beurteilung des Kronenzustandes bedeutet dies, dass der Zeitpunkt des Laubverlustes, z.B. durch Insektenfraß im Frühjahr oder

durch Trockenheit im Sommer und die Kompensation durch einen Neuaustrieb entsprechend berücksichtigt werden müssen.

### Eiche

Der Anstieg des mittleren Blattverlustes fiel bei den Eichenarten am höchsten aus. Ausgehend von einem Zeitreihenminimum (21,7 %) im Jahr 2006 stiegen die Verluste im Mittel auf 24,8 % an. Gleichzeitig nahm der Anteil der Eichen in den Schadstufen

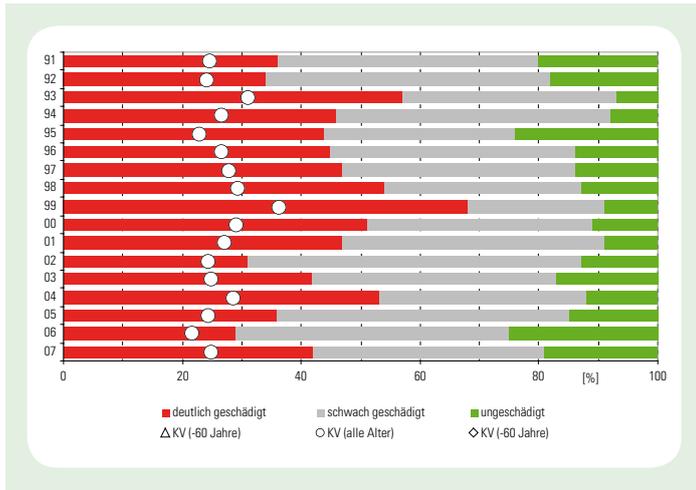
2 bis 4 von 29 auf 42 Prozent zu (vgl. Abb. 28). Die Eiche ist 2007 die Baumartengruppe mit den höchsten Blattverlusten. Der Kronenzustand reagierte wie bereits nach dem Jahrhundertssommer 2003 sehr deutlich auf die Trockenheit im Sommer 2006. Den Ausschlag hierzu schienen mehrere Gründe zu geben:

Zum einen beschränkt sich das Vorkommen von Stiel- und Trauben-Eiche vornehmlich auf wechselfeuchte und wechselfrockene, also von der Was-



**Abb. 27:** Buchen-Eichenmischwald im Hügelland

**Abb. 28:**  
Schadstufen-  
verteilung  
und mittlere Kronen-  
verlichtung (KV)  
der Eiche von  
1991 bis 2007



serversorgung der Bäume problematische Standorte. Ihre morphologischen und physiologischen Eigenschaften verhelfen den Eichen auch auf den hinsichtlich des Wasserhaushaltes recht problematischen Standorten zu wachsen und stabile Waldbestände zu bilden. Eine dieser Eigenschaften ist die Fähigkeit, mit vorzeitiger Laubverfärbung und dem Abwurf ganzer Zweige (Astabsprünge) bei Trockenheit ihre Transpirationsfläche zu minimieren und den Wasserverbrauch zu reduzieren. Durch ihr hohes Regenerationspotenzial sind Eichen aber befähigt, derartige Blattverluste bei günstigeren Bedingungen über mehrere Jahre hinweg wieder

auszugleichen. Resultat sind von Jahr zu Jahr relativ deutliche Veränderungen des Kronenzustandes, wie sie in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung auftreten.

Trotz periodisch starker Blattverluste lag die Sterberate bei der Eiche in den letzten 17 Jahren im Mittel bei 0,4 %. Auch nach den Trockenjahren 2003 und 2006 konnte keine Häufung des Absterbens aufgrund natürlicher Ursachen verzeichnet werden. Im Gegensatz hierzu stieg die Sterberate nach Trockenjahren bei den sonstigen Laubbäumen auf das Dreifache des Zeitreihenmittels (1,0 %) an!

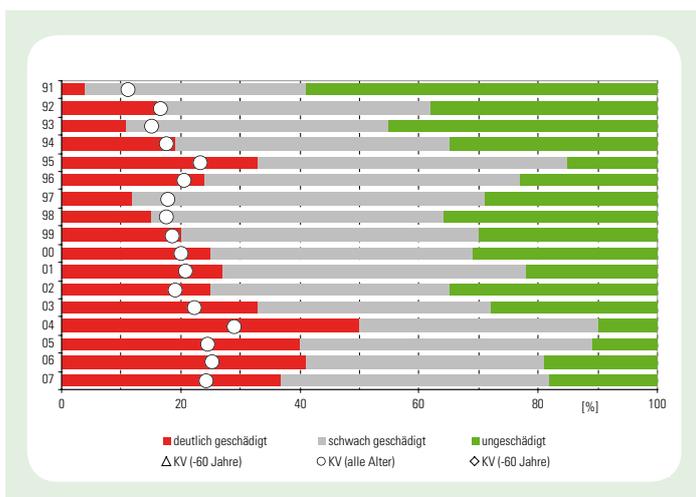
Der Anteil der Eichen, die Früchte tragen, liegt in diesem Jahr bereits zum dritten Mal in Folge über 50 %. Von den über 60 Jahre alten Eichen fruktifizierten 55 %, davon 9 % mittel bis stark. Es wird davon ausgegangen, dass diese Häufung der Fruktifikation ebenfalls Vitalitätseinbußen mit sich bringt, da die Bäume erhebliche Reservestoffe in die Fruchtbildung investieren müssen. Fraßschäden durch so genannte „Eichenfraßgesellschaften“ (Eichenwickler, Schwammspinner und Frostspanner-Arten) waren auch in diesem Jahr mit einer landesweiten Schadflächen von etwa 300 ha wieder sehr gering und beeinflussten den Belaubungszustand nicht.

### Buche

Einzig bei der Rot-Buche gingen die deutlichen Kronenverlichtungen (über 25 %) um 4 Prozentpunkte auf 37 % zurück. Der mittlere Blattverlust unterscheidet sich mit 24,2 % statistisch nicht von den vorangegangenen zwei Jahren, daher sind die Verbesserungen im Wesentlichen auf eine veränderte Häufigkeitsverteilung zurückzuführen. Der Anteil von Buchen mit geringen Blattverlusten stieg auf 45 % (vgl. Abb. 29).

Dass der Kronenzustand bei der Buche sich nicht wie nach dem Trockenjahr 2003 weiter verschlechtert hat, kann im Zusammenhang mit der wesentlich geringeren Fruktifikation in diesem Jahr gesehen werden. Physiologisch schließen sich bei der Buche die Anlage von Blüten- und Blattknospen einander an. Aus diesem Grund treiben intensiv blühende Buchen weniger Blätter aus. Gegenüber 2006, als über 60 % der älteren Buchen mittleren bis starken Fruchtbehang aufwiesen, lag dieser Anteil 2007 bei lediglich 21 % (vgl. Abb. 30).

**Abb. 29:**  
Schadstufen-  
verteilung und  
mittlere Kronen-  
verlichtung (KV)  
der Buche von  
1991 bis 2007



scheinungsbild der Buchen resultiert auch aus dem Alter der Bäume. Betrachtet man die gesamte Stichprobe der Waldzustandserhebung, so ist ca. die Hälfte aller Bäume älter als 60 Jahre. Bei den Buchen beträgt der Anteil dagegen 74 %, wovon etwa zwei Drittel sogar über 100 Jahre alt sind. Ältere Bäume sind weniger vital und reaktionsfähig, denn mit zunehmendem Alter verschiebt sich die Relation von der grünen Blattmasse, die den Baum ernährt, zugunsten der Holzmasse (Stämme und Zweige), die Nährstoffe verbraucht.

### Sonstige Laubbäume

Die Gruppe der sonstigen Laubbäume wird mit einem Anteil von mehr als 50 % von der Birke dominiert. Daneben treten die beiden heimischen Ahornarten, Gemeine Esche, Hainbuche, Winter-Linde, Rot-Eiche, Rot-Erle, Eberesche, Pappel und Aspe in der Stichprobe häufiger auf.

Der Schädigungsgrad der Baumarten-gruppe weist mit einer relativ hohen Variabilität über den gesamten Zeitraum eine steigende Tendenz der mittleren Kronenverlichtung auf. Im Jahr 2007 beträgt sie 22,2%, wobei ein Viertel der Bäume in den Schädigungsstufen 2 bis 4 eingruppiert wurde (vgl. Abb. 31).

Nachdem bereits zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung 2006 vorzeitige Blattverluste von teils noch grünen Blättern beziehungsweise auffällige Blattverfärbungen an verschiedenen Baumarten erkennbar waren, schied in diesem Jahr erneut auffallend viele Bäume (3 %) aufgrund abiotischer und biotischer Ursachen

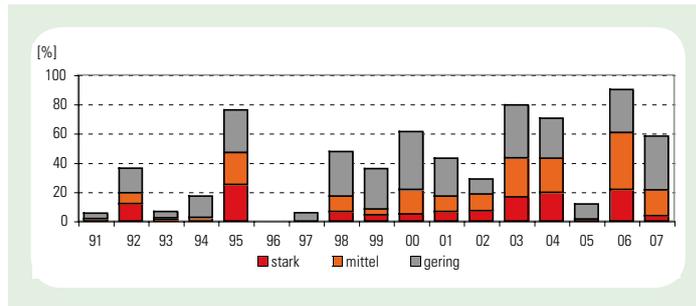


Abb. 30: Fruktifikation der älteren (über 60-jährigen) Buchen von 1991 bis 2007

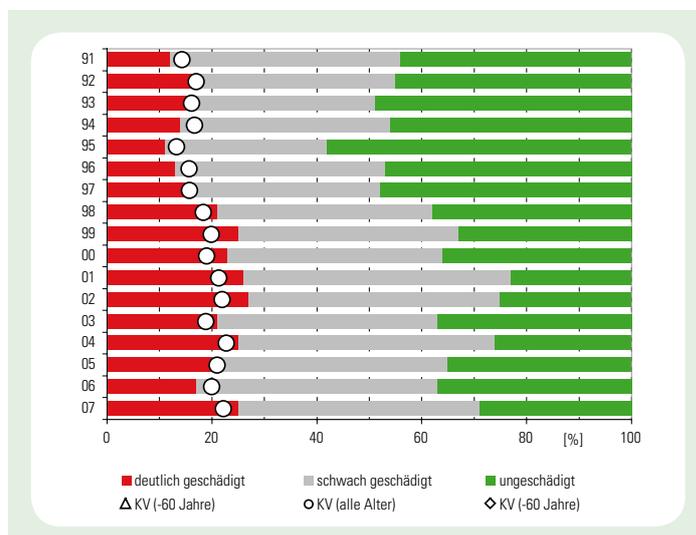


Abb. 31: Schädigungsstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der sonstigen Laubbäume von 1991 bis 2007

aus, oder es wurde ein vollständiger Blattverlust registriert. Vorwiegend betroffen waren wiederholt Standorte mit besonderer Exposition gegenüber Trockenstress: wechselfeuchte sowie wechsellrockene Standorte, sandige Böden, Felspartien, südwestlich exponierte Bestandesränder u. a.

# Tabellarische Übersichten

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

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

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

} deutlich geschädigt

**Tab. 3:**  
Baumarten- und Altersklassenverteilung der Stichprobenbäume im 4x4-km-Raster (entspricht 260 Stichprobenpunkten bzw. 6240 Bäumen; Angaben in %)

Baumart/ Baumartengruppe	Aktuelle Verteilung	Stichprobe	Altersklasse					
			bis 20	21-40	41-60	61-80	80-100	>100
Fichte	41,6	46	3	17	22	13	23	22
Kiefer	30,1	26	8	14	34	14	16	14
Sonstige Nadelbäume	6,0	5	26	36	19	10	4	5
Buche	3,2	3	0	0	26	16	12	46
Eiche	5,3	6	0	17	18	10	12	43
Sonstige Laubbäume	13,5	14	10	16	35	23	7	9
Alle Baumarten	(99,7+0,3 Blößen)	100	6	16	27	15	17	19

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

Baumart/ Baumartengruppe	Fläche [ha]	Schadstufe				
		0	1	2	3 und 4	2-4
		ohne Schadmerkmale	schwach geschädigt	mittelstark geschädigt	stark geschädigt/ abgestorben	deutlich geschädigt
Fichte	203 970	40	42	17	1	18
bis 60 Jahre	88 190	70	25	5	0	5
über 60 Jahre	115 780	19	54	25	2	27
Kiefer	146 120	31	54	14	1	15
bis 60 Jahre	85 850	44	46	9	1	10
über 60 Jahre	60 270	15	64	20	1	21
Sonstige Nadelbäume	21 790	59	28	9	4	13
Nadelbäume	371 880	38	45	15	2	17
Buche*1	12 410	18	45	36	1	37
Eiche	25 440	19	39	41	1	42
Sonstige Laubbäume	60 270	29	46	20	5	25
Laubbäume	98 120	25	44	27	4	31
Alle Baumarten	470 000*2	35	45	18	2	20
bis 60 Jahre	242 100	55	34	9	2	11
über 60 Jahre	227 900	16	55	27	2	29

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

Baumart/ Baumartengruppe	Anteil vergilbter Nadeln/Blätter			Insektenbefall/ Pilzbefall			Blüte bzw. Fruktifikation alle Alter/über 60 Jahre		
	11-25 %	26-60 %	>60 %	gering	mittel	stark	gering	mittel	stark
Fichte	3	1	0	1/0	0/0	0/0	24/25	3/ 4	0/ 0
Kiefer	0	0	0	6/1	0/0	0/0	67/75	13/14	1/ 1
Sonstige Nadelbäume	2	3	1	12/0	1/0	0/0	32/42	14/15	6/ 0
Buche	3	1	0	20/0	0/1	1/0	36/37	17/18	3/ 4
Eiche	2	1	0	58/5	9/1	0/0	45/47	6/ 7	1/ 1
Sonstige Laubbäume	1	0	0	32/1	2/0	1/0	31/31	12/19	7/13
Alle Baumarten	2	1	0	11/1	1/0	0/0	38/39	8/ 9	1/ 2

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

Wuchsgebiet	Ges.	-60	>60	Fichte	Kiefer	Sonstige Nadelbäume	Buche	Eiche	Sonstige Laubbäume
14* Mittleres nordost- deutsches Altmoränenland	24	55	45	4	75	0	1	4	16
15* Düben-Niederlausitzer Altmoränenland									
23* Sachsen-Anhaltinische Löss-Ebenen	3	31	69	0	0	5	0	26	69
24* Leipziger Sandlöss-Ebene	6	47	53	16	19	5	1	24	35
25* Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland									
26* Erzgebirgsvorland	3	85	15	65	1	13	1	12	8
27 Westlausitzer Platte und Elbtalzone	10	60	40	20	32	1	8	15	24
28 Lausitzer Löss-Hügelland									
44* Vogtland	6	41	59	71	12	4	1	4	8
45 Erzgebirge	36	41	59	84	2	5	3	1	5
46 Elbsandsteingebirge	12	53	47	51	17	16	6	1	9
47 Oberlausitzer Bergland									
48 Zittauer Gebirge									
Sachsen	100	49	51	46	26	5	3	6	14

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

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

Wuchsgebiet	Baumart/Alter	Schadstufen		
		0	1	2 bis 4
14*	Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland Alle	29	54	17
15*	Düben-Niederlausitzer Altmoränenland Kiefer	29	55	16
23*	Sachsen-Anhaltinische Löss-Ebenen	keine Aussage möglich		
24*	Leipziger Sandlöss-Ebene	keine Aussage möglich		
25*	Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland Alle	33	50	17
26*	Erzgebirgsvorland	keine Aussage möglich		
27	Westlausitzer Platte und Elbtalzone Alle	36	45	19
28	Lausitzer Löss-Hügelland	keine Aussage möglich		
44*	Vogtland Alle	41	39	20
	Fichte	38	42	20
45	Erzgebirge Fichte	40	40	20
	bis 60 Jahre	73	22	5
	über 60 Jahre	20	51	29
	Alle	39	40	21
	bis 60 Jahre	69	24	7
	über 60 Jahre	18	51	31
46	Elbsandsteingebirge Alle	35	45	20
47	Oberlausitzer Bergland Fichte	24	53	23
48	Zittauer Gebirge	keine Aussage möglich		
	Sachsen	35	45	20

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

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

## Literaturverzeichnis

- [1] SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR FORSTEN: Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke im Freistaat Sachsen, Schriftenreihe der LAF, Graupa 1996
- [2] GEMBALLA, R., SCHLUTOW, A.: Überarbeitung der Forstlichen Klimagliederung Sachsens, AFZ/DerWald 62(15), 2007, S. 822-826
- [3] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT: Klimawandel in Sachsen – Sachstand und Ausblick 2005
- [4] IPCC: Climate Change 2007 – The Physical Science, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Climate Models and Their Evaluation, 2007
- [5] IRRGANG, S.: Klimaänderung und Waldentwicklung in Sachsen – Auswirkungen auf die Forstwirtschaft, Forstarchiv 73(4), 2002, S. 137-148
- [6] KÖLLING, C., ZIMMERMANN, L., WALENTOWSKI, H.: Klimawandel: Was geschieht mit Buche und Fichte, AFZ/DerWald 62(11), 2007, S. 584-588
- [7] BOLTE, A., IBISCH, P.L.: Neun Thesen zum Klimawandel, AFZ/DerWald 62(11), 2007, S. 572-576
- [8] ZIMMERMANN, N.E. ET. AL.: Wo wachsen Bäume in 100 Jahren?, Forum für Wissen, WSL Birmensdorf 2006, S. 63-71
- [9] BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT: Die zweite Bundeswaldinventur –BWI<sup>2</sup>, Bonn 2004
- [10] LECKEBUSCH, G.C. ET AL.: Analysis of frequency and intensity of European winter storm events from a multi-model perspective, at synoptic and regional scales, Climate Research 31, 2006, S. 59-74
- [11] BENGTTSSON, L, HODGES, K.I., ROECKNER, E.: Storm Tracks and Climate Change; Journal of Climate 2005, S. 3518-3543
- [12] IPCC: Climate Change 2007 – The Physical Science, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Technical Report 2007, S. 38-39
- [13] BENESTAD, R.E.: On Mid-latitude Storms, 2006, <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2006/12/on-mid-latitude-storms/>
- [14] BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT: LOTHAR - Ursächliche Zusammenhänge und Risikoentwicklung, Umwelt-Materialien Nr. 184, Bern 2005
- [15] BAIER, P.: Phenips – A comprehensive phenology model of Ips typographus (L.) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation, Forest Ecol. Management 2007
- [16] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT: Waldzustandsberichte 1999–2005

# Glossar

B1-Emissionsszenario	bestmögliche künftige Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Konzentration in der Atmosphäre die das IPCC aufgrund bestimmter technologischer, demografischer und sozioökonomischer Entwicklungen als wahrscheinlich ansieht.
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECHAM5-Klimamodell	5. Generation des globalen Ozean-Atmosphären-Klimamodell des Max-Planck-Institutes für Meteorologie in Hamburg.
Equitensiometer	Tensiometer dienen zur kontinuierlichen Messung der Bodenfeuchte. Ein Equitensiometer bestimmt über die elektrische Leitfähigkeit des Bodens die Energiemenge, die erforderlich ist, um eine definierte Menge Wasser aus dem Boden zu gewinnen.
Evapotranspiration	Summe der Verdunstung von Lebewesen (Transpiration) und der Verdunstung auf unbelebten Wasser- oder Bodenoberflächen (Evaporation)
Grasreferenzverdunstung	Verdunstung über einer standardisierten Grasfläche auf einheitlichem Boden bei optimaler Wasserversorgung. Nach Wendling lässt sich die Grasreferenzverdunstung anhand empirisch ermittelter Beziehungen aus meteorologischen Größen berechnen.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change: Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimafragen; Berichtet über den aktuellen Forschungsstand auf dem Gebiet der Klimaforschung.
Klima	Unter K. versteht man sowohl den mittleren Zustand als auch den charakteristischen jährlichen Witterungsablauf der meteorologischen Erscheinungen über einen ausreichend langen Referenzzeitraum (30 Jahre, aber auch Jahrhunderte oder Jahrtausende).
Latenzniveau	Individuen einer Art sind im Ökosystem vorhanden, ihre Anzahl ist so gering, dass sie (noch) nicht in Erscheinung treten.
Permanenter Welkepunkt	Der permanente Welkepunkt (PWP) oder Welkepunkt kennzeichnet den Austrocknungsgrad eines Bodens, bei dem Pflanzenwurzeln kein Wasser aus dem Boden aufnehmen können, so dass Pflanzen unumkehrbar (irreversibel) welken.
WEREX-Regionalisierung	Wetterlagenbedingte Regression für Extremwerte: Ausgehend von den Simulationen globaler Klimamodelle werden auf der Basis sich ändernder Wetterlagenhäufigkeiten Klimaänderungsszenarien auf regionaler Ebene bestimmt.
Witterung	Unter W. versteht man den vorherrschenden Charakter des Wetterablaufes der meteorologischen Erscheinungen über mehrere Tage bis Monate.

# Impressum

Herausgeber:	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) 01075 Dresden Internet: <a href="http://www.smul.sachsen.de">www.smul.sachsen.de</a>
Öffentlichkeitsarbeit:	Telefon: (0351) 5 64 68 14, Fax: (0351) 5 64 68 17 E-Mail: <a href="mailto:info@smul.sachsen.de">info@smul.sachsen.de</a>
Redaktion:	Staatsbetrieb Sachsenforst Sven Martens Bonnewitzer Straße 34 01796 Pirna, OT Graupa Telefon: (03501) 542-0, Fax: (03501) 542-213 E-Mail: <a href="mailto:poststelle.sbs@smul.sachsen.de">poststelle.sbs@smul.sachsen.de</a>
Redaktionsschluss:	26.09.2007
Fotos:	Archiv des Staatsbetriebes Sachsenforst
Autoren:	Rainer Gemballa: Wuchsbedingungen Torsten Roch: Waldgesellschaften Sven Martens: Stürme Lutz-Florian Otto: Borkenkäfer Jörg Fleischer: Waldbrandrisiko Dr. Henning Andreae: Immissionen/Stoffeinträge/Stoffausträge Sven Martens, Arnd Schöndube: Witterung, Regionale Schäden, Kronenzustand, Lutz-Florian Otto: Abiotische/Biotische Schäden
Auflagenhöhe:	4.000
Layout und Produktion:	Colosseum, Dresden
Papier:	gedruckt auf Papier aus 100 % chlorfrei (tcf) gebleichtem Zellstoff
Kostenlose Bestelladresse:	Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung Hammerweg 30 01127 Dresden Telefon: (0351) 210 3671 oder -72, Fax: (0351) 210 3681
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.

