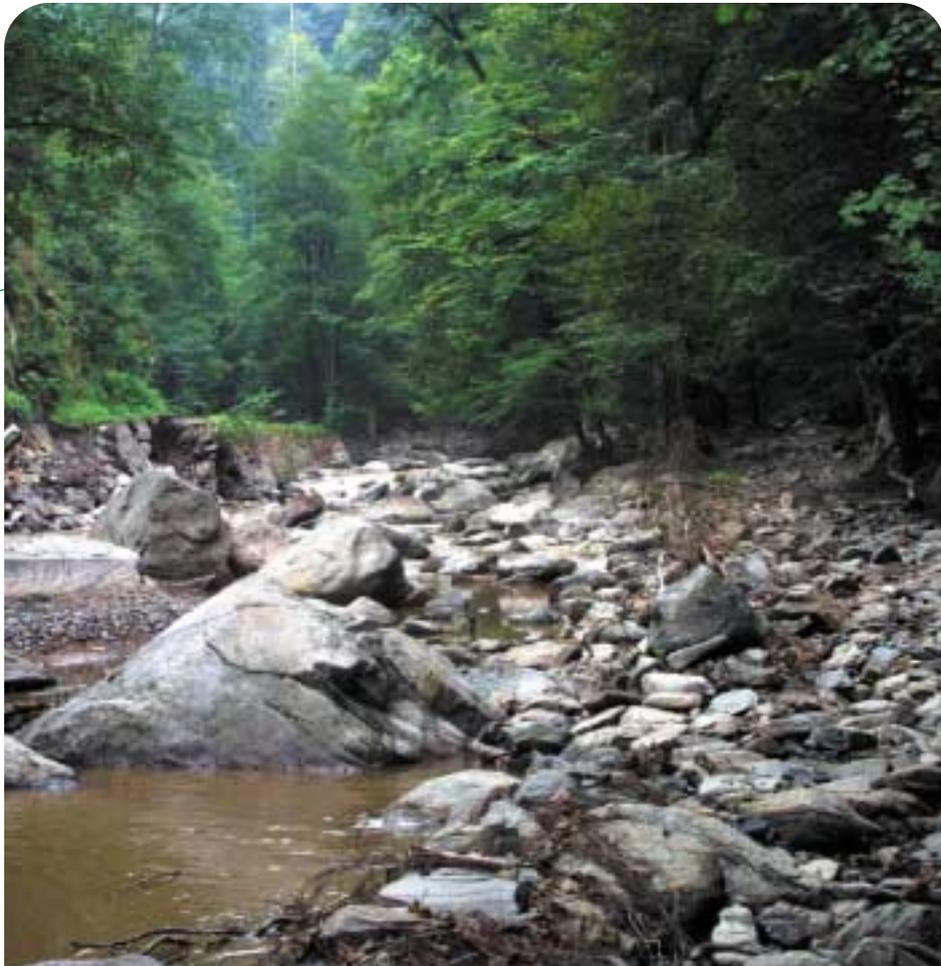




Das Lebensministerium



Waldzustandsbericht 2002

Freistaat  Sachsen

Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

Inhalt Waldzustandsbericht 2002

(Waldschadensbericht nach § 58 SächsWaldG)

	Seite
Waldzustand 2002 im Überblick	1
Vorbemerkungen	5
Forstliches Monitoring in Sachsen	6
Rahmenbedingungen für den Waldzustand	8
Witterung	8
Deposition und Stoffbelastung	12
Waldzustand 2002	15
Kronenzustand und biotische Schäden	15
Bodenzustand	24
Ernährungszustand	25
Waldvegetation	28
Bodenschutzkalkung	31
Waldzustand im tschechischen Erzgebirge	35
Anhang	36
Tabellen	36
Literaturverzeichnis	42
Geschichtlicher Abriss zur Problematik der SO₂-bestimmten Immissionsschäden im Erzgebirge	44

Die Waldzustandserhebung 2002 weist für **18 % der sächsischen Waldfläche deutliche**, für 41 % schwache sowie für 41 % keine erkennbaren **Schäden** aus. Für den gesamten zurückliegenden 12-jährigen Beobachtungszeitraum kann eine Verbesserung des Kronenzustandes der Waldbäume festgestellt werden. Der geringfügige Anstieg der Schäden gegenüber dem Vorjahr ist noch nicht als Trendwende zu werten. Es wurden 6 816 Bäume in 284 Waldbeständen begutachtet.

Hinsichtlich der Hauptbaumarten und Wuchsgebiete gilt:

Für die **Fichte**, in diesem Jahr zu 16 % deutlich geschädigt, veranschaulicht die Zeitreihe eine kontinuierliche Verbesserung des Gesundheitszustandes. Obwohl die Schäden 2002 wieder leicht zugenommen haben, bleiben sie unter dem Mittel aller Baumarten. Der Befall durch den Buchdrucker, dem gefährlichsten Schädling in alten Fichtenbeständen, war wiederum gering.

In den vergangenen Jahren waren die **Kiefern** durch ein vergleichsweise niedriges Schadniveau gekennzeichnet. Gegenwärtig zeigen sie auf 14 % der Fläche deutliche Schäden. Nach einem starken Rückgang der Schäden zu Anfang der 90er Jahre ist allerdings wieder ein leichter Anstieg zu beobachten. In den kiefern-dominierten Gebieten setzte sich der Anstieg der Populationsdichten der Nonne fort. Kleinflächig kam es bereits zu ersten Fraßschäden.

Die **Eichen** weisen ein vergleichsweise hohes Schadniveau auf. Allerdings hat sich ihr Kronenzustand seit 3 Jahren positiv entwickelt. Die deutlichen Schäden (31 %) bewegen sich wieder auf dem Niveau von Anfang der 90er Jahre. Wesentlich dazu beigetragen haben die seit 1997 abnehmenden Fraßschäden durch Schmetterlingsraupen und günstige Witterungsbedingungen.

Bei der **Buche** erhöhten sich die deutlichen Schäden innerhalb der zurückliegenden 12 Jahre auf 25 %. Abgesehen von einigen

kurzzeitigen Erholungsphasen hat sich ihr Kronenzustand tendenziell verschlechtert.

Bei verschiedenen **Laubbaumarten** zeigten sich Verfärbungen und Nekrosen an den Blättern. Sie haben unterschiedliche Ursachen, wobei Blattpilzen und minierenden Insekten eine besondere Bedeutung zukommt.

Zwischen den **Wuchsgebieten** variierte der Flächenanteil der deutlichen Schäden von 10 bis 20 %. Die in den vergangenen Jahren wiederholt festgestellte starke regionale Differenzierung der Schäden war damit 2002 geringer ausgeprägt.

Im **sächsischen Teil des Erzgebirges** hat sich der Zustand des Waldes in den letzten Jahren spürbar verbessert, auch wenn die Schäden im Vergleich zum Vorjahr wieder leicht zugenommen haben. Waldbestände höheren Schädigungsgrades konzentrieren sich im mittleren und östlichen Erzgebirge, beschränken sich aber nicht mehr – wie in der Vergangenheit – auf das Gebiet der »klassischen Rauchsäden«. Auch im **tschechischen Teil des Erzgebirges** ist nach dem Schadwinter 1995/96 der Zustand des Waldes – insbesondere der Fichten – wieder besser geworden und hat sich dem Niveau vor 1995 angenähert. 1997 erstmals beobachtete akute Schäden an Birken führten zum Absterben dieser Baumart auf einer Fläche von 2 550 ha. Inzwischen hat sich das Schadensausmaß stabilisiert.

Extreme **Niederschläge** bis zu 340 mm am 12./13. August haben die Bedeutung des Waldes für den Landschaftswasserhaushalt und seine ausgeprägte Hochwasserschutzfunktion ins Bewusstsein gerückt. Die immensen Schäden unterstreichen die Notwendigkeit einer gezielten und umfassenden Waldmehrung in Sachsen. Im Wald traten Hochwasserschäden fast ausschließlich am Wegenetz auf.

Die **Stoffbelastungen** in den sächsischen Waldökosystemen haben sich im vergangenen Jahrzehnt wesentlich verändert: Die Problema-

tik der Eutrophierung überwiegt oftmals gegenüber der Versauerung, die wiederum wesentlich durch die Stickstoffdeposition und die Verwertung von Stickstoff im Ökosystem bestimmt wird. Trotz vielschichtiger Erfolge in der Umweltpolitik stellen überhöhte Stoffeintragsraten auch weiterhin eine Gefahr für die Waldökosysteme dar.

In den letzten Jahrzehnten hat sich der Zustand der **Waldböden** teils stark gewandelt: In den meisten Fällen ist die Basensättigung deutlich zurückgegangen und der Säuregrad (pH-Wert) der tieferen Bodenschichten bewegt sich zunehmend im Aluminium-Pufferbereich. Damit hat sich auch die Zusammensetzung der Tonminerale nachteilig verändert.

Die **Elementgehalte von Nadeln und Blättern** bestätigen den landesweiten, im Mittelgebirgsraum besonders deutlich ausgeprägten Rückgang der Schwefelbelastungen. Die Magnesium-Ernährung ungekalkter Fichtenbestände ist vielerorts unzureichend und hat typische Mangel-Chlorosen sowie Nadelverluste zur Folge. Ähnliche Aussagen werden für das tschechische Erzgebirge getroffen.

Die sich ändernden Umweltbelastungen haben ebenfalls zu einem Wandel in der **Waldbodenvegetation** geführt: Verstärkt treten Arten auf, die eine Eutrophierung der Waldstandorte durch den Stickstoff-Eintrag anzeigen. Durch die Ausbreitung dieser nitrophilen Pflanzen werden zunehmend konkurrenzschwache Arten verdrängt. Dagegen dokumentiert die Bioindikation mittels epiphytischer Moose und Flechten einen insgesamt abnehmenden Versauerungsgrad der Umwelt, während gleichzeitig die jahrzehntelange hohe Umweltbelastung erkennbar wird.

Bodenschutzkalkungen haben sich als eine wichtige Maßnahme zur Stabilisierung der Waldökosysteme erwiesen: Sie wirken sich positiv auf den Bodenzustand, die Ernährung und Vitalität der Waldbäume sowie auf die Zusammensetzung der Bodenvegetation aus.



The current assessment of the state of Saxon forests shows that **18 % of the forest area are visibly damaged**, 41 % slightly damaged, and another 41% apparently undamaged. Over the last 12 years the state of foliation of forest trees has improved. The slight increase of damage in 2002 compared with 2001 does not yet mean a trend reversal.

6 806 trees on 284 forest stands were included in the assessment.

With regard to principal tree species and growth areas the following features were found:

For **spruce** with the proportion of visibly damaged stands amounting to 16 %, the state of health has continuously improved over the whole assessed period. Damage rose slightly in the current year, however, spruce remains still below the average of all tree species under investigation. Infestation with bark-scarabee (*Ips typographus*) is once again weak.

In the last years **pine** had a comparatively low level of damage. At present this species is visibly impaired on 14 % of its area. The sharp decrease of the level of damage in the nineties of the last century is now followed by a slight increase. In areas with predominant pine the population density of nun moth (*Lymantria monacha*) is further growing, leading in small areas to first signs of damage by feeding.

Oak is particularly damaged, however, the state of foliation improved during the last 3 years. Visible damage fell to the level of the early nineties. This development is related to a decrease of feeding by lepidopterous caterpillars as well as to favourable weather conditions.

For **beech** visible damage grew to 25 % within the last 12 years. Apart from a few

spells of recovery the state of foliation became increasingly worse.

Leaves of several **deciduous tree species** showed discolorations and necroses. There are various causes with leaf fungi and mining insects being most important.

The proportion of visibly damaged stands depends on the **growth area**. With a variation between 10 and 20 % regional differences are less obvious than in former years.

In the **Saxon part of the Ore Mountains (Erzgebirge)** the state of the forests has considerably improved during the last years although the current year brought a slight setback. Forest stands with higher damage level are concentrated on the central and eastern Erzgebirge, however, they are no longer restricted to the region of the "classical smoke damage" known from the past.

In the **Czech part of the Ore Mountains (Erzgebirge)**, too, forests, in particular such of spruces, have recovered from damage suffered in the winter 1995/96, so that they approach the level given before. Acute damage to birch seen first in 1997 led to the die-back of this species on an area of 2 550 ha. By now the level of damage is no longer increasing.

Extreme **precipitation** up to 340 mm on August 12 and 13 drew attention to the importance of forests for the general water regime and for flood protection. Immense damage stresses the necessity of a specific and comprehensive forest promotion in Saxony. In the forests damage by excessive rainfall was almost entirely limited to the road network.

In the Saxon forest ecosystems **stress by pollution** has considerably altered during the past decade. Eutrophication became frequently more essential than acidificati-

on, which, on the other hand, is increasingly determined by nitrogen deposition and nitrogen metabolism in the ecosystem. Despite multiple successes by environmental policy, excessive immission rates remain a threat to forest ecosystems.

During the last decades profound changes of the state of many **forest soils** took place. In most cases base cation saturation decreased, causing the pH-value of lower soil layers to move to the aluminium buffer level. With that the composition of clay minerals became less favourable.

Contents of elements in needles and leaves confirm the country-wide decrease of sulphur dioxide immissions, which is most obvious in the lower mountain ranges. The magnesium nutrition of spruce stands without liming is insufficient in many places. Accordingly, typical deficiency chlorosis and needle losses are found there. Similar observations were made in the Czech part of the Erzgebirge.

Changing environmental pressure has led to a conversion of the **ground layer vegetation**. Species which indicate an eutrophication by nitrogen input became more frequent. The spread of these nitrophilous plants suppresses plants with lower competitive capacity. On the other hand, epiphytic mosses and lichens reveal the general decrease of environmental acidification, but also the high environmental pressure having lasted for decades.

Soil protection liming has turned out to be important for the restoration of stable forest ecosystems by its impact on state of soil, nutrition, and tree vitality as well as on ground layer vegetation with its species spectrum.



Poslední šetření zdravotního stavu lesů ukázalo, že **18 % lesních porostů je zřetelně poškozeno**, 41 % slabě poškozeno a 41 % bez zjevného poškození. V průběhu celého dvanáctiletého pozorovacího období bylo zaznamenáno postupné zlepšování stavu korun lesních stromů. Slabý nárůst poškození v roce 2002 není zatím možné považovat za zvrát v dlouhodobém vývoji zdravotního stavu lesů. Při letošním šetření bylo hodnoceno 6 816 stromů v 284 porostech.

Pro hlavní dřeviny a růstové oblasti bylo zjištěno:

Smrk byl zřetelně poškozen na 16 % plochy. V průběhu celého pozorovacího období se zdravotní stav smrku trvale zlepšoval. Přes mírný nárůst v roce 2002 je poškození smrku stále nižší než průměrná hodnota pro zbývající hodnocené dřeviny. Napadení kůrovcem bylo velmi slabé.

V minulých letech vykazovala **borovice** nízkou míru poškození. V roce 2002 bylo zřetelně poškozeno 14 % plochy porostů. Po výrazném poklesu poškození na počátku 90. let dochází však nyní k mírnému vzestupu. V oblastech s převládajícím zastoupením borovice byl pozorován nárůst populace bekyně mnišky (*Lymantria monacha*). Na menších územích zaznamenány první známky poškození žírem.

Dub vykazuje poměrně vysoké poškození, přestože se v posledních třech letech stav korun zlepšil. Zřetelné poškození bylo evidováno na 31 % plochy, což odpovídá úrovni poškození na počátku devadesátých let. Příčinou pozitivního vývoje od roku 1997 je slabší žír housenek motýlů a také příznivé povětrnostní podmínky.

U buku stoupl podíl zřetelně poškozených porostů za dvanáctileté sledovací období na 25 %. Stav buku se zhoršuje bez ohledu na několik období s přechodným zlepšením zdravotního stavu.

Listy některých listnatých dřevin byly postiženy diskolorací a nekrózami. Příčiny jsou různé, mezi nejvýznamnější patří houbové choroby a minování listů hmyzem.

Podíl viditelně poškozených porostů v jednotlivých **růstových oblastech** se pohyboval od 10 do 20 procent. Velké regionální rozdíly v míře poškození, známé z minulých let, byly v roce 2002 méně výrazné.

V sasské části Krušných hor se zdravotní stav lesů v posledních letech citelně zlepšil, i když se poškození v letošním roce mírně zvýšilo. Porosty se zřetelným poškozením se nacházejí ve střední a východní části Krušných hor, ale jejich výskyt již není omezen na oblasti »klasických kouřových škod«, jak tomu bylo v minulosti.

Také na české straně Krušných hor se zdravotní stav smrkových porostů poškozených v zimním období 1995–96 zlepšil a přibližuje se úrovni roku 1995. Akutní poškození břízy, které se poprvé projevilo v roce 1997, vedlo k odumření této dřeviny na ploše 2 550 ha. V této době se míra poškození již dále nezvyšuje.

Díky **extrémním srážkovým úhrnům** (až 340 mm) ve dnech 12–13. srpna je opět značná pozornost věnována významu lesů pro vodní režim a pro protipovodňovou ochranu v krajině. Rozsáhlé škody potvrzují nutnost cílevědomého a rozsáhlého rozšiřování lesní plochy v Sasku. V lesních porostech se povodňové škody omezily na poškození cestní sítě.

Stres ze znečištění působící na sasské

lesní ekosystémy se v posledních 10 letech podstatně změnil. Eutrofizace se často stává významnější než acidifikace, což je dáno stoupajícími depozicemi dusíku a metabolismem dusíku v ekosystémech. Přes četné úspěchy politiky v oblasti životního prostředí představuje vysoká míra imisního zatížení i nadále hrozbu pro lesní ekosystémy. V posledních několika desetiletích se stav části lesních půd silně změnil. Ve většině případů se výrazně snížilo nasycení bazickými kationty, které zapříčinilo pokles hodnot pH hlubších půdních vrstev až do oblasti pufrace hliníkem. Tím došlo k degradaci jílových minerálů.

Obsah prvků v jehličí a listech potvrzuje v celém Sasku pokles imisního zatížení oxidy síry, nejvíce zřetelný je tento trend ve středních polohách. Nedostatečná výživa hořčíkem v nevápněných smrkových porostech je patrná na mnoha místech. Typickým projevem nedostatku je žloutnutí a opad jehličí. Podobné zkušenosti byly učiněny i na české straně Krušných hor.

Změny v zatížení přírodního prostředí způsobily i změny v **přízemní vegetaci**. Častěji se vyskytují druhy indikující eutrofizaci prostředí dusíkem v důsledku jeho zvýšených vstupů. Tyto nitrofilní druhy rostlin vytlačují konkurenčně slabší druhy. Naproti tomu výskyt epifytických mechů a lišejníků ukazuje na celkové snížení oxyselování prostředí, zároveň lze ještě pozorovat desítky let trvající vysoké imisní zatížení prostředí.

Vápnění je nadále významným opatřením pro stabilizaci lesních ekosystémů. Působí pozitivně na stav půdy, výživu a vitalitu lesních dřevin, jakož i na druhovou skladbu přízemní vegetace.



Podczas przeprowadzania tegorocznej oceny stanu lasów w Saksonii **18 % powierzchni leśnej wykazało uszkodzenia średnie**, 41 % powierzchni - uszkodzenia słabe, na 41 % powierzchni nie stwierdzono symptomów uszkodzeń. W ciągu ostatnich 12 lat stan ulistnienia koron drzew leśnych poprawił się. Lekki wzrost uszkodzeń w 2002 r. (w porównaniu z wynikami z 2001 r.) nie oznacza odwrócenia trendu.

Oceną objęto 6 806 drzew w 284 drzewostanach.

Poniżej przedstawiono wyniki dotyczące stanu zdrowotnego drzewostanów głównych gatunków drzew leśnych w Saksonii ogółem oraz w krainach przyrodniczo-leśnych.

Stan zdrowotny **świerka** poprawiał się w ciągu całego okresu obserwacyjnego. W 2002 roku 16 % powierzchni z drzewostanami tego gatunku wykazywało uszkodzenia średnie. Udział ten wzrósł w porównaniu do roku poprzedniego. Jednak w dalszym ciągu świerk jest gatunkiem, którego uszkodzenie utrzymuje się poniżej wartości uzyskanych dla pozostałych monitorowanych gatunków. Nasilenie żerowania kornika drukarza (*Ips typographus*) ponownie zmniejszyło się.

Sosna wykazywała w ostatnich latach stosunkowo niski poziom uszkodzenia. Obecnie drzewostany tego gatunku wykazują uszkodzenia średnie na 14 % powierzchni. Po wyraźnym spadku poziomu uszkodzenia obserwowanym w latach 90-tych obecnie wystąpił niewielki jego wzrost. Na powierzchniach z dominującą sosną liczebność populacji brudnicy mniszki (*Lymantria monacha*) ponownie wzrasta, doprowadzając do pojawienia się na niewielkich obszarach pierwszych symptomów uszkodzeń spowodowanych żerowaniem.

Dąb jest szczególnie silnie uszkodzony, jakkolwiek stan ulistnienia drzew tego gatunku uległ poprawie w ciągu ostatnich 3 lat. Udział uszkodzeń średnich obniżył się do poziomu z początku lat 90-tych. Poprawa kondycji drzewostanów dębowych jest związana z obniżeniem żerowania lepidopterous caterpillars (*Anticarsia gemmatilis*) jak również sprzyjającymi warunkami pogodowymi.

W drzewostanach **bukowych** udział powierzchni uszkodzeniem średnim wzrósł w ciągu ostatnich 12 lat do 25 %. Poza krótkimi okresami poprawy stan ulistnienia buków pogarszał się.

Liście kilku gatunków **drzew liściastych** wykazywały odbarwienia i nekrozy. Przyczyn tych uszkodzeń jest wiele, najważniejsze z nich to grzyby i owady minujące.

Poziom uszkodzenia drzewostanów w **dzielnicach przyrodniczo-leśnych** był zróżnicowany. Różnice regionalne udziału uszkodzeń średnich sięgały 10–20 % i były mniejsze niż w latach poprzednich.

W części Rudaw położonej w Saksonii stan lasów znacznie poprawił się w ciągu ostatnich lat, chociaż rok bieżący przyniósł niewielkie pogorszenie. Drzewostany o wysokim stopniu uszkodzenia są skupione w centralnej i wschodniej części Rudaw, jednak już nie ograniczają się tylko do regionu znanego wcześniej jako »klasycznie uszkodzanego przez dymy i gazy przemysłowe«. Również **las części Rudaw położonej w Czechach**, w szczególności lasy świerkowe, po uszkodzeniach nabytych podczas zimy 1995/96 poprawiły swą kondycję, która zbliża się do wcześniej ustalonego poziomu. Silne uszkodzenia brzozy, zaobserwowane po raz pierwszy w 1997 roku, doprowadziły do zamierania tego gatunku na powierzchni 2 550 ha. Obecnie poziom uszkodzenia nie rośnie.

Niezwykle silne **opady**, sięgające w dniach 12 i 13 sierpnia 340 mm skierowały uwagę na znaczenie lasów w gospodarce zasobami wodnymi oraz w zabezpieczeniu przeciw powodziom. Rozległe zniszczenia jakie powstały w Saksonii na skutek opadów uwydatniły potrzebę specjalnej, wszechstronnej promocji lasów w Saksonii. Zniszczenia jakie nastąpiły w lasach na skutek nadmiernych opadów ograniczyły się prawie całkowicie do sieci dróg.

Obciążenie ekosystemów leśnych Saksonii **zanieczyszczeniami** znacznie zmieniło się w ciągu ostatniej dekady. Eutrofizacja stała się

często bardziej istotnym problemem niż zakwaszenie, o którym w coraz większym stopniu decyduje depozyt azotu i krążenie azotu w ekosystemie. Pomimo wielorakich sukcesów odniesionych przez politykę ekologiczną, wskaźniki nadmiernej imisji nadal stanowią zagrożenie dla ekosystemów leśnych.

W ciągu ostatniego dziesięciolecia miały miejsce głębokie zmiany stanu **gleb leśnych**. W większości przypadków wysycenie gleb kationami zasadowymi obniżyło się, powodując przesunięcie się wartości pH głębszych warstw gleb do poziomu buforowego glinu. Ponadto skład mineralów ilastych stał się mniej korzystny.

Zawartość pierwiastków w igłach i liściach potwierdza występowanie w całej Saksonii obniżenia imisji dwutlenku węgla. Jest to najbardziej widoczne w niższych rejonach górskich. Zawartość magnezu w igliwii świerka pobranego z powierzchni nie poddanych wapnowaniu jest w wielu miejscach niewystarczająca. Skutkiem tego w tych miejscach są spotykane chlorozy wywołane niedoborem magnezu oraz ubytki igliwia. Podobne obserwacje poczyniono w czechkiej części Rudaw.

Zmieniająca się presja czynników środowiskowych doprowadziła do przebudowy **szaty roślinnej w warstwie runa**. Gatunki wskazujące na występowanie eutrofizacji spowodowanej dopływem azotu, stają się coraz bardziej rozpowszechnione. Rozprzestrzenianie się tych nitrofilnych gatunków ogranicza występowanie gatunków mających mniejszą zdolność konkurencji. Z drugiej strony występowanie mchów i porostów epifitycznych wskazuje na ogólne obniżenie zakwaszenia wywołanego wpływami środowiskowymi, ale także na silną presję środowiskową utrzymującą się od dziesięcioleci.

Wapnowanie gleb, stosowane w celach ochronnych, okazało się ważne w procesach przywracających stabilność ekosystemów leśnych poprzez wpływ na stan gleb i ich zasobność w składniki pokarmowe, wpływ na vitalność drzew, a także na skład gatunkowy szaty roślinnej w warstwie runa.

Nur gesunde und stabile Wälder sind in der Lage, ihre vielfältigen lebenserhaltenden Funktionen zu erfüllen und auf veränderte Umweltbedingungen zu reagieren. Vor allem im Bereich der Mittelgebirge hat der Wald große Bedeutung für den vorbeugenden Hochwasserschutz. Aufgrund seines Vermögens, die Bodenerosion zu vermindern und den Wasserabfluss zu verzögern, kann davon ausgegangen werden, dass der Wald noch verheerendere Schäden bei der diesjährigen Hochwasserkatastrophe verhindert hat.

In Sachsen hat sich der Waldzustand in den letzten Jahren kontinuierlich verbessert, selbst wenn der Trend in diesem Jahr geringfügig unterbrochen wurde. Dieses Ergebnis bestätigt die Richtigkeit der in den vergangenen Jahren durchgeführten umfangreichen Waldsanierungsmaßnahmen.

Ein wesentlicher Faktor, der zur Verbesserung des Waldzustandes beigetragen hat, ist die geringere Schadstoffbelastung der Luft. Insbesondere die Schwefeleinträge und die damit gekoppelten Säurebelastungen sind in den vormals teils extrem betroffenen Regionen des Erzgebirges stark zurückgegangen und haben mittlerweile ein europaweit vergleichbares Niveau erreicht. Demgegenüber sind die Belastungen aus eingetragenen Stickstoffverbindungen weiterhin hoch und übertreffen vielerorts die ehemals dominierende Schwefelbelastung.

Zur Kompensation weiterer Säureeinträge in die Wälder und zur Stabilisierung der Nährstoffversorgung der Waldböden führte die Forstverwaltung neben umfangreichen Waldumbaumaßnahmen auch großflächige Bodenschutzkalkungen durch. Wissenschaftliche Langzeituntersuchungen bestätigen die Wirksamkeit und die ökologische Verträglichkeit dieser Maßnahme. Letztendlich ist ein gesunder Boden Lebensgrundlage und Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung und Leistungsfähigkeit unserer Wälder.

Auch wenn unsere Luft schwefelärmer geworden ist, so können durch die zunehmende Bedeutung anderer Immissionen und die in den Böden gespeicherten Schadstoffe Rückschläge bei der Waldschadenssanierung nicht ausgeschlossen werden.

Der Freistaat Sachsen wird auch in den folgenden Jahren die erfolgreichen Maßnahmen zur Erhöhung der Vitalität seiner Wälder weiterführen.

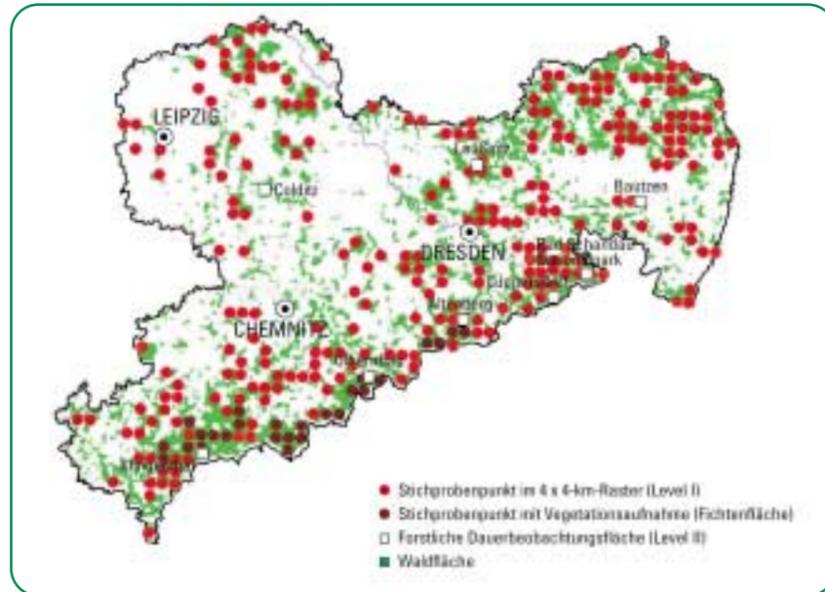
Steffen Flath

Forstliches Monitoring in Sachsen

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

Es gliedert sich derzeit in 2 Ebenen:

Abb. 1: Lage der Stichprobenpunkte im 4 x 4-km-Raster (Level I) und Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (DBF=Level II) sowie Flächen mit vegetationskundlichen Sonderuntersuchungen



Level I

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

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

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

Level II

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

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

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



Einen Überblick zu dem von der Sächsischen Landesanstalt für Forsten (LAF) betreuten Messnetz sowie die Aufnahmen vor Ort geben die Abb. 1 und 2 sowie Tab. 1 und 2 (im Anhang). Von den 8 Flächen zur Untersuchung der Umweltbelastung in den sächsischen Wäldern sind 6 Messflächen in das europäische Level-II-Programm integriert.

Abb. 2: Schematische Übersicht zur Durchführung der Kronen- und Bodenzustandserhebung

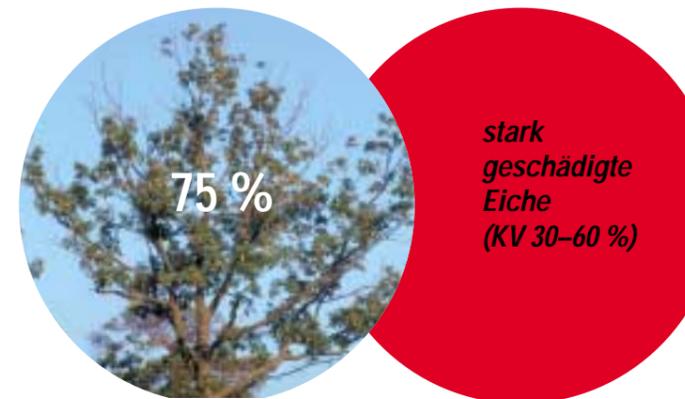
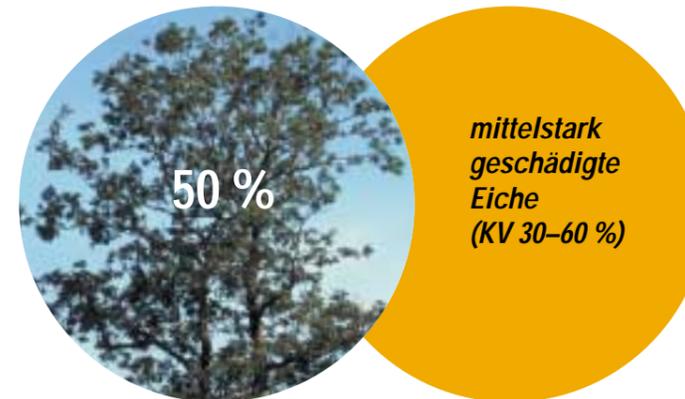
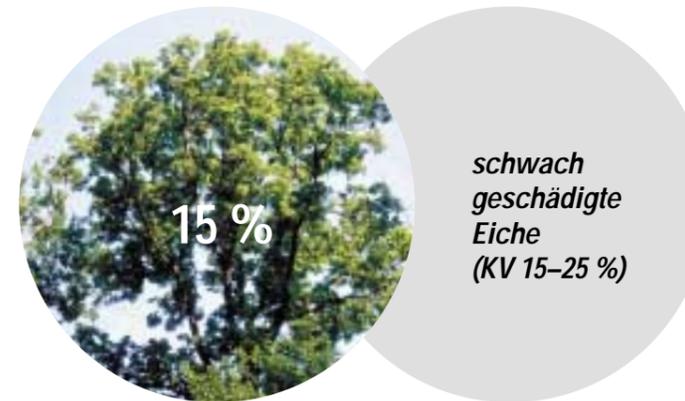
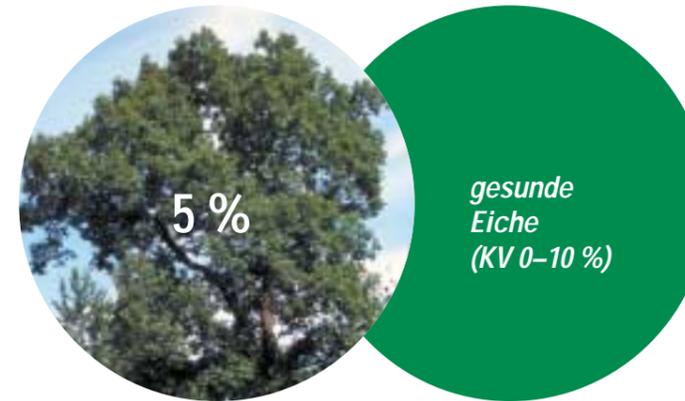
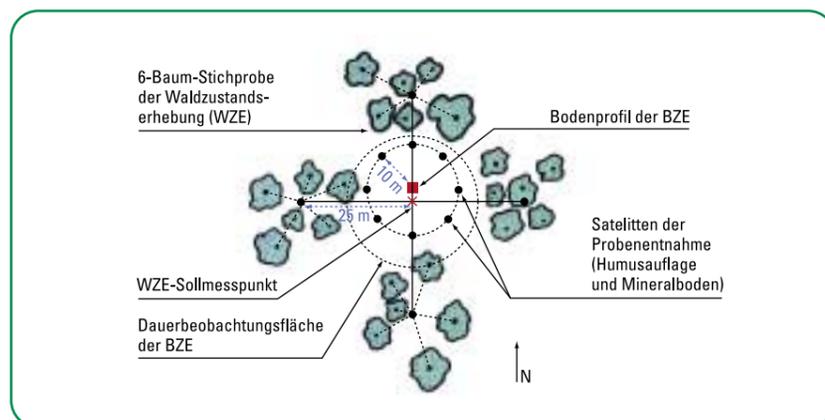


Abb. 3: Eichen unterschiedlicher Kronenverlichtung (KV)



Rahmenbedingungen für den Waldzustand

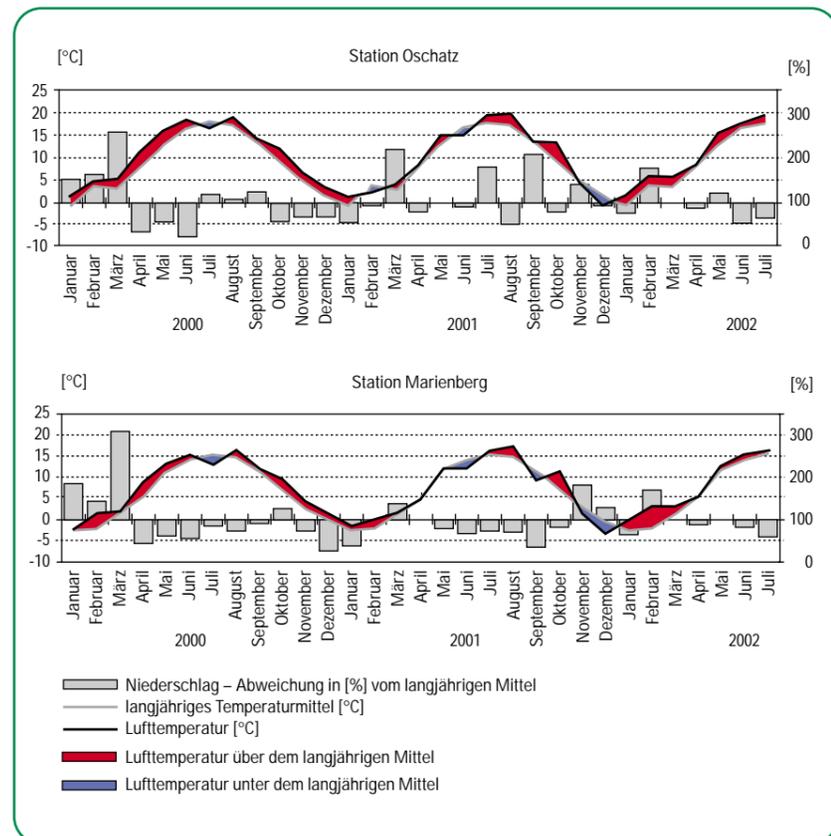
Witterung

Zur Einordnung der Witterung werden die Daten der Wetterstationen Oschatz und Marienberg des Deutschen Wetterdienstes (DWD) herangezogen.

Diese befinden sich in den Wuchsgebieten »Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland« (Oschatz: 150 m über NN, langjährige Jahresmitteltemperatur 8,7 °C, langjährige Niederschlagssumme 575 mm) und Erzgebirge (Marienberg: 639 m über NN, langjährige Jahresmitteltemperatur 6,2 °C, langjährige Niederschlagssumme 896 mm). Die Wetterdaten des DWD werden durch ein Messnetz von Waldklimastationen ergänzt, die von der LAF betrieben werden. Zwei der Waldklimastationen befinden sich unweit der meteorologischen DWD-Messstellen im Forstamt Doberschütz (vergleichbar mit Oschatz) und im Forstamt Olbernhau (vergleichbar mit Marienberg, vgl. Abb. 9).

Nach einem vergleichsweise kalten Jahresende 2001 mit Monatsmitteltemperaturen im Dezember von 2 bis 3 K^{*1} unter den langjährigen Mittelwerten wurden ab Januar bis zum Ende des Berichtszeitraumes im August 2002 die langjährigen Mittelwerte der Lufttemperaturen sowohl in den sächsischen Mittelgebirgen als auch im Tiefland fast durchweg deutlich überschritten (vgl. Abb. 4). Dabei lagen die Wintertemperaturen landesweit im Januar 2002 mit ca. 2 K über dem langjährigen Mittel. Dies setzte sich auch in den Monaten Februar und März fort. Im Erzgebirgsraum wurden Überschreitungen der langjährigen Monatsmittelwerte der Lufttemperatur um bis zu 5 K registriert. Im Winter 2001/2002 traten keine nennenswerten Bodenfrostopperioden auf. Ausgeglichere Lufttemperaturen im Bereich der langjährigen Mittel charakterisieren den Witterungsverlauf im April 2002. Die Entwicklung der Vegetation wurde jedoch im April sowohl durch die kühle Witterung mit Nachtfrösten in der ersten Monatshälfte als auch durch einen erneuten Kälteeinbruch zum Monatsende verzögert.

Abb. 4a, b: Temperatur- und Niederschlagsdynamik von 2000–2002 und Vergleich mit den langjährigen Monatsmittelwerten an den DWD-Stationen Oschatz und Marienberg (Quelle: DWD-Radebeul)



Während im Mai in den Mittelgebirgslagen die Temperaturen nur mäßig (bis 1,2 K) über den Langzeitwerten lagen, war es in Tieflandsregionen mit bis zu plus 2,8 K über dem Mittel deutlich zu warm. Spätfröste blieben auf besonders frostgefährdete Lagen beschränkt. Von Anfang Juni bis Ende August wurden ausgeglichene Temperaturverläufe ohne besondere Extreme registriert. Während kurzzeitig wärmerer Perioden lagen die Temperaturen sowohl unter Tieflands- als auch unter Mittelgebirgsbedingungen mit 0,8–1,8 K über den langjährigen Monatsmitteln.

Warm-heiße und trockene Witterungsperioden gab es um den 20. Juni herum, in der ersten Julihälfte, Ende Juli/Anfang August sowie in der 2. Augusthälfte. Sie hielten aber meist nicht länger als eine Dekade an. (vgl. Abb. 5).

Die Entwicklung der **Bodenfeuchte** bzw. die Verknappung der Bodenwasservorräte wird durch einen Komplex von Umwelteinflüssen bestimmt. Hauptbestandteile sind die Höhe und zeitliche Verteilung des Niederschlages, örtliche Bodenverhältnisse, die Vegetations- bzw. Waldstruktur sowie der Vitalitätszustand des Waldes.

(*1) K = Kelvin: Einheit der Temperatur und Temperaturdifferenz

Abb. 5: Tagesextreme der Lufttemperatur von April bis August 2002 an den Waldklimastationen Olbernhau und Doberschütz (Werte aus Stundenmittelwerten gebildet, die jeweils auf 5-minütigen Einzelmessungen basieren)

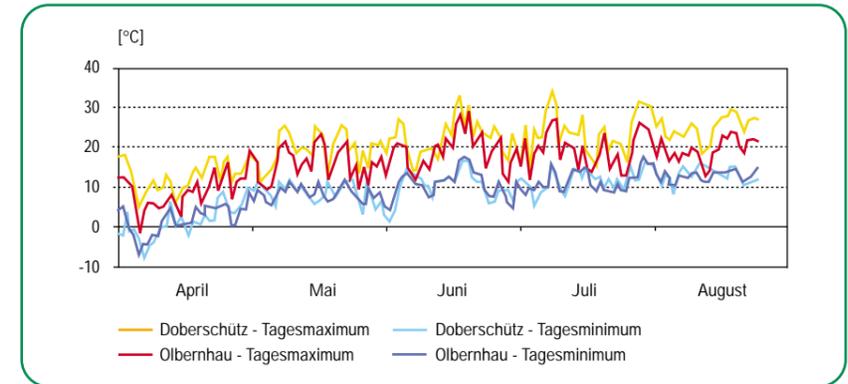


Abb. 6: Bodenfeuchtedynamik (Bodensaugspannung) im Zeitraum April bis August 2002 für die Tieflands-Sandstandorte Doberschütz (Nordwestsachsen) und Hoyerswerda (Nordostsachsen) sowie die Mittelgebirgsstandorte Olbernhau (mittleres Erzgebirge) und Langburkersdorf (Oberlausitzer Bergland)

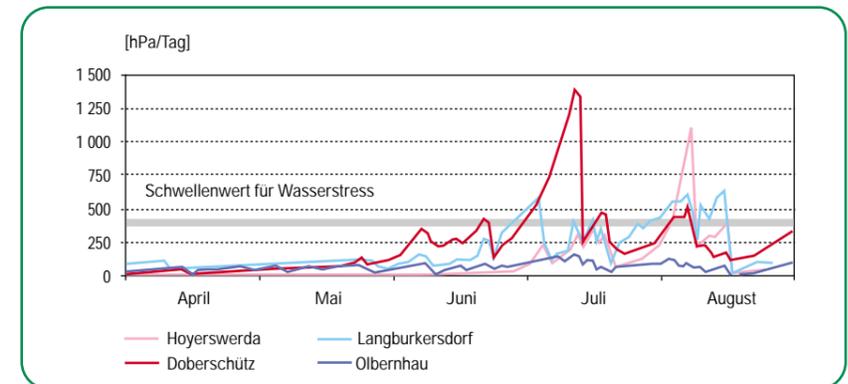
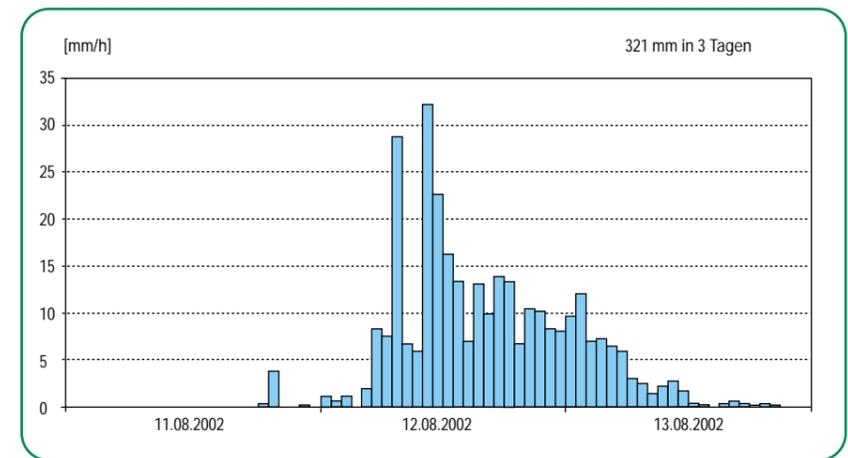


Abb. 7: Extremes Niederschlagsereignis in Sachsen am 12./13. August 2002, dargestellt am Beispiel der Waldklimastation im SãFoA Altenberg, Revier Hirschsprung



Betrachtet man die Abweichungen der Niederschläge der Jahre 2000 bis 2002 vom langjährigen Mittel (vgl. Abb. 4), fallen die hohen Niederschlagsmengen im Spätwinter/Vorfrühling (Februar/März) auf, während in den für die Vegetationsentwicklung wichtigen Zeiten von Mitte April bis Juli teilweise Niederschlagsdefizite zu verzeichnen waren. Die Bodenfeuchteverhältnisse in den sächsischen Wäldern werden durch die Bodensaugspannung im Hauptwurzelraum der Bäume (in 30 cm Tiefe) an typischen Waldklimastationen dargestellt (vgl. Abb. 6). Die Saugspannung gibt an, wie fest das Bodenwasser im Boden gebunden ist.

Bei Bodensaugspannungen oberhalb von etwa 400–500 hPa kommt es, je nach Bodensubstrat und Witterungsbedingungen, zu Wasserstress für die Bäume, da Bodenwasser nicht schnell genug pflanzenverfügbar ist. Dieser Stress verschärft sich mit steigenden Saugspannungswerten. In ausgeprägten Trockenperioden erreichen diese in den Sandböden des sächsischen Tieflandes durchaus bis zu 10 000 hPa.

Neben den reichlichen Spätwinterniederschlägen, vor allem im Februar 2002, sorgte insbesondere eine für die Vegetationsentwicklung günstige Verteilung der Niederschläge (bei durchschnittlichen bzw. leicht unterdurchschnittlichen Mengen) für landesweit nahezu optimale Bodenfeuchteverhältnisse vom Beginn der Vegetationsperiode an bis in den Juni hinein. Im Juni traten dann erste Niederschlagsdefizite auf, die sich jedoch im Wesentlichen auf Teile des sächsischen Tieflandes beschränkten.

Größere Niederschlagsdefizite verbunden mit warm-trockenen Witterungsperioden führten dort erst im Juli zu Phasen mit Wasserstress. Durch Niederschläge Mitte Juli blieben diese jedoch ohne größere Auswirkungen auf die Vegetation.

Ab Ende Juli bis einschließlich der ersten August-Dekade zeichnete sich erneut eine beginnende Bodenaustrocknung ab, die dann aber durch das extreme Niederschlagsereignis vom 12./13. August landesweit beendet wurde.

Trotz der danach einsetzenden und bis Ende August anhaltenden warm-trockenen Witterung kam es aufgrund der fortgeschrittenen Vegetationsperiode (eingeschränkte Vege-

tationsaktivität, verkürzte Tageslichtzeiten und verminderte Sonneneinstrahlung) kaum zu Wasserstress.

Insgesamt waren über alle Standortsbedingungen – bis auf wenige räumlich und zeitlich eng begrenzte Ausnahmen – während der gesamten Vegetationsperiode ausreichend Bodenwasservorräte vorhanden.

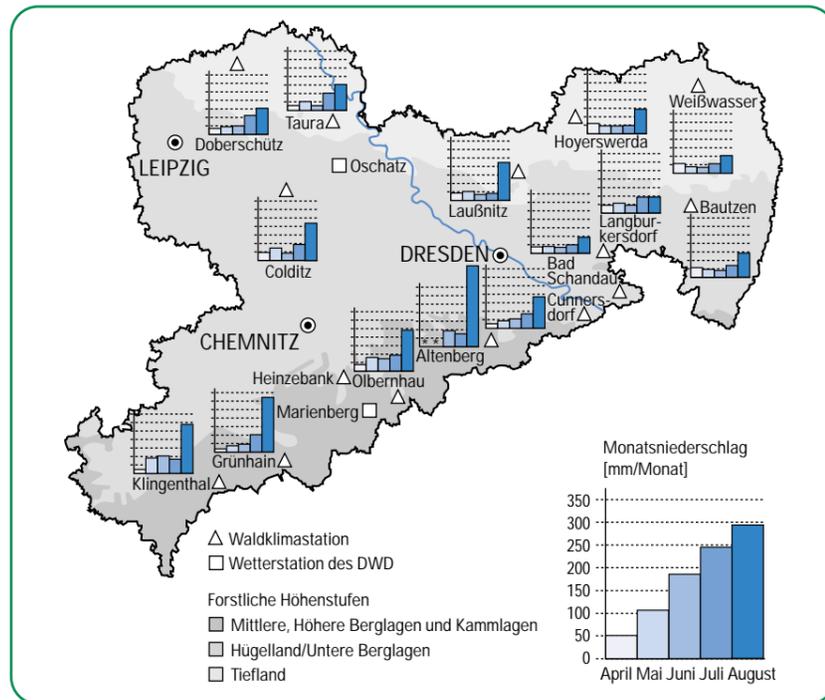
Wegen der besonderen Bedeutung soll an dieser Stelle nochmals das **Extremniederschlagsereignis** vom 12./13. August dokumentiert werden. Innerhalb von 24 bis 36 Stunden sind hierbei an den forstlichen Waldklimastationen bis zu 340 mm Niederschlag registriert worden. Als ein Beispiel für ein Kerngebiet dieses Ereignisses wird die Waldklimastation Altenberg – Revier Hirschsprung – dargestellt (vgl. Abb. 7).

Hauptsächlich betroffen von hohen Niederschlagsintensitäten waren neben dem Ost-erzgebirge vor allem das mittlere Erzgebirge mit Niederschlagssummen für den 12./13. August von bis zu 220 mm in 24 h und der Großraum Dresden mit bis zu 180 mm (vgl. Abb. 9). Darüber hinaus hat es am 12./13. August in Sachsen landesweit intensive Niederschläge in der Größenordnung von 100 bis 200 mm gegeben. Dies entspricht Regenmengen, die hierzulande normalerweise in 2 bis 4 Monaten zu erwarten sind.

Für den Wald selbst blieb dieses Ereignis – sieht man von lokal umfangreichen Schäden an Waldwegen ab – weitgehend ohne negative Folgen. Die überaus positiven Wirkungen des Waldes auf den Landschaftswasserhaushalt und den Hochwasserschutz sollten gerade angesichts dieser Flutkatastrophe Anlass sein, nachdrücklich entsprechende Konsequenzen für die Waldmehrung in Sachsen zu ziehen. Insbesondere die Bewaldung der Einzugsgebiete von Bächen und Flüssen in den Mittelgebirgsregionen sowie die Schaffung und Bewaldung von Retentionsräumen am Mittellauf der Flüsse hätten überaus positive Wirkungen auf den Landschaftswasserhaushalt und würden zur Verringerung von Abflussspitzen bei extremen Niederschlagsereignissen führen!

Abb. 9: Monatssummen der Niederschläge in der Vegetationsperiode 2002 für typische Waldstandorte Sachsens – aufgezeichnet durch Waldklimastationen der LAF Graupa (*Messbetrieb in Altenberg ab Juni)

Abb. 8a, b: Hochwasserflut am 13.8. 2002 in Tharandt; Elbehochwasser bei Belgern



Witterungsextreme – Konsequenzen aus Sicht der Forstwirtschaft

Wirkungen des Waldes auf den Landschaftswasserhaushalt

1. Ganzjährige Flächendeckung mit lebender Biomasse und intaktem Wurzelsystem; dadurch wird die Energie des fließenden Wassers aufgenommen und die oberflächigen Abflusströme verringert. In den mit (Auen-) Wald bedeckten Retentionsräumen der Flusssysteme wird die Fließgeschwindigkeit durch die Waldstruktur gebremst und die Aufnahmewirkung des Retentionsraumes verstärkt (Sedimentation, Auskämmen von Treibgut).
2. Durch die ständige Wurzelerschließung und vergleichsweise unbedeutende Bodenverdichtungen werden permanente hohe Speicher- und Versickerungsraten für ein maximales, dem jeweiligen Standort entsprechendes Bodenvolumen ermöglicht. Zudem kommt es kaum zu Erosionserscheinungen, so dass Erd-(Schlamm-)Austräge, d. h. Erosionen aus Waldgebieten vergleichsweise gering sind oder nicht auftreten.
3. Durch die mindestens in der Vegetationsperiode, teilweise sogar ganzjährig aktive Biomasseproduktion entstehen permanente Transpirationsströme, die durch den Wasserverbrauch des Waldes ständig neue »Speicherreserven« für eine Aufnahme von Niederschlags- bzw. einströmendem Wasser schaffen.
4. Durch die Verminderung der Strahlungs- und Windverhältnisse im Wald wird eine deutliche Verzögerung der Schneeschmelze hervorgerufen. Diese zeitliche Streckung von Wasserabflüssen ist gerade im Spätwinter infolge der potenziell hohen Niederschlagsmengen von großer Bedeutung für die Dämpfung von Abflussspitzen.

Aufgrund der 2002 aufgetretenen Witterungsextreme und einer – laut Klimaprognosen [20] – zu erwartenden Häufung bei zunehmender Stärke von Extremereignissen sind langfristig Konsequenzen in der Landnutzung zu ziehen, die wie folgt zusammengefasst werden können:

1. Wald im „Entstehungsgebiet“, d. h. im Einzugsbereich der Quell- und Nebenflüsse der großen Flusssysteme im Mittelgebirgsraum



Ziel: Entstehung von Hochwasser bzw. extremen Abflussspitzen schon im Einzugsbereich der Quellgebiete und Nebenflüsse verhindern oder entscheidend abmildern.

Notwendige Maßnahmen:

- Waldbauliche Maßnahmen zur ökologischen Stabilisierung der Wälder, d. h. im Wesentlichen Umsetzung des sächsischen Waldumbauprogramms auf großer Fläche.
- Aufforstung von direkten Quell- und Einzugsgebieten in den Nebenflusssystemen der großen Flüsse, insbesondere von Hang- und Kerbtallagen, auch über die Hangkantenbereiche hinaus.

• Schaffung eines funktional auf Erosionsschutz orientierten Systems aus Feldgehölzen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, welches die Strömungsenergien von oberflächlich abfließendem Wasser verringert, die Erosion wesentlich abmildert, Schneeschmelzperioden verlängert und sich damit günstig auf Abflussspitzen auswirkt.

- Aufforstungen von Hochflächen in den oberen Gebirgslagen zur Dämpfung hoher Abflusssintensitäten aus den Gebieten mit den real und potenziell höchsten Niederschlagsintensitäten und -mengen.

Fazit: Im Vergleich zu anderen Landnutzungsformen bieten bewaldete Einzugsgebiete optimale Möglichkeiten zur Wasserspeicherung, für ausgeglichene Abflussdynamiken und Pufferpotenziale bei Extremereignissen.

2. Wald im Bereich des „Mittellaufs“ der Flusssysteme, mit beginnendem Tieflandscharakter



Ziel: Schadauswirkungen von entstandenen Hochwasserlagen für flussabwärts liegende Gebiete verringern und Hochwasserspitzen dämpfen.

Notwendige Maßnahmen:

- Wiederherstellung geeigneter Retentionsräume, die in der Lage sind, ausreichend hohe Wassermengen aufzunehmen (Lage, Größe, Überflutbarkeit etc.).
- Aufforstung von Retentionsräumen in einer Art und Weise, die eine Entwicklung hin zu funktionalen Auenwäldern ermöglicht; dabei sind die aufzubauende Waldstruktur, die Baumartenbeteiligung und deren standortangepasste Verteilung von Bedeutung.

Fazit: Die Wiederherstellung von geeigneten Retentionsräumen im Mittellauf der Flusssysteme ist eine entscheidende Voraussetzung zur Minderung von Hochwasserauswirkungen in diesem Bereich. Im Vergleich zu anderen Landnutzungsformen bieten Auenwälder als Retentionsräume optimale Möglichkeiten zur Wasserspeicherung und Energieabsorption sowie für ausgeglichene Abflussdynamiken und Pufferpotenziale bei Extremereignissen. Auenwälder überstehen periodische, auch wochenlang andauernde Überflutungen nachgewiesenermaßen ohne nennenswerte Schädigungen; im Gegenteil: durch solche Ereignisse können sich Waldstabilität und Produktivität unter Umständen verbessern.

Abb. 10a, b: Erosionsschutz durch tiefgründige Bodenerschließung von Bäumen; verringerte Schadauswirkungen im Auenwald

Deposition und Stoffbelastung

Zur **Stoffbelastung** von Waldökosystemen tragen insbesondere die von Industrie, Kraftwerken, Verkehrswesen und Landwirtschaft emittierten Schwefel- und Stickstoffverbindungen bei. Über die chemische Reaktion dieser Stoffe mit der Feuchtigkeit der Luft kommt es letztlich zur Bildung des so genannten „Sauren Regens“, der neben einer teils direkten Schädigung der Pflanzen wesentlich zur Nährstoffverarmung und Versauerung der Waldböden beiträgt [13]. Gleichzeitig werden große Mengen des deponierten Schwefels in den Böden aufgespeichert. Dieser Prozess ist reversibel, das heißt, die Schwefelvorräte können erneut mobilisiert werden und stellen somit eine permanente Gefahr für zusätzliche Boden- und Gewässerbelastungen bzw. für nachgeschaltete Ökosysteme dar [16].

Die im Ökosystem durch die Stoffeinträge insgesamt wirksam werdende **Stoffdeposition** (Gesamtdeposition) lässt sich aufgrund zahlreicher Wechselwirkungen zwischen Ökosystem und Umwelt auf messtechnischem Wege nicht erfassen, so dass der routinemäßig mit dem Bestandesniederschlag (Kronentraufe) ermittelte Stoffeintrag nicht mit der Deposition identisch ist. Sie wird letztlich über Modellberechnungen aus den Stoffeintragsmessungen hergeleitet und liefert die einzig zutreffende Vergleichsgröße zu den kritischen Belastungsraten, den so genannten **critical loads**. Nur wenn langfristig keine Überschreitungen die-

ser ökosystemspezifischen Schwellenwerte der Deposition vorliegen, sind keine negativen Veränderungen im Ökosystem zu erwarten. Mit den Sammelgefäßen für den Niederschlag, den so genannten bulk-Sammlern, können nur die passiv mit dem Regenniederschlag (nass) und teilweise die mit Nebel- und Wolkentröpfchen (feucht) deponierten Stoffe erfasst werden. Luftbürtige Stoffe gelangen jedoch auch in Form von Gasen und Partikeln (trocken) – und dies ist oftmals der bedeutendste Teilfluss der Deposition – in die Ökosysteme. Dazu existieren je nach Baumart stoffspezifische Anreicherungsfaktoren im Niederschlag bei der Passage von Luftmassen und Niederschlägen im Kronenbereich, wobei in Fichtenwäldern bei den meisten Stoffen die höchste Anreicherung zu verzeichnen ist. Die dabei auftretenden Wechselwirkungen an den Oberflächen der Blattoberflächen können die gesamtökosystemare Wirkung und Belastung der Waldökosysteme entscheidend beeinflussen und lassen sich nur modellhaft beschreiben. Dies betrifft neben SO_2 insbesondere Stickstoff, denn Waldbäume können einen erheblichen Teil des N-Bedarfs aus der Aufnahme über die Blätter/Nadeln abdecken, wobei die Art der Stickstoffaufnahme als Ammonium- oder Nitratstickstoff wiederum die Säurebelastung des Ökosystems beeinflusst.

Die Eintragsmessungen zeigen, dass aufgrund allgemein abnehmender Schwefelemissionen auch die Schwefelgehalte in den Niederschlägen sowie der Schwefeleintrag zurückgegangen sind, wobei die stärkste Abnahme im vormals hoch belasteten Erzgebirge zu verzeichnen ist (vgl. Abb. 12a). Im Waldbestand (Kronentraufe) sind die Werte der einzelnen Messflächen jedoch sehr unterschiedlich und betragen oftmals ein Vielfaches der Freilandwerte. Darin spiegelt sich die stark von Baumart und Höhenlage abhängige Filterleistung der unterschiedlichen Baumkronen wider (Auskämmeffekt), die in den Mittelgebirgslagen durch die Ablagerung mit Wolken- und Nebeltröpfchen im Kronenbereich noch verstärkt wird. Besonders bei den Fichtenbeständen (Olbernhau, Cunnersdorf, Bautzen) zeigt sich eine ausgeprägte Jahresrhythmik: Die Schwefelgehalte sind während der Winterhalbjahre als Folge des dann erhöhten Energieverbrauchs und ansteigender Schwefelemissionen auffällig höher. Erwähnenswert ist, dass im Winter 2000/2001 in den Erzgebirgsflächen und auf dem Höhenrücken des Czarneboh (Bautzen) kurzfristig erneut relativ hohe Schwefelgehalte und erhöhte Säuregrade (niedrige pH-Werte) in den Niederschlägen gemessen wurden. Zur Zeit schwanken die **Schwefeleinträge** mit dem Bestandesniederschlag (Kronentraufe) noch zwischen etwa 10 bis 20 kg S pro Hektar und Jahr (vgl. Abb. 13) und befinden sich damit auf einem europaweit vergleichbaren Eintragsniveau.

Auch bei Ammonium sind jahreszeitliche Schwankungen festzustellen (vgl. Abb. 12b). Die höchsten Konzentrationen treten meist in Verbindung mit Aktivitäten in der Landwirtschaft (z. B. Gülleausbringung) im Frühjahr und Herbst auf. Insgesamt sind die Stickstoffgehalte in den Niederschlägen aber entweder nur geringfügig zurückgegangen oder sie haben sich sogar wieder leicht erhöht. Folglich sind die **Stickstoffeinträge** (Kronentraufe) mit jährlich etwa 15 bis 30 kg N pro Hektar weiterhin hoch und übertreffen mittlerweile die Schwefeleinträge auf sämtlichen Messflächen deutlich (vgl. Abb. 13). Vielfach besteht die Gefahr einer Eutrophierung der Wälder. Damit zählen die sächsischen Wald-

Abb. 11: Blick in die Forstliche Dauerbeobachtungsfläche im Nationalpark Sächsische Schweiz mit bulk-Sammlern im Vordergrund



Abb. 12a, b: Konzentrationen und Trends von Schwefel (SO_4-S) und Ammonium (NH_4-N) im Bestandesniederschlag (Kronentraufe) der Level-II-Flächen

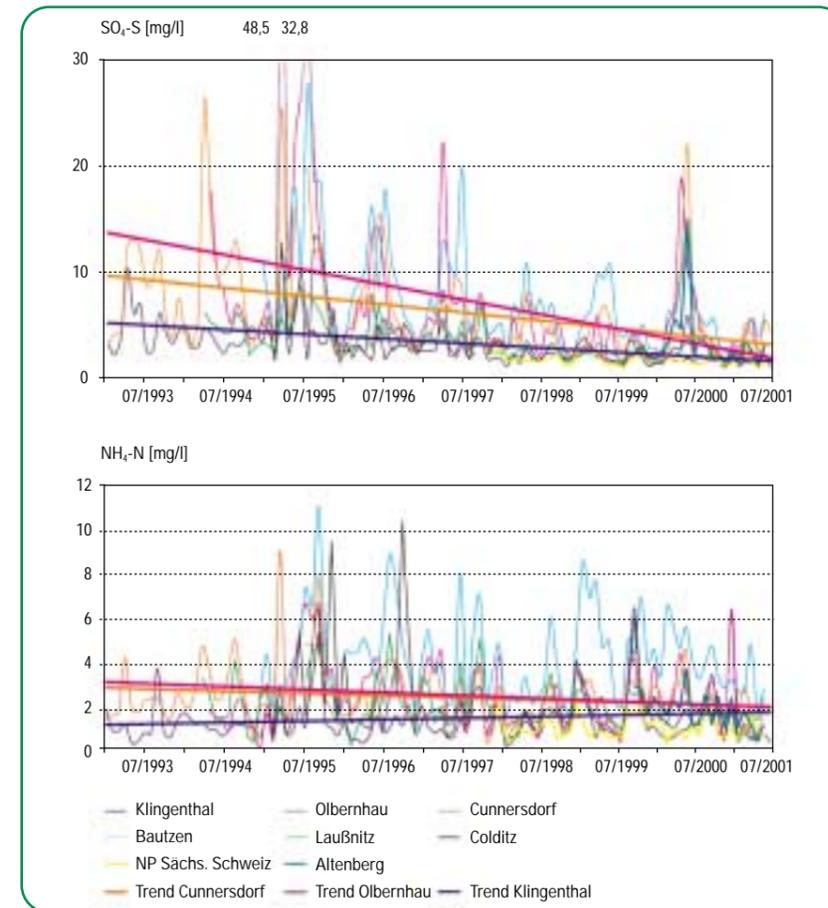
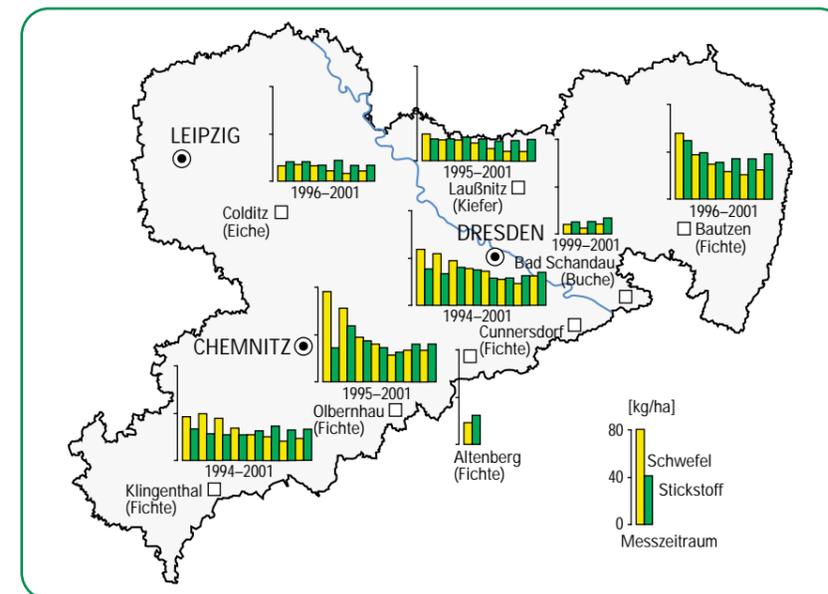


Abb. 13: Jährliche Einträge von Schwefel (SO_4-S) und Stickstoff (NH_4-N und NO_3-N) mit dem Bestandesniederschlag (Kronentraufe) in den Level-II-Flächen



(*1) Um die Vergleichbarkeit hinsichtlich der unterschiedlichen Säurewirksamkeit bzw. Pufferfähigkeit chemischer Verbindungen zu gewährleisten, werden Äquivalente bzw. Äquivalentgewichte (hier Angabe in keq/ha) berechnet. Sie kennzeichnen unter Berücksichtigung von Molmasse und Wertigkeit die Freisetzung von Wasserstoff (Protonen) bzw. Pufferkapazität durch die jeweilige chemische Verbindung.

ökosysteme – zusammen mit anderen Regionen Deutschlands – zu den am stärksten mit Stickstoff belasteten Waldgebieten in Europa. Gleichzeitig zeigt sich die zunehmende Bedeutung der Stickstoffverbindungen als Vorläufersubstanz für Säurebelastungen im Ökosystem, zu denen sie in vielfältiger Weise beitragen können: Einerseits reagiert Stickstoffdioxid (NO_2) in der Atmosphäre direkt zu Salpetersäure und salpetriger Säure, andererseits wird aus der Reaktion von Schwefel- und Salpetersäure mit Ammoniak (NH_3), das vorwiegend in der Landwirtschaft freigesetzt wird (Düngung mit Gülle; intensive Tierhaltung), Ammonium (NH_4^+) gebildet. Während die Aufnahme von Ammonium im Kronenraum die Auswaschung von basischen Kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) aus den Blattoberflächen (leaching) hervorruft, werden bei der Wurzelaufnahme Protonen freigesetzt und hierdurch zusätzliche Säurebelastungen im Ökosystem erzeugt. Eine Säurewirkung stellt sich auch bei der **Stickstoffsättigung** von Waldökosystemen ein, wenn der übermäßig eingetragene Stickstoff als Nitrat mit dem Sickerwasser ausgetragen wird und einen äquivalenten Basen- bzw. Kationenauswurf induziert. Als grobe Faustzahl gilt, dass ab einer jährlichen Eintragsrate von 20 kg Gesamtstickstoff pro Hektar mit Stickstoff-Sättigungserscheinungen zu rechnen ist.

Bei rückläufigen atmosphärischen Stoffeinträgen und gleichzeitig zunehmender Bedeutung des Stickstoffanteils gewinnt daher die möglichst exakte Bestimmung der wirksamen Säurebelastung (**Säuregesamtdeposition**), z.B. in Verbindung mit der Planung von Kompensationskalkulationen, an Gewicht. Beispielsweise betrug der mittlere Säureeintrag mit dem Bestandesniederschlag der 6 sächsischen Level-II-Flächen in den Jahren 1996 und 1997 1,07 keq/ha^(*1), wobei die Werte zwischen jährlich 0,43 keq/ha in Colditz (Eiche) und 2,8 keq/ha in Olbernhau (Fichte) differieren. Dagegen errechnet sich – unter Einbeziehung der Trocken- und Feuchtdositionsraten der Stickstoffumsätze des Kronendaches sowie aller langfristig säurewirksamen Stoffe – eine mittlere Säuregesamtdeposition von 2,9 keq/ha [7]. Diese entspricht etwa dem Dreifachen des Wertes im Regenniederschlag! Das Maximum der Gesamtsäuredeposition aller deutschen Level-II-Flächen lag mit 4,6 keq/ha

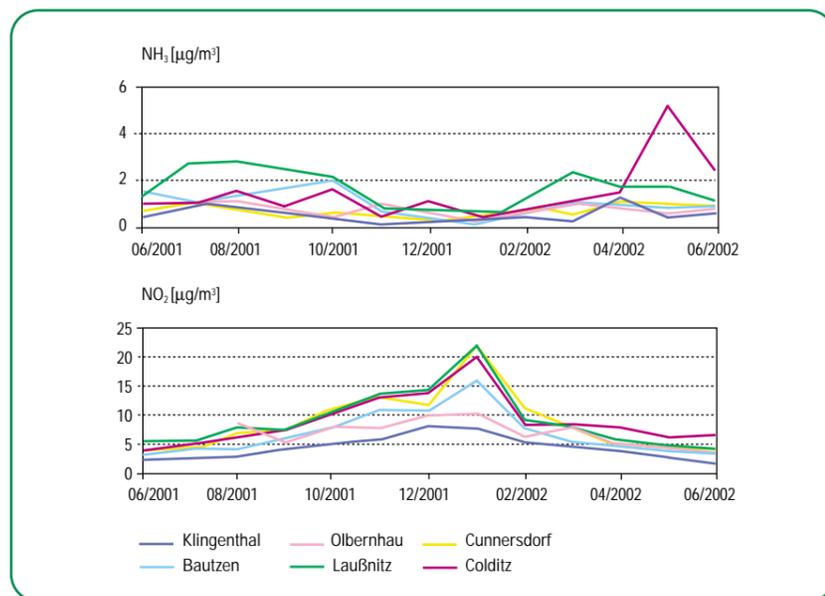
im Fichtenbestand des Czorneboh (Bautzen), wobei der durch Stickstoff induzierte Anteil am Gesamtsäureeintrag 69 % betrug. Entsprechend deutlich wurden die kritischen Belastungsraten (critical loads) für den Säureeintrag überschritten. Für die Waldökosysteme der landesweiten Bodenzustandserhebung lag die mittlere Überschreitung im Jahr 1997 bei 2,4 keq/ha. Dieser Wert ist bis 1999 auf 1,7 keq/ha gesunken. Damit ist das Niveau der Überschreitungen auf etwa ein Drittel gegenüber 1995 (5,2 keq/ha) zurückgegangen [16]. Die trockene gasförmige Deposition hat einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe der Gesamtdosition, so dass für die korrekte Berechnung möglichst zeitnahe Messungen zu Gehalten der wichtigsten Schadkomponenten in der Luft von Waldgebieten erforderlich sind. Dementsprechend sind seit Juni 2001 auf den Level-II-Flächen – zur Ergänzung des Depositionsmessprogramms und zur vergleichenden Anbindung von Waldstandorten an das Luftmessprogramm des Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG) – so genannte **Passivsammler** im Einsatz. Mit Hilfe eines speziellen absorbierenden Materials ermöglichen sie die getrennte Bestimmung der mittleren Monatskonzentrationen von Ozon (O₃), Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffdioxid (NO₂) und Ammoniak (NH₃) in der Luft (vgl. Abb. 14), womit speziell im Hinblick auf die herausragende Bedeutung von Ammoniak bei der Stickstoffbelastung der Wälder eine Lücke innerhalb des landesweiten Luftmessnetzes zufrieden stellend geschlossen wurde.



Abb. 14: Vier Passivsammler (Einzeldurchmesser ca. 20 mm) zur Bestimmung der monatlichen Mittelkonzentrationen von Ozon (O₃), Ammoniak (NH₃), Schwefeldioxid (SO₂) und Stickstoffdioxid (NO₂) in der Luft (Freiland der Level-II-Fläche Cunnersdorf)

Die Konzentrationsverläufe zeigen im Vergleich mit den Ergebnissen der Depositionsmessungen plausible regionale Zusammenhänge, wobei sich zum Winter hin Unterschiede zwischen den Flächen – ähnlich wie bei den Stoffgehalten der Niederschläge – stärker ausprägen. Die niedrigsten SO₂-Gehalte von etwa 1 bis 2 µg SO₂/m³ treten an den Flächen Colditz, Laußnitz und Klingenthal auf. In Olbernhau (4,5 µg/m³) und Cunnersdorf (9 µg/m³) liegen diese Werte deutlich höher; die Werte auf der Fläche Bautzen im mittleren Bereich (vgl. Tab. 10, Anhang). Die höchsten Ozon (O₃)-Konzentrationen werden erwartungsgemäß jeweils in den Sommermonaten in den Hochlagen des Erzgebirges (Olbernhau, Klingenthal) gemessen. Sie schwanken dann zwischen etwa 50 und 70 µg O₃/m³ und fallen im Winter auf ca. 30 bis 50 µg O₃/m³ ab. Anders stellt sich die Situation bei den Stickstoffkomponenten NH₃ (Ammoniak) und NO₂ (Stickstoffdioxid) dar: Die Tieflandsstandorte Colditz – dort besonders im Sommer durch Ammoniak – und Laußnitz weisen die höchste Hintergrundbelastung auf, gefolgt von der Fläche Bautzen, während das westliche Erzgebirge (Klingenthal) die geringsten Werte verzeichnet (vgl. Abb. 15a, b). Dazwischen ordnen sich die Flächen Olbernhau und Cunnersdorf ein, bei zum Winter allgemein ansteigenden NO₂-Konzentrationen. Dennoch sind dort die Stickstoff-Depositionsraten, geprägt durch die

Abb. 15a, b: Monatsmittelwerte der NH₃- und NO₂-Konzentration der Luft an Level-II-Stationen in Sachsen (Ergebnisse von Passivsammlern)



standortspezifischen Depositionsbedingungen, verhältnismäßig hoch. Außer für NH₃ existieren keine monatlichen **Richt- bzw. Grenzwerte** zur Immissionsbelastung durch die genannten Stoffe. Bei SO₂ werden jedoch sowohl der Grenzwert des Jahresmittels (20 µg SO₂/m³) als auch des Tagesmittels (65 µg SO₂/m³; Richtwert zum Schutz des Waldes) deutlich unterschritten, so dass im untersuchten Zeitraum die Gefahr einer direkten Schädigung der Waldbestände durch SO₂ als gering einzuschätzen ist. Bei Ammoniak (NH₃) wird die kritische durchschnittliche Monatskonzentration von 23 µg NH₃/m³ [19] ebenfalls erheblich unterschritten. Unter Einbeziehung der vegetationsabhängigen Depositionsgeschwindigkeiten von Ammoniak errechnen sich dennoch relativ hohe, durch Ammoniak induzierte Stickstoffdepositionen. Beispielsweise führt die Annahme einer mittleren jährlichen Luftkonzentration von 1,5 µg NH₃/m³ in Laußnitz (Kiefer) zu einem allein durch Ammoniak hervorgerufenen jährlichen N-Eintrag von etwa 9,3 kg N/ha. Demgegenüber bewegen sich derzeit die mittleren Ozonwerte häufig im Rahmen der bereits als Tagesmittelwert kritischen Marke von 65 µg O₃/m³ (Schwellenwert zum Schutz der Vegetation nach Bundesimmissionsschutzverordnung, BImSchV), so dass zumindest während der Sommermonate in den höheren Lagen des Erzgebirges (Stationen Klingenthal und Olbernhau) von längerfristigen Überschreitungen des Grenzwertes ausgegangen werden kann [16].

Waldzustand 2002

Kronenzustand und biotische Schäden

Allgemeine Schadsituation

Die Waldzustandserhebung wurde im Jahr 2002 auf dem 4 x 4-km-Raster durchgeführt und umfasst 284 Probepunkte bzw. 6.816 Probepunkte. Mit der Stichprobe werden die aktuellen Bestockungsverhältnisse in Sachsen sehr gut repräsentiert (vgl. Tab. 3, Anhang).

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

- 18 % der Waldfläche als deutlich geschädigt (Schadstufen 2–4),
- 41 % als schwach geschädigt (Schadstufe 1)
- 41 % ohne erkennbare Schadmerkmale (Schadstufe 0) ausgewiesen (vgl. Abb. 16; Tab. 3, Anhang).

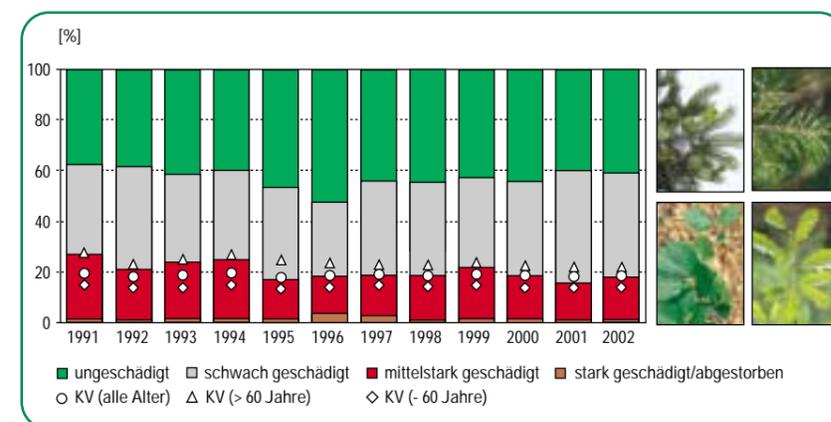
In der Gruppe »deutliche Schäden« weisen die Bäume auf 17 % der Waldfläche mittelstarke Schäden auf (Schadstufe 2). Stark geschädigt bzw. abgestorbenen sind sie auf 1 % (Schadstufen 3 und 4). Rückblickend kann für den gesamten 12-jährigen Beobachtungszeitraum eine Verbesserung des Kronenzustandes konstatiert werden, welche Mitte der 90er Jahre einsetzte. Der Anteil deutlicher Schäden, der 1991 noch 27 % betrug, sank 1995 auf 17 % und blieb – mit Ausnahme des Jahres 1999 – bis heute unter 20 %. Bei Bäumen, die älter als 60 Jahre sind, ist der Schädigungsgang stärker ausgeprägt als bei jünge-

ren. Allerdings besitzen die älteren Bäume ein höheres Schadniveau. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Kronenzustand nur geringfügig verändert. Der Anteil deutlicher Schäden hat sich zwar gegenüber 2001 um 3 Prozentpunkte erhöht, liegt aber immer noch markant unter den Befunden der Jahre 1991 bis 1994. Gleichzeitig zugenommen (um 1 Prozentpunkt) hat die Waldfläche, die keine sichtbaren Schadsymptome zeigt. Beide Veränderungen resultieren aus der Abnahme geringer Schäden. Die mittlere Kronenverlichtung ist demzufolge nahezu gleich geblieben, eine Aussage, die für jüngere und ältere Bäume gleichermaßen gilt.

Die Stichprobenbestände unterliegen sowohl einer forstlichen Bewirtschaftung als auch anderen Einflüssen. Aus diesem Grund ist es möglich, dass Stichprobenbäume aus dem Kollektiv ausscheiden. Streng systematisch wird dann ein Ersatzbaum ausgewählt. In diesem Jahr mussten 31 Bäume (entspricht 1 %) vom Kollektiv der über 60-jährigen Stichprobenbäume ersetzt werden:

- 24 Bäume wurden bei forstlichen Eingriffen entnommen
- 7 Bäume gehörten nicht mehr zur herrschenden Bestandesschicht; damit war die Krone von Nachbarschaftskonkurrenz überprägt und nicht mehr bonitierbar.

Abb. 16: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) aller Baumarten von 1991 bis 2002



Schäden an den Hauptbaumarten

Fichte

Kronenzustand

Die Gemeine Fichte nimmt heute in Sachsen einen Anteil von 42,6 % an der Waldfläche ein. Sie ist damit die häufigste und vor allem in den Mittelgebirgsregionen dominierende Baumart.

Die aktuelle Waldzustandserhebung weist für die Fichte einen Flächenanteil mit deutlichen Schäden von 16 % aus. Schwach geschädigte Fichten haben einen Flächenanteil von 37 %; Fichten ohne sichtbare Schäden von 47 %.

Die Zeitreihe (vgl. Abb. 17) veranschaulicht eine kontinuierliche Verbesserung des Gesundheitszustandes der Fichte: Ausgehend von einem hohen Schadniveau Anfang der 90er Jahre sind 1995 die Schäden bei der Fichte erstmals zurückgegangen. Im Zeitraum von 1996 bis 1998 blieb der Anteil deutlicher Schäden nahezu gleich; er schwankte zwischen 22 und 25 %. 1999 stieg er noch einmal kurzzeitig an und sank 2001 dann unter das Mittel aller Baumarten. Obwohl der Anteil deutlicher Schäden 2002 wieder leicht zugenommen hat (Anstieg um 3 Prozentpunkte), bleibt er unter dem Mittel für alle Baumarten.

Die mittlere Kronenverlichtung verringerte sich von 20,8 % (1991) auf 15,7 % (2002). Sowohl die älteren, über 60-jährigen Fichten, die im Vergleich zu den jüngeren durch ein höheres Schadniveau gekennzeichnet sind, als auch die jüngeren Fichten zeigen eine ähnliche Entwicklung.

Nadelvergilbungen wurden 2002 an 2 % aller Fichten und damit weniger häufig als in den Vorjahren festgestellt. Da auch die Intensität der Vergilbung fast ausschließlich gering war, führte sie nur selten zur Eingruppierung in eine höhere Schadstufe (vgl. Tab. 5, Anhang).

Ausschlaggebend für diese insgesamt positiv zu bewertende Entwicklung sind zum einen der gravierende Rückgang der „klassischen“ Luftschadstoffe, insbesondere des SO₂, zum anderen die für das Pflanzenwachstum günstige Witterung während der Vegetationsperioden der vergangenen Jahre.

Nur sehr wenige Fichten **fruktifizierten** in diesem Jahr; 1 % der älteren, über 60-jährigen Fichten hatte Zapfenbehang (vgl. Tab. 7, Anhang).

Biotische Schäden

Der Befall durch **Buchdrucker** (*Ips typographus* L.), dem gefährlichsten Schädling in alten Fichtenbeständen, war in diesem Jahr wiederum gering. Die registrierte Menge befallener Bäume nahm im Vergleich zum bereits geringen Vorjahresniveau weiter ab. Die per 31.7. erfasste Befallsholzmenge von landesweit weniger als 1 000 m³ entspricht dem hier dokumentierten Minimum von 1991. Wie bereits im Vorjahr setzte der Schwarmflug des Käfers in diesem Frühjahr witterungsbedingt relativ spät ein. Obwohl im Winter 2001/02 besonders im Bereich des Westerzgebirges deutlich mehr Bruchholz – ein für den Käfer sehr geeignetes Bruthabitat – angefallen war, förderte dies aufgrund der schnellen Aufarbeitung die weitere Entwicklung der Käferpopulationen nicht. Hinzu kam eine das Wachstum der Fichten und damit die aktuelle Vitalität begünstigende Frühjahrswitterung. Da auch die Ausgangsdichte an überwinterten Käfern gering war, konnten offensichtlich nur wenige Buchdrucker eine neue Käfergeneration hervorbringen. Dadurch blieben trotz der hohen Sommertemperaturen die Käferdichten auf einem niedrigen Niveau. Infolge der hohen Sommerniederschläge wird vermutlich der Befall aus den Monaten Juli/August erst relativ spät erkennbar sein (vgl. Abb. 18).

Auch in diesem Jahr wurde wieder deutlich, dass neben den Witterungsbedingungen die aktuelle Befallssituation durch konsequente Anwendung der integrierten Bekämpfungsstrategie, vor allem der rechtzeitigen Beräumung des Stehendbefalls in Wäldern aller Eigentumsarten, beeinflusst wird.

Stehendbefall durch den **Kupferstecher** (*Pityogenes chalcographus* L.) in Fichtenjungbeständen spielte im Gegensatz zu den

Abb. 17: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Fichte von 1991 bis 2002

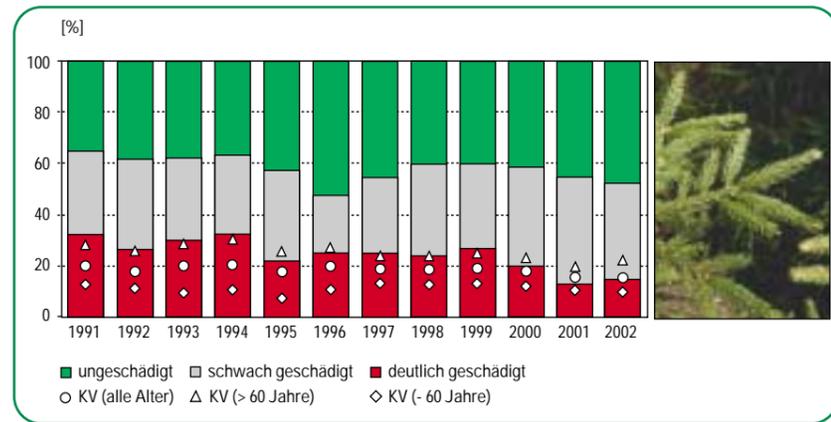
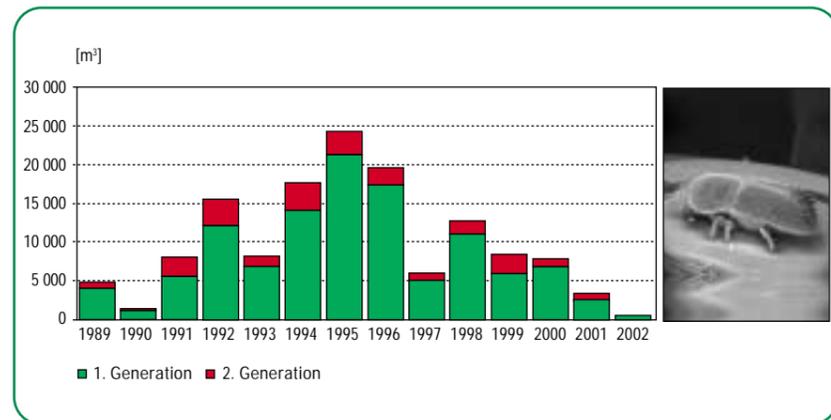


Abb. 18: Durch Buchdrucker befallene Holzmenge von 1989 bis 2002 (Angabe für 2002 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter 2002/03 sichtbar)



beiden vorangegangenen Jahren nur eine untergeordnete Rolle. Die ansteigenden Populationsdichten der **Nonne** (*Lymantria monacha* L.), einer polyphagen Schmetterlingsart, spiegeln sich aufgrund der bisher geringen fraßbedingten Nadelverluste nicht im Benadelungszustand wider.

Kiefer

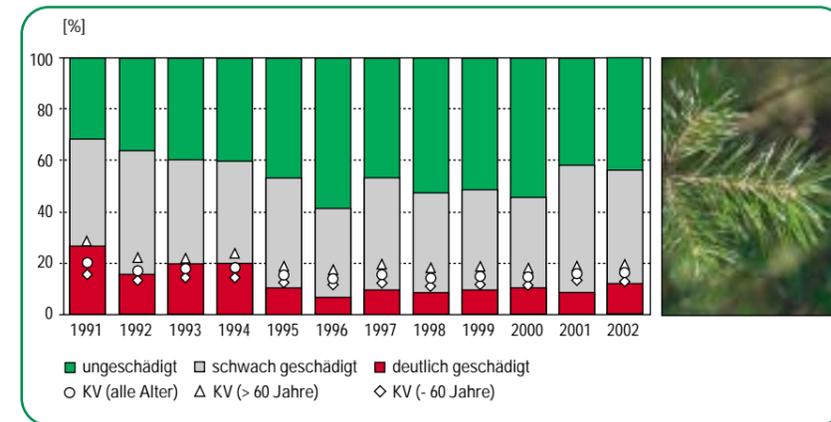
Kronenzustand

Die Gemeine Kiefer ist mit 30,1 % Anteil an der Waldfläche die zweithäufigste Baumart in Sachsen. Sie prägt das Waldbild vor allem in den Wäldern des Tief- und Hügellandes. In den vergangenen Jahren waren die Kiefern im Vergleich zu anderen Baumarten durch ein niedriges Schadniveau gekennzeichnet. 2002 zeigten sie auf 14 % der Fläche deutliche Schäden, auf 44 % schwache Schäden und auf 42 % waren sie

gesund (vgl. Abb. 19). Die wesentlichen Veränderungen zu 2001 sind eine Zunahme der deutlichen Schäden um 5 Prozentpunkte und eine Abnahme der schwachen Schäden in gleicher Größenordnung. Trotz dieser leichten Verschlechterung, die sowohl bei den jüngeren als auch bei den älteren Kiefern zu verzeichnen ist, bleibt sie in Sachsen die Hauptbaumart mit den vergleichsweise geringsten Schäden.

Betrachtet man die durchschnittliche Kronenverlichtung der vergangenen 12 Jahre, ist zunächst Anfang der 90er Jahre ein deutlicher Schadrückgang erkennbar. Die mittlere Kronenverlichtung sank von 20,1 % (1991) auf 12,8 % (1996). Nach Erreichen dieses Minimums stieg sie aber allmählich wieder auf 15,9 % (2002). Inwieweit dieser Anstieg auf kurzfristige Belastungen, wie sie etwa Insektenfraß oder verstärkte Blühercheinungen und Fruktifikation darstellen, oder auf längerfristig ernstzunehmende Beein-

Abb. 19: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Kiefer von 1991 bis 2002



trächtigung der Kiefernökosysteme (beispielsweise durch erhöhte N-Einträge) zurückzuführen sind, kann derzeit noch nicht eindeutig geklärt werden.

Nadelverfärbungen – bei der Kiefer meist durch Trockenheit in der Vegetationsperiode bedingt; ein vorzeitiger Nadelfall ist die Folge – wurden in diesem Jahr kaum beobachtet (0,1 % der Kiefern).

2002 **fruktifizierte** wieder ein Großteil der älteren Kiefern. An 49 % wurde geringer, an 40 % mittlerer bis starker Zapfenbehang registriert (vgl. Tab. 7, Anhang).

Biotische Schäden

Im Wuchsbezirk Nochtener Dünengebiet (Nordostsachsen) vollzog sich während der vergangenen Jahre eine Massenvermehrung der **Forleule** (*Panolis flammea* Schiff.). Da die Raupen dieser Schmetterlingsart bereits im zeitigen Frühjahr mit dem Fraß beginnen und dabei zum Teil auch den frischen Maitrieb schädigen, geht von dieser Art ein besonderes Gefährdungspotenzial aus (vgl. Abb. 20a, b). Nachdem bereits im Jahr 2001 auf 1 035 ha Gegenmaßnahmen zur Verhinderung bestandesbedrohender Fraßschäden erforderlich waren und in angrenzenden Bereichen 335 ha merklicher Fraß auftraten, wurden in diesem Frühjahr erneut Bereiche mit hohen Puppensdichten dieser Art lokalisiert. Weitergehende Überwachungsmaßnahmen in der Folgezeit zeigten jedoch, dass aufgrund geringer Dichten der an den Nadeln abgelegten Eier auf die bereits geplanten Gegenmaßnahmen verzichtet werden konnte.

Abb. 20a, b: Raupe und Falter der Forleule



Der bereits seit 1998/99 zu beobachtende, im vergangenen Jahr jedoch unterbrochene Anstieg der Populationsdichten der **Nonne** (*Lymantria monacha* L.) setzte sich in diesem Jahr verstärkt fort. Das gilt neben den kieferndominierten Gebieten auch für vorrangig mit Fichten bestockte Flächen (vgl. Abb. 22). In einigen der traditionell bekannten Befallsgebieten konnten zur Zeit des Schwarmfluges dieser Art im Juli/August an den Stämmen sitzende Falter beobachtet werden (vgl. Abb. 21a, b). Kleinflächig führten hohe Raupendichten bereits zu merklichen Fraßschäden in Kiefernbeständen. Für

das kommende Jahr ist damit zu rechnen, dass sich dieser Trend anhält. Eine weitergehende Prognose, insbesondere die Einschätzung der Notwendigkeit von Gegenmaßnahmen, ist erst anhand zusätzlicher, derzeit noch nicht vorliegender Überwachungsdaten möglich.

Abb. 21a, b: Weiblicher Nonnenfalter und Puppenhülsen an einer Kiefer



Der Befall durch die **Rotgelbe Kiefern-Buschhornblattwespe** (*Neodiprion sertifer* Geoff.) verursachte auch 2002 in Kiefern-dickungen und -jungbeständen Nordostsachsens Fraßschäden an den Altnadeln. Im Vergleich zu 2001 stieg die Befallsfläche erneut an. In einzelnen Beständen deutet sich ein natürlicher Zusammenbruch der Populationen infolge der Infektion mit dem Kernpolyedervirus an.

Zwei in der Vergangenheit auffällige Schmetterlingsarten, **Kiefernspinner** (*Dendrolimus pini* L.) und **Kiefernspanner** (*Bupalus piniarius* L.), deren Raupen ebenfalls Kie-

fernnadeln fressen, befinden sich gegenwärtig in der Latenz.

Der Befall von Kiefern mit Larven des **Blauen Kiefernprachtkäfers** (*Phaenops cyanea* L.) stagniert weiterhin auf einem niedrigen Niveau (vgl. Abb. 23). Insbesondere eine ausreichende Wasserversorgung der Kiefernbestände und daraus resultierende günstige Wachstumsbedingungen boten den vorrangig in der Bastsschicht lebenden Larven nur wenig geeignete Bruthabitate. Warme Sommerwitterung im Juli/August, der Hauptschwarmzeit dieses wärmeliebenden Käfers, kompensierte die entwicklungs-hemmenden Aspekte nicht.

Stehendbefall an Kiefern durch verschiedene Borkenkäferarten, vor allem durch den **Sechszähligen Kiefernborkekäfer** (*Ips acuminatus* Gyll.), trat vereinzelt auf. Einzelbaumweises bzw. kleinflächiges Absterben der Kiefern war meist die Folge eines kombinierten Auftretens mehrerer Schaderreger. In erster Linie sind dies stamm- und rindenbrütende Käfer, aber auch Pilzbefall (z. B. *Cenangium ferruginosum* Fr.) an einzelnen Ästen. Diese Entwicklung spiegelt sich aufgrund ihrer Kleinflächigkeit nicht im Kronenzustand der Kiefern wider.

Sonstige Nadelbäume

Kronenzustand

Sonstige Nadelbäume besitzen in Sachsen einen Anteil an der Waldfläche von 5,6 %. Die zu dieser Baumartengruppe zählenden Baumarten sind in Sachsen meist nicht autochthon und wurden erst im Zuge spezieller waldbaulicher Konzeptionen, wie z. B. der Aufforstung des Erzgebirgskammes nach dem flächigen Absterben der Fichte, angepflanzt. Die Europäische Lärche ist mit etwa 50 % in dieser Baumartengruppe vertreten. Über die Hälfte der begutachteten sonstigen Nadelbäume ist jünger als 20 Jahre. Das Schadniveau der sonstigen Nadelbäume ist vergleichsweise niedrig, zumal junge Bäume i. d. R. noch weniger Schäden zeigen. Dennoch lässt die Schadstufenentwicklung, aber auch der Verlauf der mittleren Kronenverlichtung ab 1997 eine leichte Schadzunahme erkennen. Von 1996 zu 1997 erhöhte sich der Flächenanteil deutlicher Schäden von 4 auf 10 %, der Flächenanteil

Abb. 22: Pheromonfallenfänge der Nonne in ausgewählten Forstämtern (1992 bis 2002)

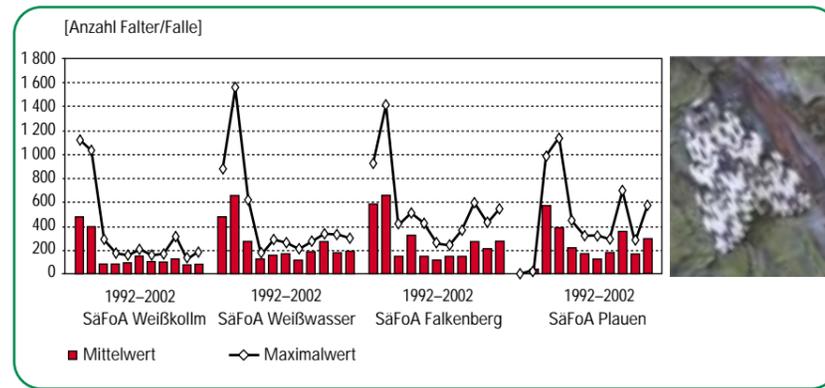
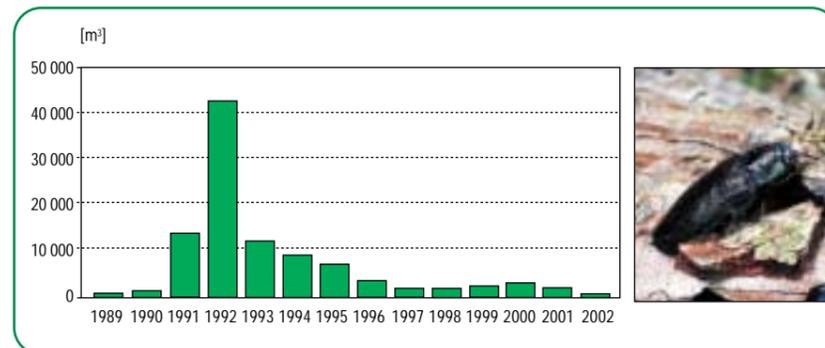


Abb. 23: Durch Prachtkäfer befallene Holzmenge von 1989 bis 2002 (Angabe für 2002 ist noch unvollständig, Gesamtbefall wird erst im Winter sichtbar)

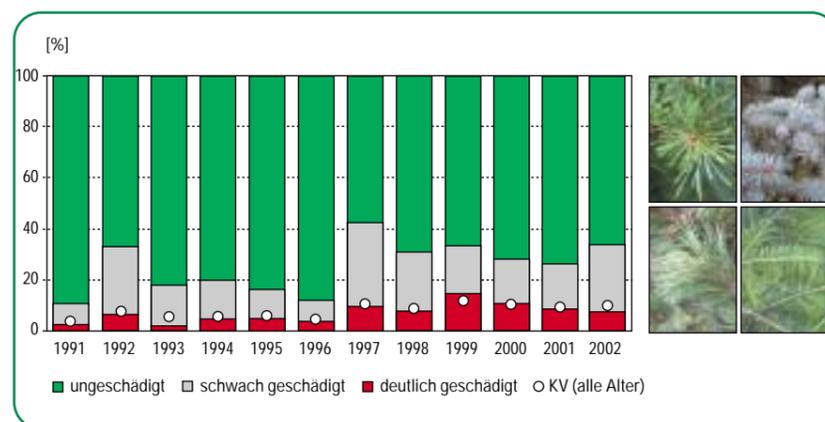


schwacher Schäden von 8 auf 32 %. (vgl. Abb. 24). Seitdem schwankt insbesondere der Anteil deutlicher Schäden in dieser Größenordnung, 2002 erreicht er 8 %. Der Anteil **vergilbter** Bäume von 4 % ist vergleichsweise hoch.

Biotische Schäden

Im Sommer kam es in verschiedenen Landesteilen zu einer schrittweisen Verlichtung der Kronen in Lärchenbeständen. Stichprobenweise Untersuchungen deuteten darauf hin, dass die wesentliche Ursache hierfür der Befall durch die **Nadelholzspinnmilbe** (*Oligonychus ununguis* Jacobi) war. Auch an anderen Nadelbaumarten war lokal ein

Abb. 24: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der sonstigen Nadelbäume von 1991 bis 2002



Massenbefall durch diese Art zu beobachten.

Der in Lärchenbeständen während der letzten Jahre zu beobachtende Anstieg von Schäden durch die **Lärchenminiermotte** (*Coleophora laricella* Hb.) setzte sich 2002 nicht fort. Mit einem Rückgang auf ca. 10 % des Vorjahreswertes kam es vielmehr zu einer deutlichen Trendumkehr.

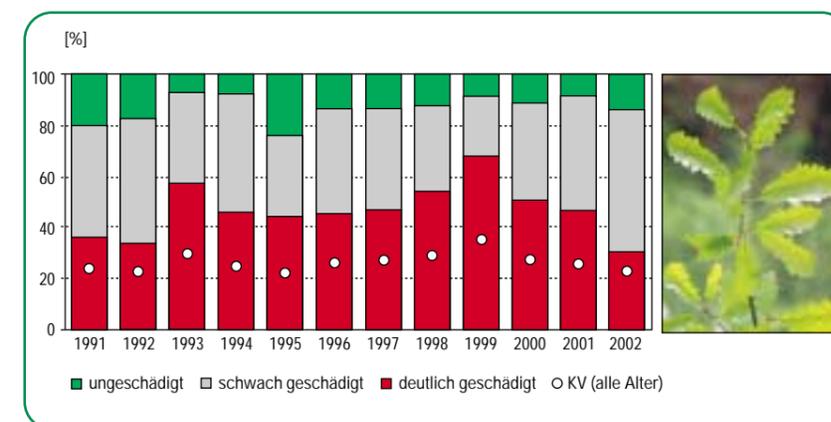
Im Vergleich zu den vorangegangenen Jahren spielte Stehendbefall durch den **Lärchenborkekäfer** (*Ips cembrae* Heer) nur noch lokal eine Rolle.

An Schwarzkiefernbeständen (*Pinus nigra* ARNOLD) tritt häufig ein **Triebsterben**, verursacht durch den Pilz *Ascocalyx abietina* (Lagerb.) Schläpfer-Bernhard (Syn. *Scleroderris lagerbergii* Gremmen) auf. Diese Krankheit befällt auch die Latschenkiefer (*Pinus mugo* TURRA, vgl. Abb. 25).

Abb. 25: Scleroderris-Befall an Latschenkiefer (*Pinus mugo*)



Abb. 26: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Eiche von 1991 bis 2002



Eiche

Kronenzustand

Die Stiel- und Trauben-Eiche nehmen in den sächsischen Wäldern einen Flächenanteil von 5,1 % ein, eine Erhöhung dieses Anteils wird angestrebt [17].

Stiel- und Trauben-Eichen sind die in Sachsen am stärksten geschädigten Baumarten. Seit Beginn der Beobachtungen liegt der Anteil deutlicher Schäden erheblich über dem Befund der anderen Baumarten/Baumartengruppen. Im Jahr 2002 erreicht er 31 % (vgl. Abb. 26). Der Flächenanteil schwacher Schäden beläuft sich auf 56 %. Auf nur noch 13 % der Fläche sind Eichen gesund. Ausgehend von einem Anteil deutlicher Schäden von 36 % zu Beginn der Erhebung, erreichte dieser Wert 1999 mit 68 % ein Maximum. Seit 3 Jahren hat sich jedoch der Kronenzustand der Eichen positiv entwickelt. Die Schäden bewegen sich 2002 wieder auf dem Niveau von Anfang der 90er Jahre.

Aus dem Komplex der Schadfaktoren, die im Zusammenhang mit dem schlechten Gesundheitszustand der Eichen diskutiert werden, erscheinen zwei für die Interpretation der diesjährigen Ergebnisse wesentlich: Zum einen hat der Befall durch Insekten, insbesondere frei fressende Schmetterlingsraupen (vgl. Abb. 27a, b), seit 1999 erheblich abgenommen. Zum anderen waren die Witterungsbedingungen während der letzten Vegetationsperioden überwiegend günstig. Die Eichen, die bei angespannter Wasserversorgung häufig mit dem Abwurf von Zweigen reagieren [14], konnten aufgrund ausreichender Wasserversorgung

ihre Kronen weniger gestört entwickeln, was zu einer besseren Belaubung führte. Infolge der mehr oder weniger zyklischen Populationsentwicklung der Insekten und der Zufälligkeit von Witterungsereignissen kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass die derzeit positive Entwicklung wieder ins Gegenteil umschlägt.

Biotische Schäden

Der bereits seit 1997 anhaltende Trend des Rückganges von Fraßschäden durch **Eichenwickler** (*Tortrix viridana* L.) und **Frostspanner** (*Operophtera spec.*) setzte sich auch in diesem Jahr fort (vgl. Abb. 27a, b). Da Schäden als solche erst ab einem fraßbedingten Laubverlust von 30 % erfasst werden, wurden für beide Arten bzw. -gruppen fast keine Schadflächen registriert. Damit hat dieser biotische Faktor, der in der Mitte der 90er Jahre den Belaubungszustand besonders der Eichen wesentlich beeinflusste, gegenwärtig kaum noch eine Bedeutung. Ursachen für den Rückgang sind neben den weiter reduzierten Populationsdichten auch die Witterungsbedingungen im Frühjahr. Speziell für den Eichenwickler ist die zeitliche Übereinstimmung zwischen Blattaustrieb und Schlupf der Eilarven entscheidend für die weitere Entwicklung. Die Witterung im April führte wie bereits im Vorjahr zu einem verzögerten Beginn der Vegetationsentwicklung. Durch höhere Temperaturen im Mai kam es zu einem schnellen Blattaustrieb und damit zu ungünstigen Bedingungen für die Etablierung der Larven.

Die geringen fraßbedingten Blattverluste wurden im Juni, unmittelbar nach dem Fraß auch an den Eichen der WZE-Probepunkte registriert (vgl. Abb. 28). Wie in den vorangegangenen Jahren besaßen die Eichen zu diesem Zeitpunkt – im Vergleich zu 1996, als ein starker Phylophagenbefall die Blattmasse auf durchschnittlich 38 % reduziert hatte – fast die doppelte Assimilationsfläche. In den folgenden Wochen bis zur Waldzustandserhebung im August nahm die Belaubung der Probepunkte ab. Diese, durch eine Vielzahl von Faktoren bedingte Reduktion fiel in diesem Jahr mit 3 Prozentpunkten wiederum so gering aus wie 2001. Möglicherweise stabilisiert sich damit der durchschnittliche Blattverlust der Eiche bei ca. 30 %.

Abb. 27a, b: Befallsflächen durch Eichenwickler und Frostspanner 1989 bis 2002

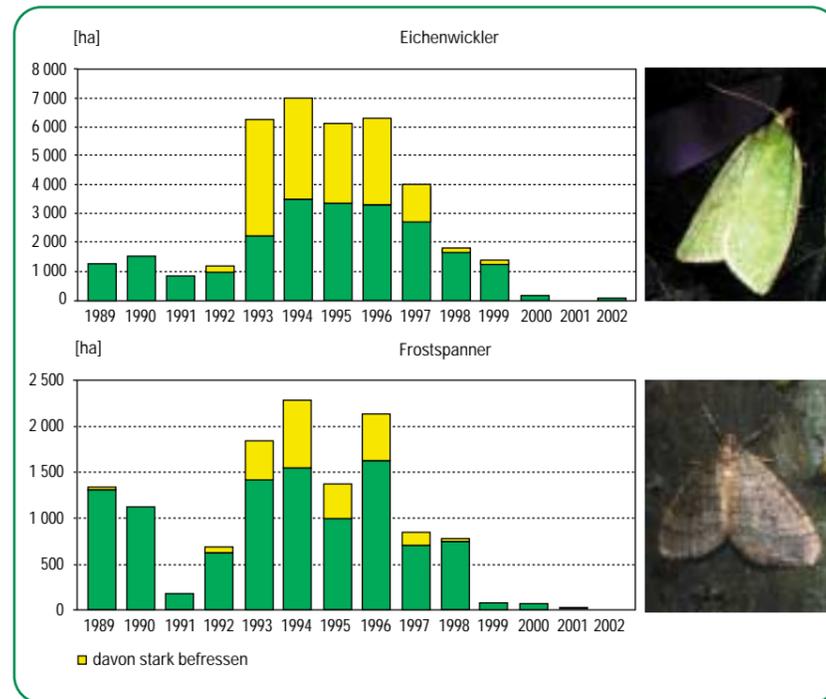
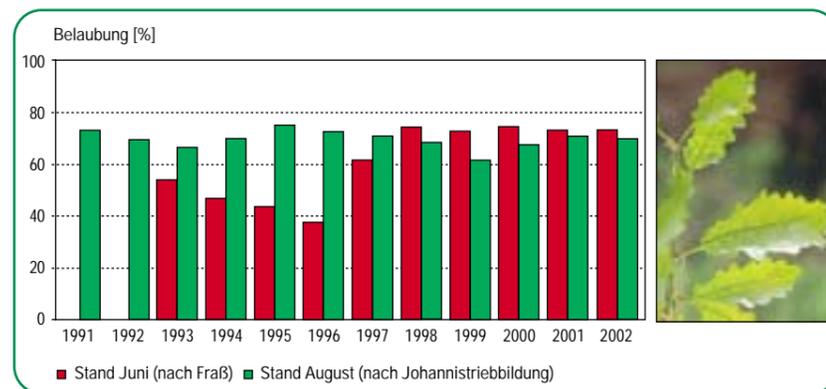
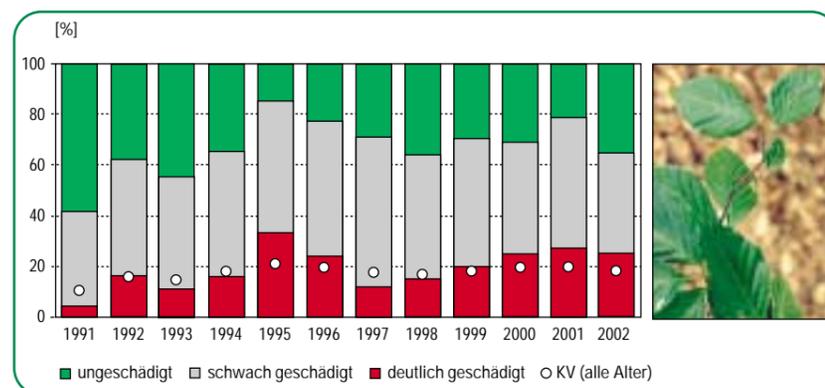


Abb. 28: Vergleich der durchschnittlichen Belaubung der Eichen an den WZE-Probepunkten im Juni (nach Fraß) und im August (nach Johannistriebbildung) in den Jahren 1993 bis 2002



Nachdem im Vorjahr in einzelnen Eichenbeständen der Befall durch den **Eichenerdfloh** (*Haltica quercetorum* Foud.) erheblich zugenommen und sich damit der Beginn einer Progradation angedeutet hatte, ging der typische Skelettierfraß dieser Blattkäferart annähernd auf Latenzniveau zurück. Weiträumig traten besonders an Johannistrieben **Mehltaubeläge** (*Microspheera alphitoides* Grif. & Maubl.) auf. Jungwüchse beider Eichenarten zeigten lokal verbreitet einen Befall mit **Rindenbrand** (*Fusicoccum quercus* Oudem.).

Abb. 29: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der Buche von 1991 bis 2002



Buche

Kronenzustand

Mit 3,1 % nimmt die Rot-Buche derzeit noch einen vergleichsweise geringen Anteil an der sächsischen Waldfläche ein und wird dadurch auch seltener von der Waldzustandserhebung erfasst. Die Aussagen zum absoluten Schadniveau dieser Baumart können daher statistisch nicht abgesichert werden. Da jedoch jedes Jahr ein nahezu identisches Kollektiv von Buchen erfasst wird, können Trends aufgezeigt werden. Abgesehen von einigen kurzzeitigen Erholungsphasen Ende der 90er Jahre hat sich der Kronenzustand der Buche im zurückliegenden 12-Jahres-Zeitraum tendenziell verschlechtert. Die deutlichen Schäden erhöhten sich von 4 % (1991) auf 25 % (2002). Die durchschnittliche Kronenverlichtung stieg von 11,0 auf 19,2 %. Im Vergleich zum Vorjahr verringerte sich der Flächenanteil deutlicher Schäden nur unwesentlich (um 2 Prozentpunkte), der Flächenanteil gesunder Buchen stieg dagegen an (vgl. Abb. 29). Ergänzend zur Stichprobeninventur durchgeführte Einzelbeobachtungen bestätigen: Altbuchen besitzen an einigen Orten einen als äußerst kritisch zu bewertenden Kronenzustand.

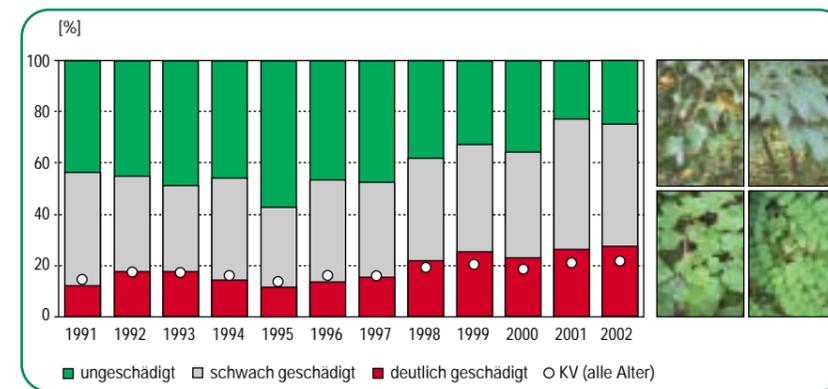
Wie in den vier vorangegangenen Jahren **fruktifizierten** die Buchen reichlich; etwa 1/3 der beobachteten älteren Buchen trug Früchte. Für die Buche ist bekannt, dass mit verstärkter Fruktifikation auch ein erhöhter Verbrauch von Reservestoffen und damit eine höhere physiologische Belastung verbunden ist. Wie nachhaltig diese den Zustand der Buchen beeinträchtigt, hängt maßgeblich vom Auftreten weiterer belastender Faktoren im Komplex neuartiger Waldschäden ab.

Sonstige Laubbäume

Kronenzustand

Die sonstigen Laubbäume (Gemeine Birke, Ahornarten, Gemeine Esche, etc.) haben einen Anteil an der Waldfläche von 13,5 %. Der Schädigungsgrad dieser Baumartengruppe hat sich in den letzten Jahren kontinuierlich erhöht. In diesem Jahr erreicht der Flächenanteil deutlicher Schäden mit 27 % den höchsten Wert des zurückliegenden 12-Jahres-Zeitraumes. Die stetige Schadzunahme wird durch den Verlauf der mittleren Kronenverlichtung unterstrichen (vgl. Abb. 30).

Abb. 30: Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung (KV) der sonstigen Laubbäume von 1991 bis 2002



Bei den sonstigen Laubbäumen ist die Birke mit einem Anteil von über 50 % am häufigsten vertreten. Insbesondere in den Jahren 1996 und 1997 hatte die Kronenverlichtung bei der Birke markant zugenommen. Auch heute noch ist hier die durchschnittliche Kronenverlichtung mit 23,9 % höher als im Mittel aller Baumarten dieser Gruppe (22,0 %).

Biotische Schäden

Auch in diesem Jahr wiesen verschiedene Laubbaumarten, z. B. Birken, Erlen, Kastanien, Ahorn, Schäden in der Krone auf. Diese zeigten sich vor allem durch Blattverfärbungen und nekrotische Veränderungen. Die Ursachen für diese teils sehr unspezifischen Symptome sind verschiedenartig und noch nicht vollständig geklärt. Neben abiotischen Einflüssen (verzögerter Vegetationsbeginn) und biotischen Faktoren (insbesondere Insekten und Spinnentiere sowie Pilze) spielen auch deren Kombinationen eine

Rolle. Es ist von einem regional- und baumartenspezifischen Ursachenkomplex auszugehen. Bei einigen Arten förderte offensichtlich schon die Witterung im Vorjahr einen Anstieg ihrer Populationsdichten. Eine Fortsetzung dieses Trends ermöglichte insbesondere das günstige Wärmeangebot in diesem Jahr. Die teilweise hohen Niederschläge begünstigten die Entwicklung einiger Pilzarten. So führten Blattinfektionen an Sandbirken mit *Marssonina betulae* Libn. (Magn.) in höheren Lagen, ähnlich wie in den Jahren 1998/99, zu vorzeitiger Entlaubung.

Abb. 31: Buchen-Frostspanner-Fraß an Eberesche



Abb. 32: Gallmückenbefall auf Bergahornblättern



Nach wie vor sehr auffällig, vor allem außerhalb des Waldes, waren auch in diesem Spätsommer wiederum Schäden durch die **Roßkastanienminiermotte** (*Cameraria ohridella* DESCHKA&DIMIC). Aufgrund der Entwicklung von 3 Generationen in diesem Jahr nahm der Ende April einsetzende Befall im Laufe des Sommers zu und führte an Einzelbäumen bzw. Baumgruppen (z. B. in Alleen) zu deutlichen Blattverfärbungen und vorzeitigem Blattfall. Infolgedessen kam es an einzelnen Ästen oder Kronenteilen zu einem erneuten Austrieb von Blättern und zum Teil auch Blüten (vgl. Abb. 33). Von besonderer Bedeutung war die Zunahme der Populationsdichte des **Schwammspinners** (*Lymantria dispar* L.) in den seit 1993 bekannten Befallsgebieten (vgl. Abb. 34). Auf diesen Trend machten neben einer intensiven Schwarmaktivität auch erste Fraßschäden – bis hin zum lokalen Kahlfraß – aufmerksam. Für 2003 muss mit einer weiteren Zunahme der Befallsfläche und der Fraßschäden gerechnet werden.

Abb. 33: Stark befallene Rosskastanie mit partiellem Neuaustrieb und Blüte Anfang September

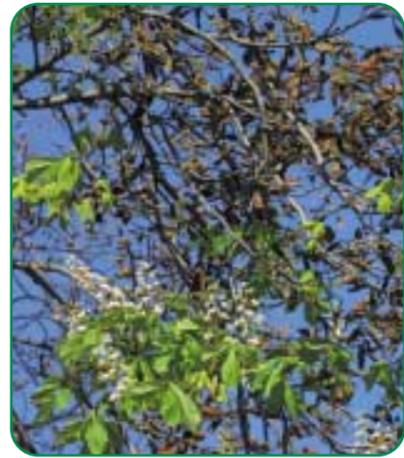


Abb. 34: Schwammspinner-Raupe und Eigelege in einem Rot-Eichen-Bestand



Nach dem Winter 2001/02 waren wieder umfangreichere, durch Mäuse (besonders **Erd- und Feldmaus** [*Microtus agrestis* L. u. *M. arvalis* Pal.] sowie **Schermäuse** [*Arvicola terrestris* L.]) verursachte Fraßschäden an Waldverjüngungen mit Laubbaumarten zu beobachten als im Vorjahr. Stichprobenerhebungen deuteten auf eine Fortsetzung des Anstieges der Populationsdichten dieser Kleinsäuger in den Sommermonaten hin.

Regionale Ausprägung der Schäden

Aussagen zum Schadausmaß in den Wuchsgebieten können für die Jahre getroffen werden, in denen die Waldzustandserhebung im 4 x 4-km-Raster erfolgte (1991, 1992, 1994, 1997–2002). Um auch kleine Wuchsgebiete bzw. Wuchsgebiete mit geringem Waldanteil in die Auswertung einbeziehen zu können, wurden sie, so weit es sinnvoll erschien, in Gruppen zusammengefasst. Bei Wuchsgebieten, die über das Territorium Sachsens hinausgehen, beziehen sich die Angaben ausschließlich auf den sächsischen Teil. Für die Wuchsgebiete Sachsen-Anhaltinische-Löss-Ebenen (WG 23), Leipziger-Sandlöss-Ebene (WG 24) und Erzgebirgsvorland (WG 26) reicht der Stichprobenumfang für eine Auswertung nicht aus.

Die in den vergangenen Jahren wiederholt festgestellte starke regionale Differenzierung der Schäden war 2002 geringer ausgeprägt. Der Flächenanteil deutlicher Schäden variiert von 10 % im Wuchsgebiet Vogtland (WG 44) bis 20 % im Wuchsgebiet Erzgebirge (WG 45). Die Ergebnisse der Wuchsgebietsauswertung 2002 sind in Abb. 35 sowie Tab. 9 (Anhang) veranschaulicht. Die in Abb. 35 integrierten Grafiken zeigen die Entwicklungstrends der Schäden in den Wuchsgebieten. Zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse für die Wuchsgebiete von der jeweils dort vorherrschenden Baumarten- und Altersklassenverteilung bestimmt werden (vgl. Tab. 8, Anhang). Einen Eindruck von der räumlichen Verteilung der Baumarten sowie deren Kronenzustand vermittelt zusätzlich die Abb. 36.

Im **Erzgebirge** (WG 45), dem walddreichsten Wuchsgebiet Sachsens, hat sich der Zustand des Waldes in den letzten Jahren spürbar verbessert. Der Anteil des Waldes mit deutlichen Schäden hat sich dort von einem hohen Ausgangsniveau (36 %, 1991) auf 20 % (2002) verringert und damit dem Landesdurchschnitt angenähert. Die Waldfläche ohne Schäden erhöhte sich im gleichen Zeitraum um 9 Prozentpunkte, von 34 % auf 43 %. Auch wenn gegenüber dem Vorjahr die deutlichen Schäden wieder etwas zugenommen haben, kann nicht von einer Trendwende gesprochen werden. Waldbestände höheren Schädigungsgrades konzentrieren sich schwerpunktmäßig im mittleren und östlichen Erzgebirge, beschränken sich aber nicht mehr – wie in der Vergan-

genheit – auf das Gebiet der »klassischen Rauchsäden«.

In den Wuchsgebieten **Elbsandsteingebirge/Oberlausitzer Bergland/Zittauer Gebirge** (WG 46, 47, 48) zeigen die Bäume in diesem Jahr – ähnlich wie in den Jahren 1997 und 1998 – auf 19 % der Fläche eine deutliche Kronenverlichtung. Im Vergleich zum Vorjahr bedeutet dies eine Zunahme der deutlichen Schäden. Die Fichte liegt beim Anteil deutlicher Schäden mit 21 % noch etwas höher. Der Verlauf der durchschnittlichen Kronenverlichtung weist jedoch keinen eindeutigen Trend auf.

Aufgrund des hohen Schadniveaus ist das Wuchsgebiet **Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland** (WG 25) in den letzten Jahren zunehmend in den Blickpunkt gerückt. 1999 hatten die deutlichen Schäden dort ein Maximum von 39 % erreicht, in diesem Jahr sind sie auf 19 % zurückgegangen und liegen damit knapp über dem Landesmittel. Die Verbesserung des Zustandes der Eichen, die in diesem Wuchsgebiet mit 15 % Anteil an der Waldfläche vergleichsweise häufig vertreten sind, hat mit zu diesem Ergebnis beigetragen.

Das **Vogtland** (WG 44) liegt bei 10 % deutlichen Schäden unter dem Landesmittel. Dort hat sich das Schadniveau – vor allem der Fichte – in diesem Jahr noch einmal etwas verringert.

Das Schadniveau in den Wuchsgebieten **Westlausitzer Platte und Elbtalzone/Lausitzer Löss-Hügelland** (WG 27, 28) war bislang nur geringen Schwankungen unterworfen. Auch 2002 hat sich der Kronenzustand in diesen Wuchsgebieten kaum verändert. Die deutlichen Schäden nehmen einen Anteil von 14 % ein und liegen leicht unter dem Landesmittel.

In den Wuchsgebieten **Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland/Düben-Niederlausitzer Altmoränenland** (WG 14, 15) wurden bei der diesjährigen Erhebung 17 % deutliche Schäden diagnostiziert. Trotz der beobachteten Schadzunahme (um 5 Prozentpunkte gegenüber 2001) liegt dieses Ergebnis noch unter den Befunden zu Beginn der 90er Jahre. Das Schadniveau der in diesen Wuchsgebieten dominierenden Kiefern (82 % Anteil an der Bestockung) ist etwas geringer als das Wuchsgebietsmittel, hat sich aber ebenfalls erhöht. Regionales Auftreten von Nadelfressern an Kiefer haben diesen Anstieg möglicherweise mit verursacht. Die Abb. 36 veranschaulicht ein differenziertes Bild innerhalb dieser Wuchsgebiete.

Abb. 35: Anteil deutlicher Schäden 2002 und Veränderung der mittleren Kronenverlichtung von 1991 bis 2002 in den Wuchsgebieten (WG)

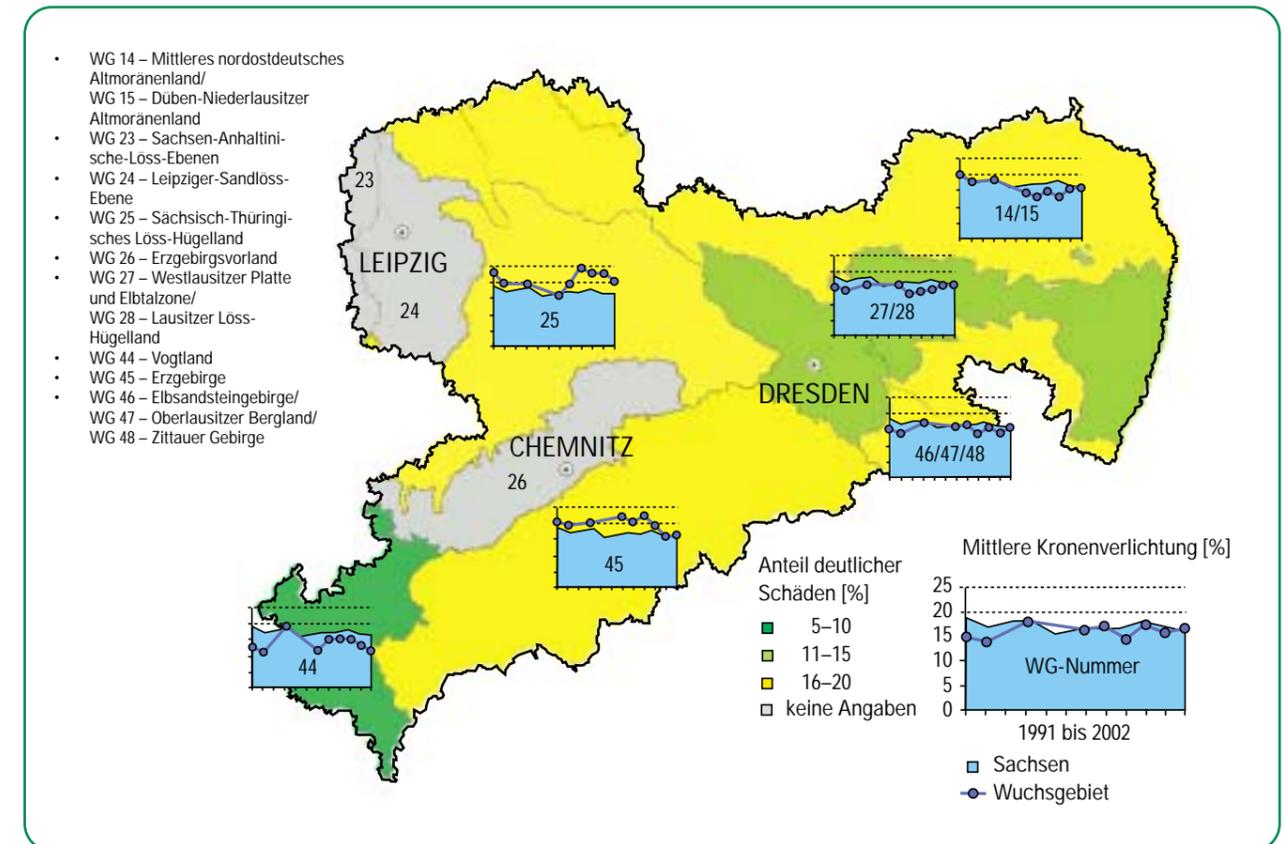
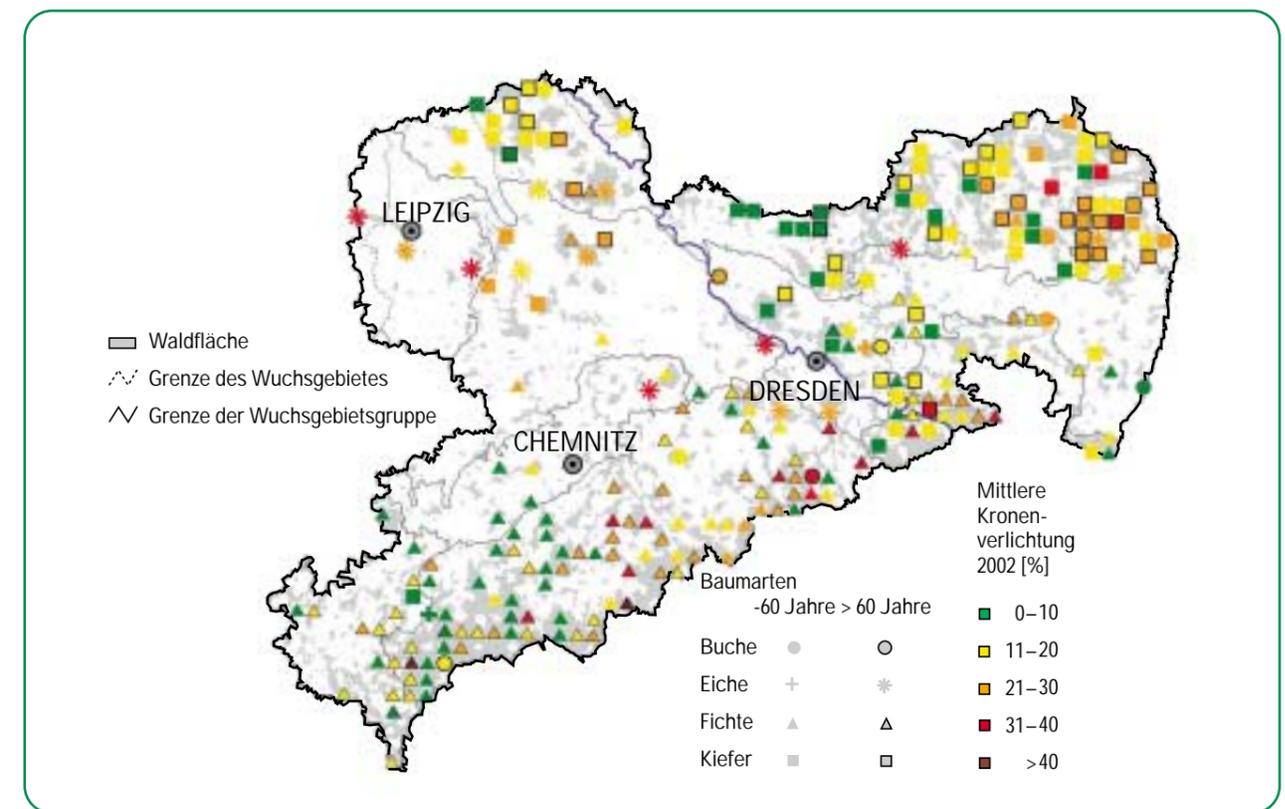


Abb. 36: Mittlere Kronenverlichtung der Hauptbaumarten an den Stichprobenpunkten im 4 x 4-km-Raster (mindestens 5 Bäume der Hauptbaumart am Stichprobenpunkt)



Bodenzustand

Durch die Bodenzustandserhebung und zusätzliche Bodenuntersuchungen im Rahmen der Standortkartierung sowie aus kontinuierlichen Untersuchungen von Bodenlösung und Sickerwasser auf den Level-II-Flächen existieren umfangreiche Informationen über den derzeitigen chemischen Zustand der Waldböden. Insgesamt ist festzustellen, dass insbesondere durch die jahrzehntelangen Säurebelastungen auf den zumeist relativ erdalkali- und pufferarmen geologischen Substraten Sachsens eine fortgeschrittene **Nährstoffverarmung und Versauerung der Böden** eingetreten ist, die entscheidend zur Destabilisierung der Waldökosysteme beigetragen hat [13].

Die Veränderung wichtiger chemischer Bodenparameter hat sich in der Vergangenheit unter dem Druck der Umweltbelastung rasch entwickelt. Dies verdeutlichen vergleichende Bodenuntersuchungen in Sachsen im Rahmen des EU-geförderten **RECOGNITION^(*)**-Projektes, das zur Klärung der in Europa vielfach angestiegenen Wachstumsleistungen von Fichten-, Kiefern- und Buchenbeständen beitragen soll. Dazu wurden in dem sächsischen Teilprojekt an 30 Bodenprofilen der Standortkartierung aus den 60er und 70er Jahren (»Altweiserprofile«) wiederholt Bodenproben entnommen und sämtliche Alt- und Neuproben chemisch analysiert:

Die **pH-Werte** im Unterboden sind fast durchweg um etwa eine halbe pH-Einheit zurückgegangen (vgl. Abb. 37), während das durchschnittliche pH-Niveau in der organischen Auflage eher angestiegen ist. In den obersten Profilbereichen ist damit oftmals eine Verbesserung des chemischen Milieus eingetreten, die vielfach durch Kalkungsmaßnahmen bedingt ist. Demgegenüber hat der **Säuregrad der Unterböden** verstärkt den so genannten Aluminium-Pufferbereich zwischen pH 4,2 und 3,8 erreicht, wodurch eine teils deutlich verschlechterte Elastizität der Standorte gegenüber Säurebelastungen eingetreten ist. Dies wird durch die Entwicklung der Basensättigung bestätigt: Bis auf wenige Ausnahmen hat eine oftmals drastische Abnahme der **Basensättigung** stattgefunden (vgl. Abb. 38), indem sich in den Böden der

Anteil der austauschbaren »basischen« Kationen (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^{2+}) gegenüber den »sauren« Kationen (Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{3+} , H^+) stark verminderte. Das betrifft alle Bodensubstrate. Nur selten liegt der Basenanteil über dem kritischen Wert von 15 %. Unter diesen bodenchemischen Verhältnissen werden im Verlauf von Pufferprozessen zunehmend Al^{3+} -Ionen in die Bodenlösung transferiert. Sie

können toxisch wirken und speziell das Feinwurzelwachstum und die Bodenlebewesen (z. B. Mikroorganismen) schädigen, wenn gleichzeitig die Ca- und Mg-Gehalte in der Bodenlösung nur noch gering sind. Mit dem Wechsel der bodenchemischen Situation hat sich auch die **Zusammensetzung der Tonminerale** nachteilig verändert [5], die in fast allen Böden in unterschiedlichen Men-

Abb. 37: Gegenüberstellung der pH(H₂O)-Werte von 28 Probestellen der Alt- und Neuprobung von Bodenprofilen (»Altweiserprofile«) unterhalb von 30 cm Bodentiefe (jeweils zwei identische Entnahmetiefen)

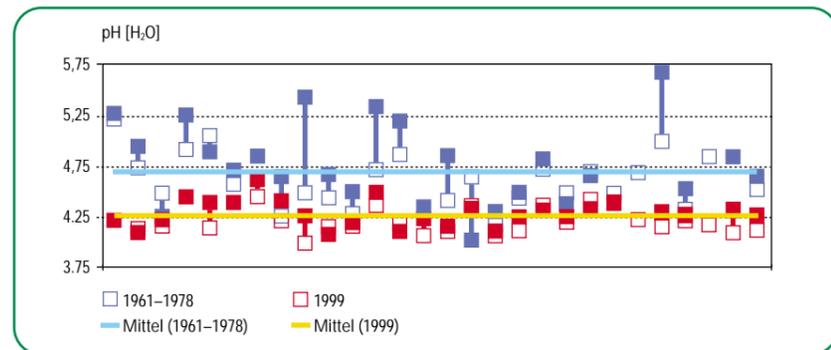
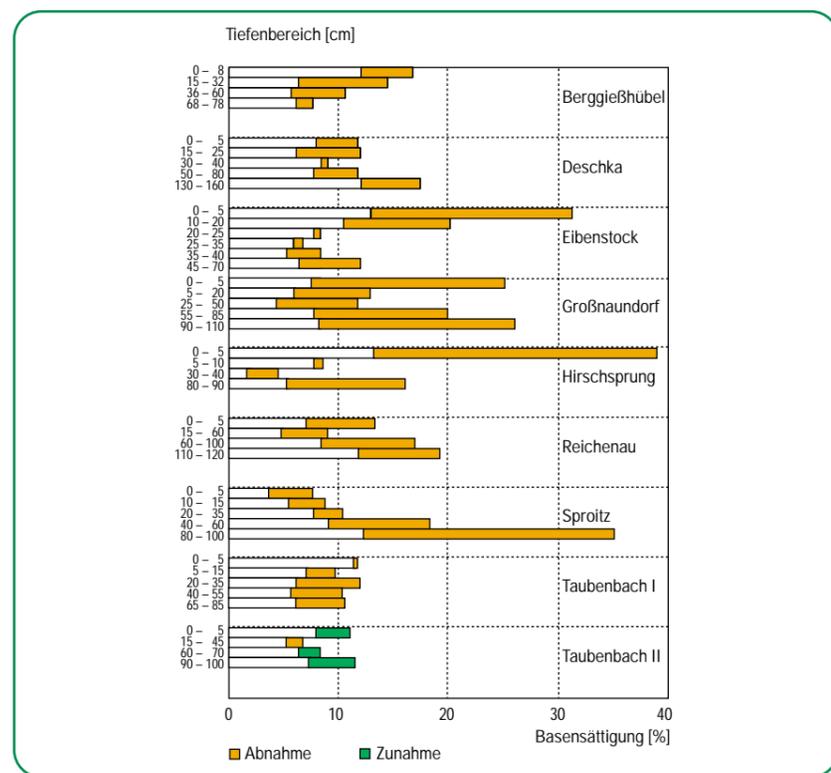


Abb. 38: Veränderung der Basensättigung im Mineralboden auf lehmigen Sandstandorten (Untergliederung nach Ort der Probenahme und Tiefenbereichen)



(*) »Relationships Between Recent Changes of Growth and Nutrition of Norway Spruce, Scots Pine and European Beech Forests in Europe«; EU FAIR CT98-4124

Ernährungszustand

gen enthalten sind. Tonminerale schaffen über die Verwitterung laufend einen zumindest teilweisen Ausgleich für den Rückgang an Nährstoffen und Pufferkapazität. Je niedriger der pH-Wert, umso stärker ist der Verlust an so genannten Aluminium-Hydroxykationen aus den Zwischenschichten aufweitbarer Tonminerale, wodurch letztere zunehmend zerstört werden. Nur wenn die Kapazität der Böden an austauschbaren, pflanzenverfügbaren Kationen bereits zu Beginn der Untersuchung verhältnismäßig niedrig war (Beispiel: sandige Substrate im Tiefland), traten keine weiteren nachweisbaren Tonmineralveränderungen auf. Bei Böden mit pH(KCl)-Werten unter 3,0 muss von einer teils irreversiblen Zerstörung der Tonminerale ausgegangen werden. Dies schließt eine Erholung der Böden unter verbesserten Umweltbedingungen oftmals aus. Bei dem Versuch einer modellhaften Prognose der weiteren Bodenentwicklung sowie bei Maßnahmen zur Bodenrestoration sind diese Zusammenhänge zu berücksichtigen.

Nach den Ergebnissen der Bodenzustandserhebung betrifft das in der Tiefenstufe 0 bis 5 cm des Mineralbodens etwa 50 % der sächsischen Standorte!

Die Ernährung der Fichtenbestände auf den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen Klingenthal, Olbernhau, Cunnersdorf, Bautzen, Altenberg^(*) sowie des Kiefern-Bestandes in Laußnitz und des Traubeneichen-Bestandes Colditz wird für den Zeitraum 1995/96 bis 2001, die der Rot- und Hainbuchen im rechtselbischen Elbsandsteingebiet (FA Bad Schandau) für die Spanne 1999–2001 dokumentiert. Grundlage dafür sind analytische Befunde von 1-jährigen Nadeln/Blättern und 3-jährigen Fichtennadeln bzw. 2-jährigen Kiefernadeln aus der belichteten Oberkrone von jeweils 9 herrschenden Probestämmen pro Messfläche eingeschätzt. Die Dauerbeobachtungsflächen repräsentieren typische Standorts- und Bestockungsverhältnisse in den jeweiligen Wuchsgebieten (vgl. Tab. 1, Anhang).

Die Versorgung der **Fichten** mit den Makroelementen Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium und den Spurenelementen Mangan, Eisen und Kupfer ist mangel- und belastungsfrei sowie normal nach dem Nadelalter abgestuft. Sehr hohe Mn-Gehalte in Cunnersdorf sowie Bautzen einerseits und niedrige Konzentrationen in Altenberg andererseits verweisen auf unterschiedlich akti-

ve Pufferbereiche der Böden. Mit Zink sind die Fichten in Cunnersdorf und Bautzen schwach, auf den übrigen Flächen optimal versorgt. Die Schwefel-Spiegelwerte der 1-jährigen und vor allem der 3-jährigen Nadeln (vgl. Abb. 39a, b) zeigen eindrucksvoll die unterschiedliche SO₂-Belastung im sächsischen Mittelgebirgsraum zu Beginn der Erhebungen 1995/96 und ihren drastischen Rückgang bis 2001 an. Die S-Konzentrationen nähern sich im Jahr 2001 den Verhältnissen in »S-Reinluftgebieten« an [12]. Da Schwefel- und Fluor-Emissionen im Wesentlichen der gleichen Quelle, nämlich der Braunkohlenverbrennung im böhmischen Eger-Graben entstammen, sinken auch die bereits 1995/96 überwiegend nicht phytotoxischen F-Gehalte in den Nadeln bis 2001 auf 3–4 mg/kg TM ab.

Ansteigende Magnesium-Gehalte in beiden Nadeljahrgängen der Fichtenbestände Klingenthal und Olbernhau seit 1997 bzw. 2001 verweisen auf Materialeinwehungen aus Bodenschutzkalkungen angrenzender Flächen. Fichten auf vergleichbaren ungekalkten Standorten in Klingenthal leiden dagegen unter massivem Mg-Mangel (vgl. Abb. 51). Er hat Vergilbungen der 3-jährigen Nadeln und erhebliche Kronenverlichtungen zur Folge (vgl. Abb. 52). Für den Bestand in Altenberg (vgl. Abb. 40a) sind Auswirkungen von Altkalkungen [1] und einer benachbarten Bodenschutzkalkung im Jahr 2001 nicht auszuschließen.

Bei den von Kalkungen unbeeinflussten Fichten in Cunnersdorf und Bautzen (vgl. Abb. 40c, b) zeigen die 3-jährigen Nadeln über den 7-jährigen Beobachtungszeitraum hinweg dagegen eine stets mangelhafte Magnesiumernährung der Bestände an. Sie resultiert aus einer eingeschränkten Elementnachlieferung der erdalkaliarmen, sauren Böden.

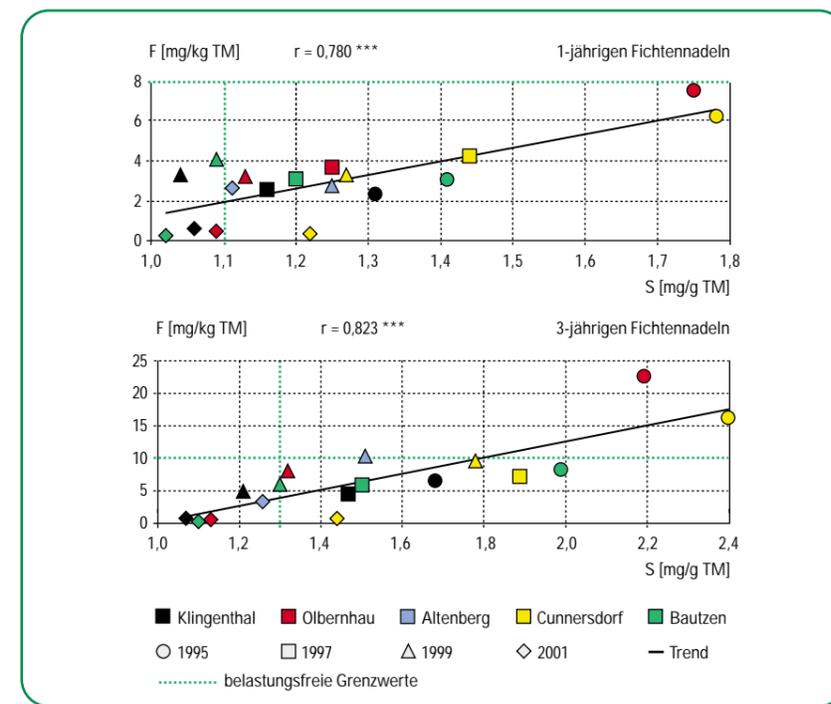


Abb. 39a, b: Entwicklung der Schwefel- und Fluor-Gehalte in 1- und 3-jährigen Nadeln der untersuchten Fichtenbestände zwischen 1995 und 2001 (***) Regression ist hoch signifikant

(*) Die Analysedaten für 1996 wurden dankenswerterweise durch das Institut für Bodenkunde und Standortslehre Tharandt/TU Dresden aus einem unmittelbar benachbarten Bestand zur Verfügung gestellt.

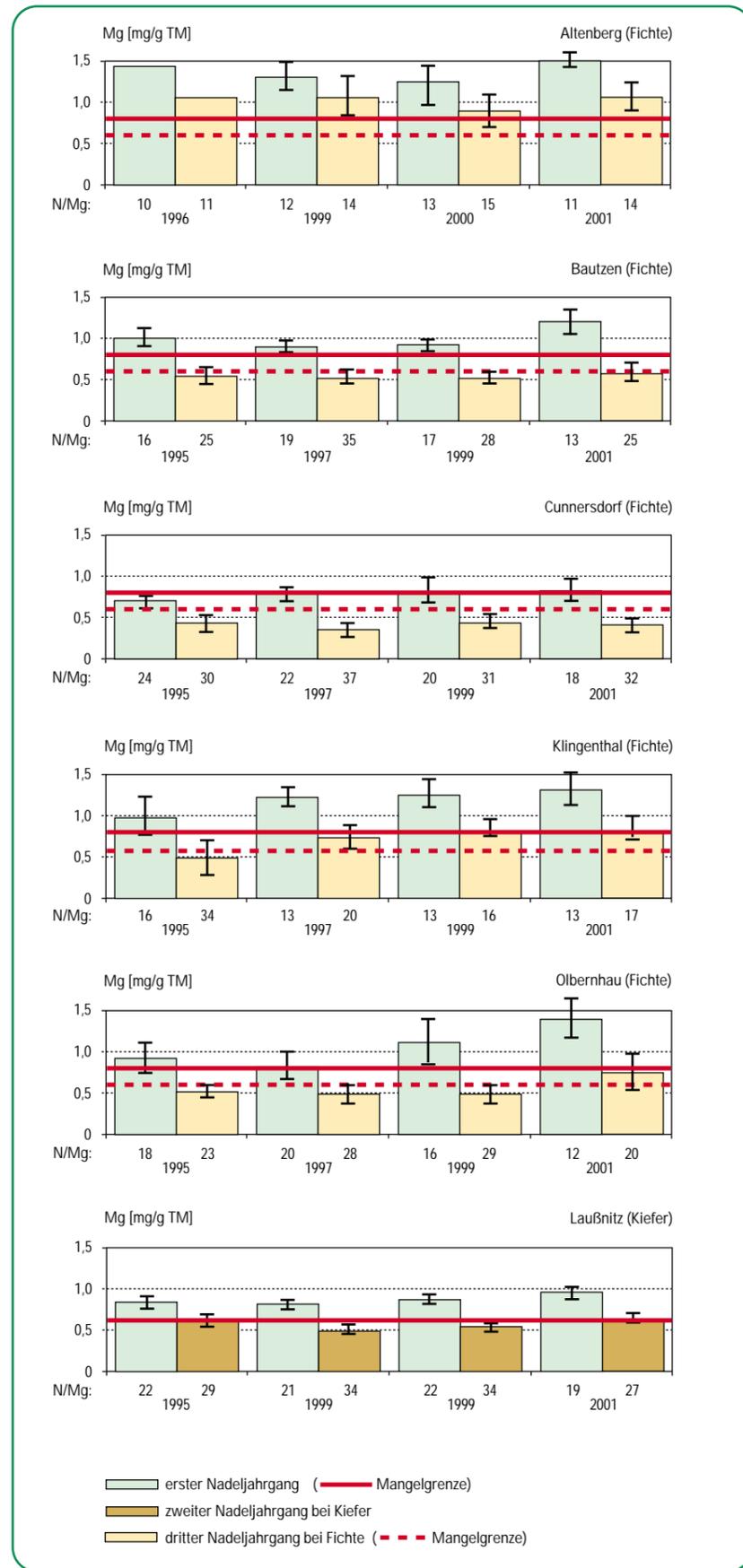
Diese Befunde sind keine Einzelbeispiele, aufgrund der Bodenschutzkalkungen während der vergangenen Jahre allerdings auch nicht großflächig ausgeprägt.

Bei dem **Kiefern**-Bestand in der Laußnitzer Heide fallen zwischen 1995 und 2001 die Schwefelgehalte in 1-jährigen Nadeln von 1,4 auf 1,2 mg S/g TM, in 2-jährigen von 1,5 auf 1,2 mg S/g TM ab. Die nunmehr für beide Nadeljahrgänge identischen und niedrigen Konzentrationen zeigen eine nur noch schwache Schwefelbelastung an (>1,0 mg/g TM nach [8]). Mit den übrigen Makroelementen sind die Kiefern mangel- und belastungsfrei ernährt. Schwach, aber noch ausreichend ist die Versorgung der Kiefern mit Mangan und Eisen, optimal mit Zink und Kupfer. Die Fluor-Konzentrationen [mg/kg TM] sinken zwischen 1999 und 2001 von 2,76 auf 0,45 bei 1-jährigen bzw. von 5,51 auf 0,53 bei 2-jährigen Nadeln ab und zeigen keine Gefährdung an.

Die **Trauben-Eichen** auf dem Lösslehmstandort im sächsischen Hügelland (Colditz) sind mit Mangan, Eisen und Kupfer optimal ernährt (vgl. Abb. 42a-f). Gleiches gilt trotz deutlich sinkender Spiegelwerte bis 2001 auch noch für Magnesium (vgl. Abb. 41a-f), allerdings zeigen die aufgeweiteten N/Mg-Quotienten beginnende Ernährungsdisharmonien an. Ihre Versorgung mit Kalium, Calcium und Zink ist reichlich bis luxuriös, beim Stickstoff (zumindest 2001) und beim Schwefel liegt sie schon im »Überangebots«-Bereich, in dem Stoffwechselstörungen und Vitalitätsverluste nicht auszuschließen sind. Demgegenüber ist die Phosphor-Ernährung der Eichen unzureichend, was auf Lösslehmstandorten nicht selten ist und hier eine disharmonische N/P-Ernährung zur Folge hat. Die Fluor-Belastung ist unkritisch.

Die **Rot-Buchen** auf dem Basalt-Lehmsandstein-Standort im Elbsandsteingebiet sind optimal mit Stickstoff, Kalium, Calcium, Magnesium, reichlich bis luxuriös mit Mangan und Kupfer, aber relativ schwach mit Phosphor sowie unzureichend mit Zink und vor allem Eisen versorgt. Ihre Schwefel-Konzentrationen veränderten sich zwischen 1999 und 2001 kaum und liegen über den normalen Gehalten für Reinluftgebiete. Allerdings sind die Fluor-Spiegelwerte (vgl. Abb. 42f) stark abgefallen, so dass die erhöhten S-Gehalte

Abb. 40a-f: Magnesium-Gehalte und N/Mg-Verhältnisse in 1-jährigen und 2- bzw. 3-jährigen Nadeln der untersuchten Fichten bzw. Kiefern



vermutlich weniger durch eine Elementaufnahme über das Blatt (als SO_2), sondern vielmehr über die Wurzel aus dem Boden als Folge der dort ablaufenden S-Mobilisierung herrühren.

Für die auf gleichem Standort wachsenden **Hainbuchen** liegen keine Ernährungs-Rahmenwerte vor. Ihre Blattspiegel für Schwefel, Calcium und Magnesium sind ähnlich den Gehalten bei Rot-Buche, die für Stickstoff, Phosphor, Kalium, Eisen, Zink, Kupfer und Fluor dagegen höher. Extreme Unterschiede bestehen zwischen Hain- und Rot-Buche bei der Mangan- und Aluminium-Ernährung. Für die Aufnahme beider Kationensäuren hat die Rot-Buche offenbar ein höheres Ausschlussvermögen als die Hainbuche, deren Stoffwechsel entsprechend hohe Elementgehalte benötigt oder verkräftet und sie so ernährungsphysiologisch als Begleitbaumart für entsprechende Standorte prädestiniert.

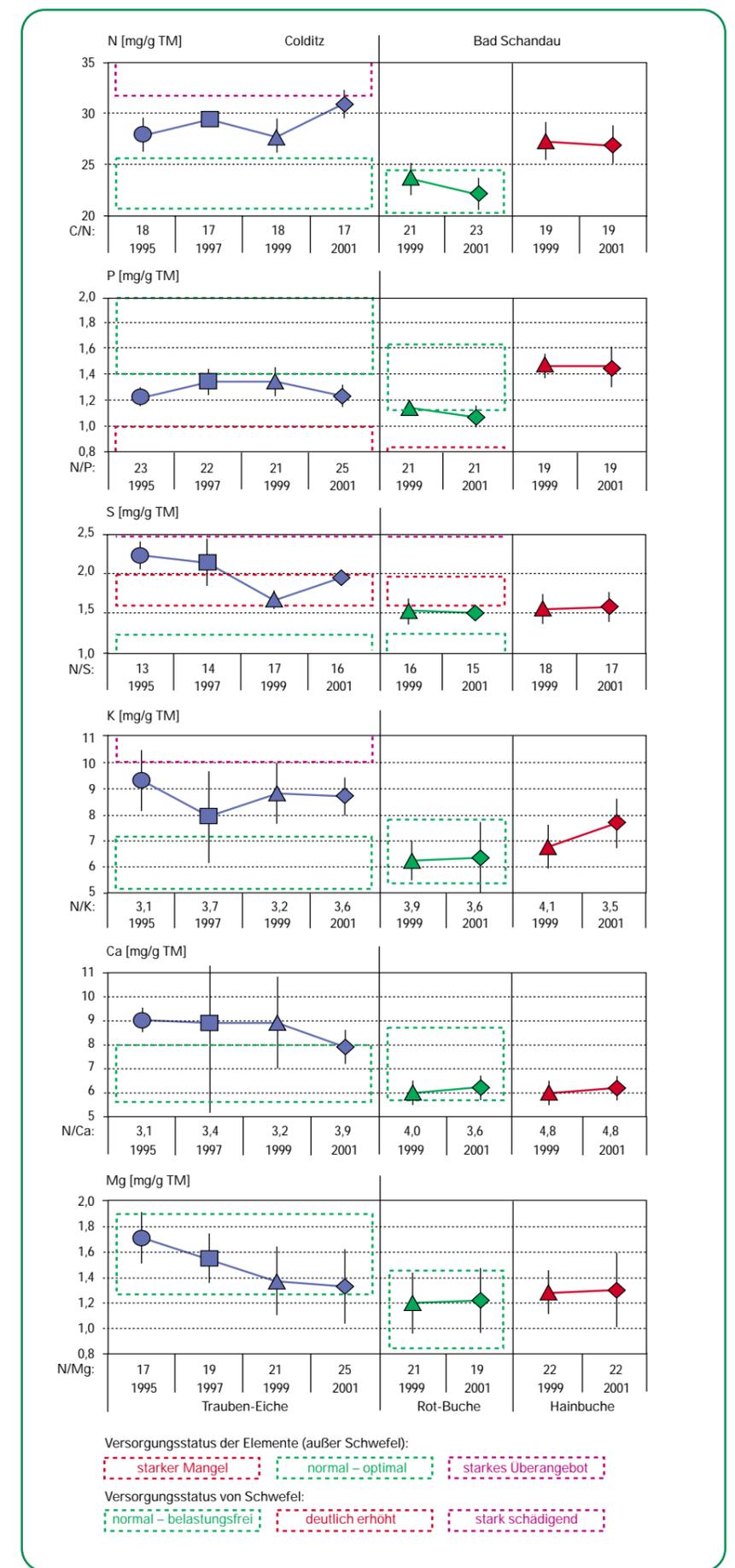
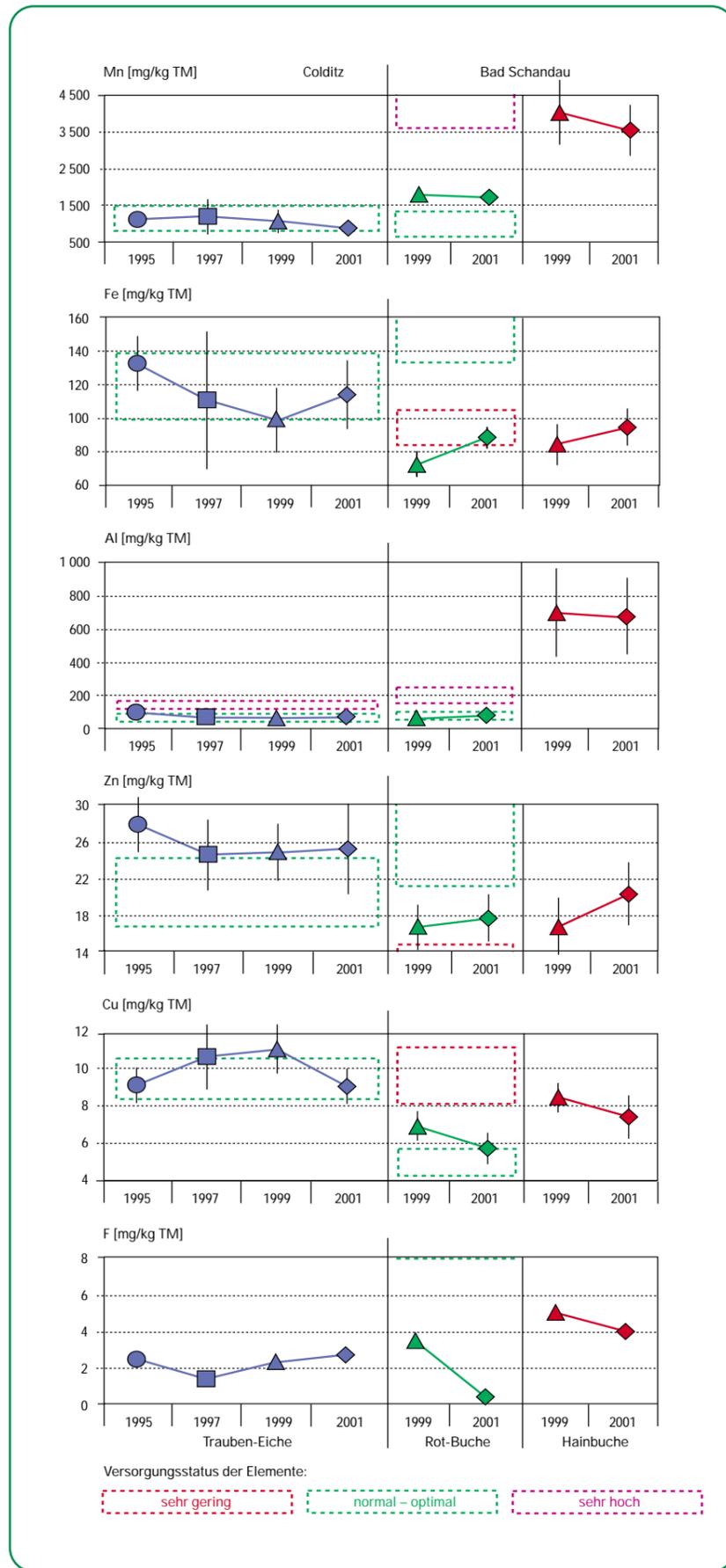


Abb. 41a-f: Makro-Element-Gehalte und C/N- sowie N-bezogene Element-Verhältnisse in Blättern der Trauben-Eichen bzw. der Rot-Buchen und Hainbuchen



Waldvegetation

Vegetationskundliche Untersuchungen der Kraut- und Strauchschicht sowie der Moose und Flechten sind sowohl für eine allgemeine ökologische Bewertung der Standortverhältnisse als auch zur **Bioindikation** im Rahmen eines wirkungsseitigen, passiven Umweltmonitorings gut geeignet. Speziell Moose und Flechten sind wegen fehlender Schutzmechanismen sehr empfindlich gegenüber Umwelteinflüssen. Sie besitzen beispielsweise keine Spaltöffnungen, über deren Regulation das Eindringen von Schadstoffen in die Pflanze verhindert werden könnte. Deshalb werden sie verstärkt als **Zeigerpflanzen** bei der Umweltkontrolle eingesetzt. Von besonderer Bedeutung sind dabei die schadstoffempfindlicheren Arten und deren Wiederansiedlung bzw. Rückwanderung in Verbindung mit der Verbesserung der Luftqualität. Differenzierte vegetationskundliche Untersuchungen stellen von Beginn an eine wichtige Komponente des forstlichen Umweltmonitorings in den sächsischen Wäldern dar. Neben den jährlichen Erhebungen auf den Level-II-Flächen wurden wiederholt Untersuchungen in ausgewählten Waldbeständen des Level-I-Rasters durchgeführt (vgl. Abb. 1).

Waldbodenvegetation auf Level-I-Flächen

Im Jahr 2000 erfolgte in Zusammenarbeit mit dem BUND, Landesverband Sachsen in 26 Fichtenaltbeständen der Bodenzustandserhebung eine Wiederholung der vegetationskundlichen Erhebungen aus den Jahren 1992 und 1996/97 [3]. Die Bestände sind mehr oder weniger geschlossen, gleichaltrig und aus Pflanzungen hervorgegangen. Das Untersuchungsgebiet liegt im Erzgebirge in Höhenlagen zwischen 700 und 1050 m ü. NN. Als Grundgesteine herrschen verschiedene Gneise und Granite sowie Phyllit und Glimmerschiefer vor. Die Vegetationsaufnahmen erfolgten auf repräsentativen und dauerhaft markierten Aufnahmeflächen von 20 x 20 m Größe. Insgesamt präsentierte sich die Vegetation im Jahr 2000 – trotz der nicht unbeträchtlichen



chen Höhenunterschiede zwischen den Aufnahmeflächen – recht einheitlich. Abgesehen von einem lebermoosreichen Peitschenmoos-Gabelzahnmoos-Fichtenforst sind die Fichtenbestände (nicht berücksichtigt wurden zwei Fichtenbestände auf Nassstandorten) dem **typischen Sauerklee-Fichtenforst** (vgl. Abb. 43) zuzuordnen.

Anstelle natürlicher Hainsimsen-Buchenhäuser ist dieser Vegetationstyp in den oberen Lagen der Mittelgebirge infolge der intensiven Nadelholzwirtschaft der Vergangenheit sehr verbreitet. Er wird charakterisiert durch das Auftreten von Wald-Sauerklee (*Oxalis acetosella*), Brombeere (*Rubus fruticosus* agg.), Himbeere (*Rubus idaeus*), Wolligem Reitgras (*Calamagrostis villosa*) und Gewelltem Plattmoos (*Plagiothecium undulatum*). Daneben treten weitere Arten auf, die typisch sind für Fichtenforste auf nährstoffarmen, sauren Standorten (vgl. Tab. 11, Anhang). Solche Verhältnisse waren bei der geologischen Ausgangssituation und den vorherrschenden Böden [13] zu erwarten und werden durch die Analyse der Reaktionszahlen bestätigt. Aber auch andere Arten sind mit hoher Stetigkeit vertreten, die dem typischen Sauerklee-Fichtenforst eigentlich nicht angehören. Es handelt sich dabei um Echte Kratzdistel (*Cirsium vulgare*), Roten Fingerhut (*Digitalis purpurea*), Schmalblättriges Weidenröschen (*Epilobium angustifolium*), Gemeiner Holzzahn (*Galeopsis tetrahit*), Fuchs-Kreuzkraut (*Senecio fuchsii*), Vogel-Miere (*Stellaria media*), Gemeiner Löwenzahn (*Taraxacum officinale* agg.) und Große Brennnessel

(*Urtica dioica*). Diese Arten sind charakteristisch für Standorte mit stärkerer Nitrifikation. Insgesamt belegen die ökologischen Artengruppen die Dominanz von Rohhumus und schlechteren Moderhumusformen – in den Fichtenbeständen.

Der Vergleich der Vegetationsaufnahmen zwischen den Aufnahmejahren lässt gravierende **Veränderungen in der Artenzusammensetzung** erkennen. Während das Auftreten der Säure- bzw. Maßigsäurezeiger als charakteristische Arten der Sauerklee-Fichtenforsten mit Ausnahme von Europäischer Siebenstern (*Trientalis europaea*) und Wald-Sauerklee (*Oxalis acetosella*) kaum Unterschiede aufweisen, ist bei den typischen Arten der besseren Humusformen eine signifikante Zunahme zu verzeichnen: Die Anzahl der Vorkommen hat sich meist mehr als verdoppelt!

Der Vergleich der mittleren Zeigerwerte für die direkt vom Standort abhängigen Parameter, wie Feuchte-, Reaktions- und Stickstoffzahl weist jeweils höchst signifikante Unterschiede auf (vgl. Tab. 12, Anhang). Dabei sind die höchsten absoluten Veränderungen bei den **Stickstoffzeigerwerten** zu verzeichnen. Im Vergleich zu 1992 sind sie auf mehr als das Doppelte angestiegen. Dies ist als Beleg für eine zunehmende Eutrophierung der Waldstandorte durch den Eintrag von Stickstoffverbindungen zu sehen. Mittlerweile stellt die Eutrophierung einen Hauptfaktor für die Gefährdung von Pflanzen in Deutschland dar, so dass ohne eine Absenkung entsprechender Stoffeinträge

die weitere Ausbreitung nitrophiler Pflanzen und die Verdrängung konkurrenzschwacher Arten – v. a. in der Mooschicht – zu befürchten ist.

Etwas geringer fällt der Trend bei den mittleren Reaktionszahlen aus. Das verstärkte Auftreten der basischen Weiserpflanzen ist als günstiger Effekt von Kalkungsmaßnahmen hinsichtlich der langfristigen Standortverbesserung und Stabilisierung der Waldökosysteme in Verbindung mit der Aktivierung des Stoffkreislaufes zu werten. Keine Veränderungen zeigen sich bei den Lichtzahlen, da sich die Deckung der Baumschicht nicht wesentlich geändert hat.

Abb. 44: Dünnbesetztes Kurzbüchsenmoos (*Brachythecium oedipodium*)



Abb. 45a, b: Dauerbeobachtungsflächen zur Kartierung der Vegetation (Level-II-Fläche Cunnersdorf; östliches Erzgebirge) und zur Kartierung von epiphytischen Moosen und Flechten (Level-II-Fläche Olbernhau; mittleres Erzgebirge)



Krustenflechte (*Lecanora conizaeoides*) war stetig auf allen Flächen vertreten, während kleinere Vorkommen anderer Flechtenarten (z. B. *Hypocenomyce caradocensis* in Cunnersdorf) nur vereinzelt auftraten. Damit spiegelt das Arteninventar die über Jahrzehnte anhaltend hohe Belastung der Waldflächen mit sauren Luftschadstoffen wider. Gebiete, in denen nahezu ausschließlich *Lecanora conizaeoides* vorkommt, gelten als extrem hoch mit Schadstoffen belastet. Nimmt man die Gesamtartenzahl der vorhandenen Epiphyten und deren Zeigerwerte (Toxizitäts- und Reaktionszahl) als Kriterium für die Luftschadstoffbelastung, so sind in Klingenthal, insbesondere durch das Vorkommen der Laubflechte *Hypogymnia physodes* (vgl. Abb. 46) sowie in Colditz durch die Beobachtung von Laubflechten in der Umgebung, die relativ günstigsten Bedingungen anzutreffen. Die vergleichsweise hohe Artenzahl in Colditz ist neben den geringeren Luftschadstoffeinträgen auch auf die besseren natürlichen Bedingungen der Eichenborke (Struktur und pH-Wert) zurückzuführen. Anhand der Folgeaufnahme der epiphytischen Dauerbeobachtungsflächen im Jahr 2001 ergibt sich, dass bis auf die Fläche Bautzen die Deckungsgrade der Krustenflechte überall abgenommen haben. (Die abweichende Entwicklung auf der Fläche Bautzen ist vermutlich auf einen benachbarten Durchforstungseingriff der vergangenen Jahre und die damit veränderten Lichtverhältnisse zurückzuführen.) Dies kann auf die in den letzten Jahren verbesserte Luftqualität zurückgeführt werden. Offensichtlich befindet sich die Krustenflechte nicht mehr in einem für sie optimalen (sauren) pH-Bereich und stirbt verstärkt ab. Empfindlichere Flechten sind jedoch noch nicht auf den beobachteten Baumstämmen vertreten. Nach einer in der Vergangenheit weitgehenden Verdrängung anspruchsvoller Epiphyten verläuft anscheinend der Rückwärtigerungsprozess nur sehr verzögert ab.

Abb. 46: Laubflechte (*Hypogymnia physodes*) auf Bergahorn nahe der Level-II-Fläche Klingenthal (westliches Erzgebirge)



Epiphytische Moose und Flechten auf Level-II-Flächen

Als Ergänzung zu den vegetationskundlichen Aufnahmen (vgl. Abb. 45a) wurden – zur Dokumentation eines Zusammenhangs zwischen dem Auftreten epiphytischer Moose und Flechten und der lufthygienischen Situation – auf den Level-II-Flächen an jeweils sechs Baumschäften spezielle Dauerbeobachtungsquadrate angelegt (vgl. Abb. 45b) und 1998 erstmals ausgewertet [18]. Insgesamt konnten elf epiphytische Moose und fünf Flechten nachgewiesen werden, die alle eine hohe Toleranz gegenüber Luftverunreinigungen und eine Präferenz für saure Substrate aufweisen (vgl. Tab. 13, Anhang). Nur die hoch toxische

und Reaktionszahl) als Kriterium für die Luftschadstoffbelastung, so sind in Klingenthal, insbesondere durch das Vorkommen der Laubflechte *Hypogymnia physodes* (vgl. Abb. 46) sowie in Colditz durch die Beobachtung von Laubflechten in der Umgebung, die relativ günstigsten Bedingungen anzutreffen. Die vergleichsweise hohe Artenzahl in Colditz ist neben den geringeren Luftschadstoffeinträgen auch auf die besseren natürlichen Bedingungen der Eichenborke (Struktur und pH-Wert) zurückzuführen.

Anhand der Folgeaufnahme der epiphytischen Dauerbeobachtungsflächen im Jahr 2001 ergibt sich, dass bis auf die Fläche Bautzen die Deckungsgrade der Krustenflechte überall abgenommen haben. (Die abweichende Entwicklung auf der Fläche Bautzen ist vermutlich auf einen benachbarten Durchforstungseingriff der vergangenen Jahre und die damit veränderten Lichtverhältnisse zurückzuführen.) Dies kann auf die in den letzten Jahren verbesserte Luftqualität zurückgeführt werden. Offensichtlich befindet sich die Krustenflechte nicht mehr in einem für sie optimalen (sauren) pH-Bereich und stirbt verstärkt ab. Empfindlichere Flechten sind jedoch noch nicht auf den beobachteten Baumstämmen vertreten. Nach einer in der Vergangenheit weitgehenden Verdrängung anspruchsvoller Epiphyten verläuft anscheinend der Rückwärtigerungsprozess nur sehr verzögert ab.

Bodenschutzkalkung

Nach dem Auftreten von Vergilbungen an Fichtenbeständen im Westerzgebirge um 1980/82 („neuartige Waldschäden“) erfolgten dort 1986 erste Bodenschutzkalkungen mit Aufwandmengen von 2,5 t/ha. Inzwischen wurden von 1991 bis 2001 auf insgesamt 186 Tha Waldfläche aller Eigentumsarten – vor allem im Mittelgebirge – kohlen-saure Magnesiumkalke in standortsabhängigen Dosierungen (3,5–4,5 t/ha) und Zeitabständen (6–10 Jahre) ausgebracht. Das entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Kalkungsfläche von 16,6 Tha/a im betrachteten 12-Jahres-Zeitraum. (vgl. Abb. 47)

Abb. 47: Flächenumfang forstlicher Bodenschutzkalkungen in Sachsen 1991–2002

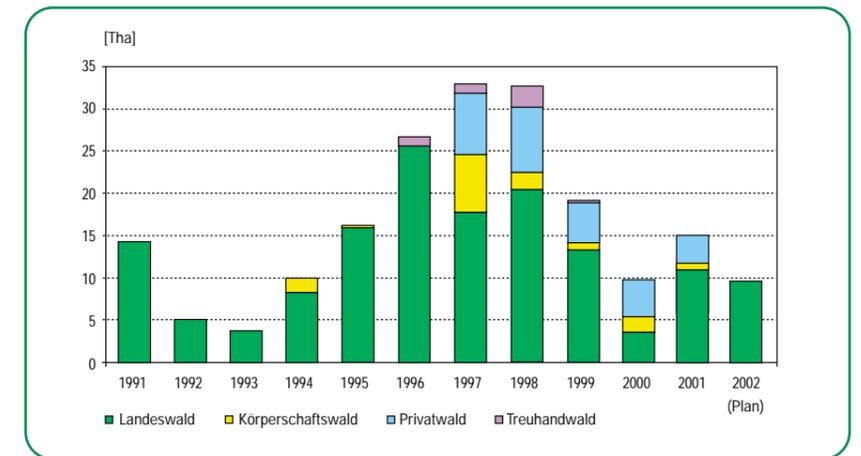


Abb. 48: Wirkungen und Risiken von Bodenschutzkalkungen (vereinfachte schematische Darstellung)

$[CaCO_3 * MgCO_3]$	+	$2 [2 H^+ + SO_4^{2-}]$	→	Ca^{2+} und Mg^{2+}	+	$2 H_2O$ und CO_2	+	$2 SO_4^{2-}$
Kohlensaurer Magnesiumkalk	+	Schwefelsäure	→	Erdalkali-Kationen = Nährstoffe	+	HCO_3^- -Anion = »Säurefänger«	+	SO_4^{2-} -Anion = »Kationenschlepper«
Wirkungen nach Umsetzen des Kalkes								
Ca^{2+} und Mg^{2+} <ul style="list-style-type: none"> Anreicherung im Humus und Oberboden Verlagerung mit dem Sickerwasser Minderung des Versauerungsgrades der Bodenlösung Eintausch von Ca und Mg gegen Kationensäuren am Sorptionskomplex (AKE) 				SO_4^{2-} <ul style="list-style-type: none"> Auswaschung, ggf. temporäre Festlegung HCO_3^- <ul style="list-style-type: none"> Pufferung eingetragener und gespeicherter Säure (»Altlast«) pH-Anstieg im Humus und Oberboden <ul style="list-style-type: none"> Fixierung von Schwermetallen Aktivierung des mikrobiellen Stoffumsatzes, Freisetzung von Nährstoffen Förderung der Wurzelbildung, Ernährung und Benadelung der Bäume Förderung der Bodenvegetation (Kräuter) <ul style="list-style-type: none"> Einbindung der Nährstoffe Ausbildung biologisch aktiver Humusformen und geschlossener Stoffkreisläufe Verlagerung mit dem Sickerwasser <ul style="list-style-type: none"> Neutralisierung freigesetzter Bodensäure Verminderte interne Säureproduktion 				
Risiken entstehen, wenn die Kalkungen: <ol style="list-style-type: none"> auf falschen Waldflächen, 2. mit ungeeigneten Kompensationsmitteln, 3. zu ungeeigneten Zeiten erfolgen. Sie bestehen in: <ol style="list-style-type: none"> der abrupten Reaktion des Kalkes mit dem Humus und der daraus resultierenden Freisetzung, Verlagerung und einem eventuellen Aus-trag von Nitrat und Schwermetallen und der Schädigung von Insekten bei feinen, trockenen Kalken. Die Risiken der Kalkung sind gegenüber den ökologischen Gefahren des »Nichtstuns« abzuwägen und durch fachgerechte Planung, Durchführung und Kontrolle zu minimieren.								

Bodenschutzkalkungen lösen im Ökosystem Wald eine Vielzahl miteinander vernetzter Reaktionen aus, die auf den Schutz des Waldbodens, seiner Bestockung sowie waldbürtiger Gewässer abzielen, die aber auch nicht ohne Risiken sind (vgl. Abb. 48).

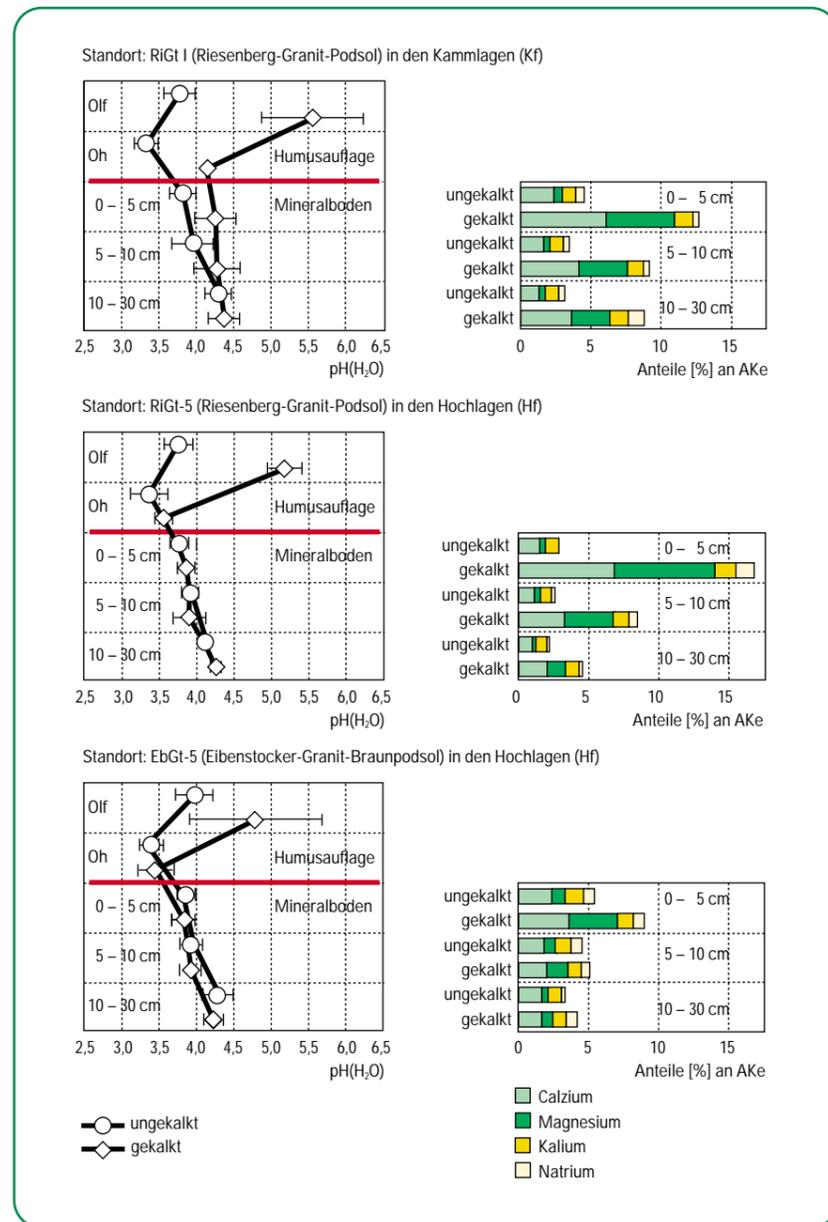
Ihre Planung, Durchführung und Kontrolle erfolgen deshalb unter strenger Beachtung der flächenbezogenen Waldfunktion, Standortausstattung und Bestandessituation sowie der Ergebnisse aus dem forstlichen Umweltmonitoring nach den im »Leitfaden Forstliche Bodenschutzkalkung in Sachsen« [10] verbindlich festgelegten Regeln.

Durch die Sächsische Landesanstalt für Forsten wurden an ungekalkten und mehrfach gekalkten Fichtenaltbeständen über Granitstandorten im SaFA Klingenthal die Auswirkungen der Kalkung auf Auflage-Humus, Boden, Bestand und Bodenvegetation vergleichend geprüft. Nährstoffarme, bereits von Natur aus saure Granit-Braunerden bzw. -Podsole nehmen allein dort 44 % der insgesamt 7 720 ha umfassenden Waldfläche ein. Granitböden werden darüber hinaus im gesamten Westerzgebirge überwiegend forstlich genutzt und tragen meist Fichtenbestände. Die Untersuchungen wurden auf 3 verschiedenen Standorten mit je einer gekalkten und einer ungekalkten Variante, also in insgesamt 6 Waldbeständen, durchgeführt. In jedem Bestand gibt es wiederum 4 Probepunkte (vgl. Tab. 14a, b, Anhang).

Im Auflage-Humus und oberen Mineralboden bewirken Kalkungen mit 7–11 t/ha innerhalb von 5–10 Jahren eine nur moderate, lokal und zeitlich beschränkte Aziditätsminderung (max. pH = 5,5; vgl. Abb. 49a–f). Angesichts der jahrzehntelang gespeicherten hohen Mengen an Säure (Altlast) und der bis 1996/97 andauernden massiven Einträge bleibt die Neutralisationswirkung verständlicherweise begrenzt. Die Basensättigung (relative Anteile von Ca, Mg, K, Na an der effektiven Austausch-Kapazität) steigt dagegen bis in 30 cm Tiefe an (maximal auf 17 %) und unterscheidet sich deutlich von dem extrem niedrigen »eisernen Bestand« (3–5 %) der ungekalkten Böden. Dieser Anstieg durch Eintausch von Kalzium und Magnesium erhöht das Puffervermögen und die Erdalkali-Vorräte der Böden.

Mit 12–16 kg/ha sind die austauschbaren Magnesium-Vorräte im ungekalkten Mineral-

Abb. 49a–f: $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Wert (Mittelwert mit 5%-Konfidenzintervall) und relative Anteile basischer Kationen an der Austauschkapazität (AKE=100 %) im Auflagehumus bzw. Oberboden der Fichtenbestände



boden bis 30 cm Tiefe äußerst gering und mehrfach niedriger als die im Auflage-Humus festgelegten Mengen (45–90 kg/ha, vgl. Abb. 50a, b). Das unterstreicht einerseits die Notwendigkeit, das Humuskapital bei allen Wirtschaftsmaßnahmen sorgsam zu bewahren. Andererseits werden die Nährstoffe für die Pflanzen erst durch mikrobielle Stoffumsätze verfügbar. Diese sind jedoch wegen der niedrigen pH-Werte (3,4–4,0) stark gehemmt und zudem witterungsabhängig. Als Folge der Kalkungen erhöhen sich die Mg-Vorräte im Mineralboden um das 2- bis 7fache (35–85 kg/ha), in

der Humusaufgabe (500–900 kg/ha) um das 6- bis 20fache. Die Kalzium-Vorräte (120–200 bzw. 55–75 kg/ha im ungekalkten Humus bzw. Boden) steigen durch die Kalkungen um das 6–18fache bzw. etwa das Doppelte an, während sich die Kalium-Vorräte trotz des überproportionalen Erdalkali-Angebotes nicht verändern. Die optimale Stickstoff- und Phosphor-Ernährung und die nur eine schwache Belastung anzeigende Schwefel-Ernährung der Fichtenbestände werden von den Kalkungen nur marginal beeinflusst.

Abb. 50a, b: Einfluss von Bodenschutzkalkungen auf den Magnesium-Vorrat im Humus und Oberboden der Fichtenbestände

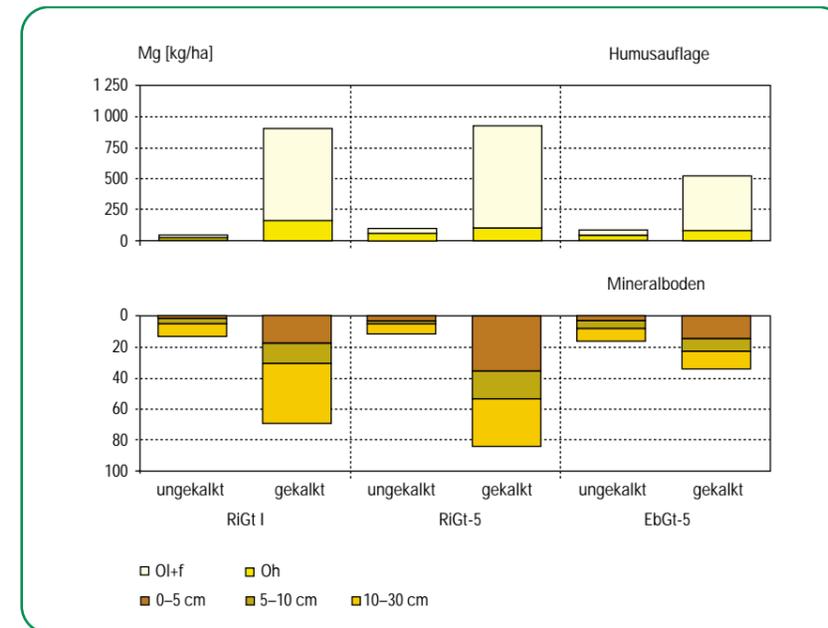
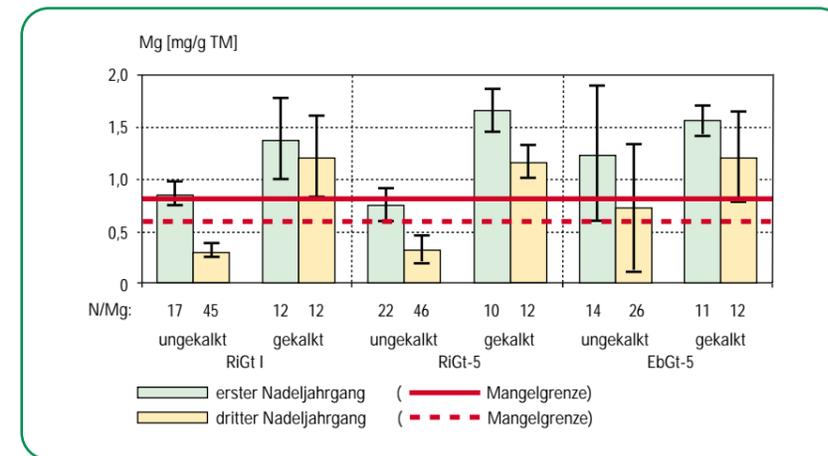


Abb. 51: Einfluss von Bodenschutzkalkungen auf die Magnesium-Gehalte und N/Mg-Quotienten 1- und 3-jähriger Nadeln der Fichtenbestände



Gleiches gilt trotz des hohen Erdalkali-Angebotes für die Kalzium- und Kalium-Versorgung. Ein ernährungsrelevanter Antagonismus der Elemente Kalzium und Magnesium zu Kalium blieb also aus. Extreme Ernährungsdefizite bestehen dagegen beim Magnesium. Die niedrigen bzw. nur eingeschränkt freisetzbaren Vorräte im Boden bzw. der organischen Auflage gewährleisten zwar eine schwache, gerade noch ausreichende Versorgung der 1-jährigen Nadeln. Die Gehalte für 3-jährige Nadeln liegen dagegen im akuten bzw. latenten Mangelbereich (vgl. Abb. 51). Daraus resultieren

Ungleichgewichte zwischen der Stickstoff- und Magnesium-Ernährung (N/Mg-Quotient = 26–46), die den pflanzlichen Stoffwechsel stark beeinträchtigen. Diese Ernährungsstörungen sind so massiv, dass sie als Mg-Mangelchlorosen (Vergilbung) mit bloßem Auge sichtbar werden (vgl. Abb. 52a, b). Das durch die Kalkungen verbesserte Magnesium-Angebot bewirkt über entsprechende Mehraufnahmen in beiden Nadeljahrgängen eine optimale Magnesium-Ernährung der Fichten mit harmonischen N/Mg-Relationen (vgl. Abb. 51), einen Rückgang der Vergilbung sowie eine insgesamt

Abb. 52a, b: Kronenzustand von ungekalkten und gekalkten Fichtenbeständen im Herbst 2001

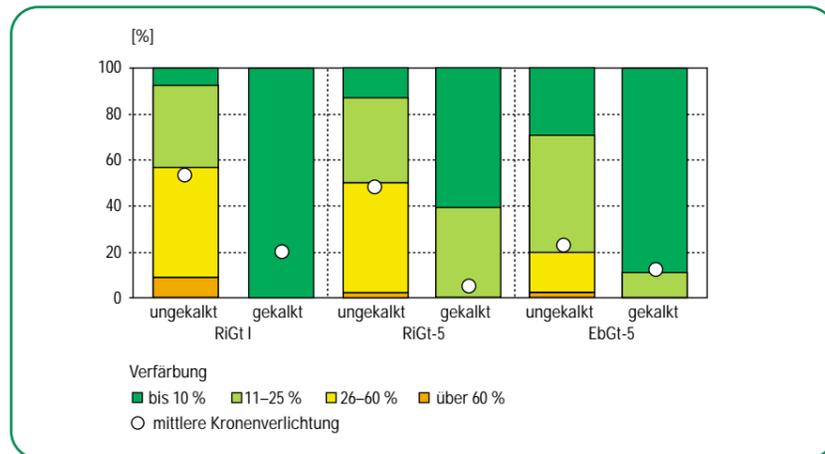


Standorte. Andererseits nehmen die meist krautigen, edaphisch anspruchsvolleren Pflanzen ausgebrachte und mineralisierte Nährstoffe auf, bewahren sie so vor der Auswaschung und schleusen sie über ihre eiweiß- sowie erdalkalireiche Streu dauerhaft in den Stoffkreislauf ein [2]. Auch andere waldbauliche Maßnahmen – wie Durchforstungen, Voranbau und Unterbau – haben einen Florenwandel zur Folge. Er ist also kein Spezifikum der Kalkung. Solange dieser Florenwandel sich in Richtung bzw. im Rahmen der standortstypischen Vegetation [9] bewegt, korrigiert er nur die Verluste durch langjährige Reinbestandes-Altersklassen-Wirtschaft und Säureeinträge. Spezielle naturschutzfachliche Gesichtspunkte werden bereits bei der Auswahl der Kalkungsflächen durch Abfrage der Waldfunktion berücksichtigt.

Die mit 6–10 Arten in der Moos- und 11–14 Arten in der Krautschicht erwartungsgemäß artenarme Bodenvegetation unter Fichte in den Kamm- und Hochlagen nahm kalkungsinduziert nur in der Krautschicht zu. Ein Vergleich des Sommeraspektes (Juli 2001) auf den je 3 ungekalkten bzw. gekalkten Granitstandorten macht dabei unterschiedliche Reaktionen der einzelnen Pflanzen auf die Kalkung deutlich (vgl. Tab. 15, Anhang):

- Ausfall: 8 Arten, hauptsächlich (Stark-) Säureanzeiger, treten nicht auf gekalkten Flächen auf
- Abnahme: 6 Arten sind nur vermindert auf gekalkten Flächen zu finden
- Zunahme: 13 Arten sind auf gekalkten Standorten häufiger als auf ungekalkten, dabei dominieren Kräuter und Störanzeiger, die ein höheres Nährstoffangebot anzeigen.
- Neubesiedlung: ausschließlich auf gekalkten Flächen kommen 32 Arten vor.

Abb. 53: Kronenverlichtung und -vergilbung von ungekalkten und gekalkten Fichtenbeständen im Jahr 2000



Die Veränderungen sind zwar nicht durch vorausgehende Erst-Aufnahmen belegt, wohl aber dann wahrscheinlich, wenn sie über wenigstens 2 der insgesamt 3 Standorte ausgewiesen werden. Generell betreffen aber alle Veränderungen nahezu ausschließlich Pflanzen mit geringer Artmächtigkeit (+, r, selten 1, 2). Ihr Verhalten ist erwartungsgemäß auch nicht allein aus der Reaktionszahl (Säureweiser) erklärbar. Für 22 Arten war keine eindeutige Reaktion auf die Kalkung erkennbar (indifferent). Von ihnen prägen Wollreitgras, Drahtschmiele, Heidelbeere, Siebenstern, Harzlabkraut, Gabelzahn-, Kranzmoos u. a. mit hoher Artmächtigkeit (außer Moose) auf 95–100 % aller Erhebungsflächen als standortstypische Pflanzen des Wollreitgras-Fichtenwaldes der feuchten Kamm- und Hochlagen nach wie vor die Bodenvegetation der ungekalkten und gekalkten Granitbodenformen.

Insgesamt zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass die beabsichtigte Stabilisierung der Fichten-Forst-Ökosysteme durch wiederholte Bodenschutzkalkungen erreicht wurde, ohne die Granitstandorte bodenchemisch sowie floristisch zu überprägen bzw. zu nivellieren und Ernährungsungleichgewichte zu induzieren. Mg-Mangelchlorosen an anderen ungekalkten Fichtenbeständen (z. B. im FA Eibenstock und Zittauer Gebirge [15]) sowie der 1995 bis 1999/2001 unverändert latente Mg-Mangel in 3-jährigen Nadeln der kalkungsunbeeinflussten Fichtenbestände der Level-II-Flächen Cunners-

dorf (Lehmsandstein) und Bautzen (Granodiorit) verdeutlichen, dass die Kalkungen trotz sinkender Säureeinträge fortgesetzt werden müssen. Die landesweit nur mäßigen bis mittleren, überwiegend in die Humusaufgabe eingebundenen Mg-Vorräte [13] gewährleisten allein vielerorts keine stabile Mg-Ernährung der Bestände. Außerdem verlieren die Böden durch Mobilisierung und Austrag der langfristig gespeicherten Schwefel-Vorräte noch immer Nährstoffkationen. Gleiche Folgerungen hinsichtlich der bisher ausbleibenden Regeneration und der Notwendigkeit weiterer Kalkungen sind aus Untersuchungen im Fichtelgebirge bekannt [11]. Angesichts einer deutlichen Abnahme der Basensättigung auf typischen sächsischen Waldstandorten allein zwischen 1960/70 und 1999 [15] ist die Kompensationskalkung kein widernatürlicher Eingriff, sondern vielmehr ein Ausgleich für erlittene Verluste der standortsspezifischen Bodenfruchtbarkeit, den es durch andere waldbauliche Maßnahmen (Waldumbau, Förderung von [Weich-]Laubhölzern, meliorative Pflanzplatzkalkung, ...) langfristig biologisch zu stabilisieren gilt. Das bietet zugleich die Chance für eine Einbindung von Stickstoff und Kohlenstoff in den Stoffkreislauf und in ökologisch günstige Mineralboden-Humusformen.

Waldzustand im tschechischen Erzgebirge

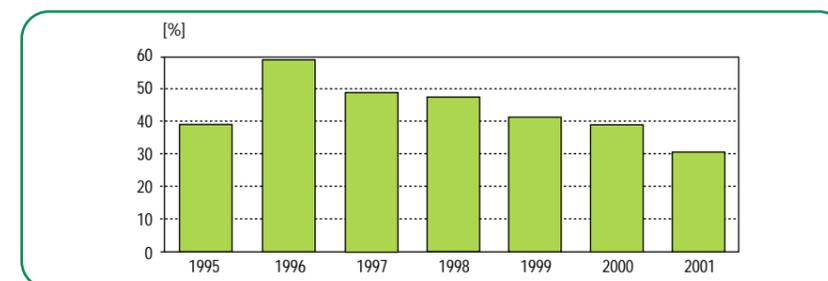
Seit 1996 hat sich der Waldzustand im tschechischen Teil des Erzgebirges dynamisch entwickelt. Im Frühjahr 1996 wurden akute, durch Immissionen verursachte Schäden an den Fichtenbeständen beobachtet. Derartige Symptome zeigten sich auf etwa 10 000 ha der Waldbestände im östlichen Teil des tschechischen Erzgebirges. In den Folgejahren unterschied sich die Entwicklung des Waldzustandes im östlichen Teil, vom Klinovec (Keilberg) bis Teplice (Teplitz-Schönau), stark von der im westlichen Teil, zwischen Cheb (Eger) und dem Klinovec (Keilberg).

Im Osterzgebirge wurden 1997 bedeutende Schäden an Birken beobachtet. Sie sind auf den Einfluss meteorologischer Faktoren auf diese Ersatzbestockungen zurückzuführen, die zudem unter langjährigen Stressbedingungen herangewachsen sind. Das Ausmaß der Schäden nahm im Weiteren leicht zu und stabilisierte sich im Jahr 2000. Bis dahin war die Birke bereits auf 2 550 ha (reduzierte Fläche) abgestorben.

Im Gegensatz zur Birke hat sich der Gesundheitszustand der im Winter 1995/96 geschädigten Fichtenbestände allmählich verbessert. Die durchschnittliche Kronenverlichtung der jungen, 20- bis 40-jährigen Fichtenbestände betrug im Jahr 2001 31 % und variierte dabei von 17 bis 50 % auf den einzelnen Beobachtungsflächen. Der Vergleich der Kronenverlichtung der letzten Jahre verdeutlicht (vgl. Abb. 54), dass der Gesundheitszustand der jungen Fichtenbestände heute vergleichbar ist mit dem Zustand vor dem Winter 1995/96.

Im nordöstlichen Teil des tschechischen Erzgebirges wurden 2001 örtlich Farbveränderungen (Vergilbungen) an Einzelfichten bzw. Fichtengruppen festgestellt, die denen im westlichen Teil des Gebirges ähneln und mit mangelhafter Mg-Ernährung verbunden sind.

Abb. 54: Durchschnittliche Kronenverlichtung der jungen Fichtenbestände

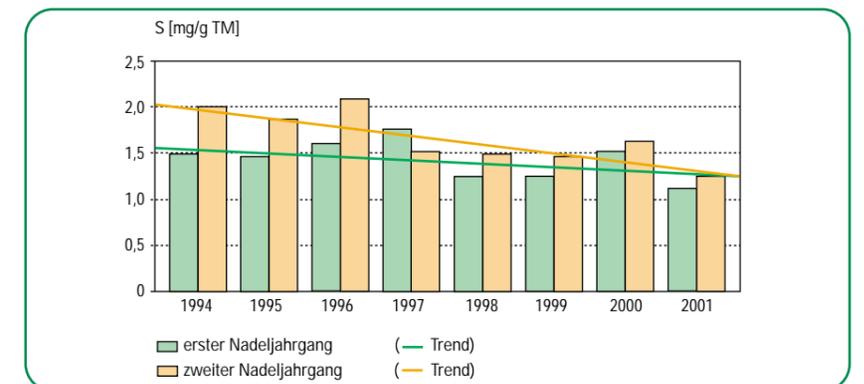


Die durchgeführten Nadelanalysen verdeutlichen eine abnehmende Schwefelanreicherung im ersten und besonders im zweiten Nadeljahrgang (vgl. Abb. 55). Die Schwefelbelastung der Fichtenbestände auf dem Kamm des Erzgebirges hat sich also verringert. Ein gleicher Trend zeichnet sich beim Fluorgehalt der Nadeln ab.

Im tschechischen Osterzgebirge war die Nährstoffversorgung der Fichtenbestände im Jahr 2001 gut. Im Vergleich zum Vorjahr verringerten sich die Nadelspiegelwerte für Stickstoff bei mangelreicher, aber leicht verringerter Phosphorversorgung. Auch die Mg- und Ca-Gehalte waren niedriger als 2000 bzw. vergleichbar. Der mittlere Mg-Gehalt in den Nadeln ging zurück und lag in einigen Regionen leicht unter der Mangelgrenze. Im westlichen Teil des Erzgebirges war der

on Horni Blatna (Bergstadt Platten), umfangreiche Nadelvergilbungen an Fichte beobachtet. Diese waren verbunden mit einem Defizit an basischen Elementen, insbesondere Mg und Ca in den Nadeln und im Waldboden. Den Nadelchlorosen folgte im Frühjahr 2000 in verschiedenen Gebieten das Austrocknen und Abfallen der älteren Nadeljahrgänge. Die Vitalitätsverschlechterung überschritt die Schwelle, in der Bäume noch in der Lage sind, sich natürlich zu regenerieren. An einigen Stellen droht die Gefahr der Auflichtung bis hin zur Auflösung von Beständen. Die Ursache der Schäden sind langjährige Säureeinträge (S, N u.s.w.) in Waldböden sowie Nahr-elementauswaschungen (Mg, Ca, K). Nadelanalysen geschädigter Bestände belegen die unzureichende Versorgung mit Mg, Ca und Zn.

Abb. 55: Mittlerer Schwefelgehalt im ersten und zweiten Nadeljahrgang bei Gemeiner Fichte (1994–2001) im nordöstlichen Teil des tschechischen Erzgebirges



Schadstoffeintrag in der Vergangenheit nicht so bedeutsam wie im östlichen Teil. Der Gesundheitszustand des Waldes war deutlich besser und umfangreiche Sanitärhiebs mussten weniger häufig durchgeführt werden. Dieser Zustand war typisch bis zum Ende der Neunziger Jahre. 1999 wurden im Westteil des Erzgebirges, in der Regi-

Sehr geringe Vorkommen dieser Elemente wurden auch in Waldböden nachgewiesen.

Im Jahr 2000 wurden deshalb – auf Grundlage einer Entscheidung der tschechischen Regierung – mit Kalkungen und Mg-Düngungen der Waldbestände begonnen. Die Kalkungsfläche betrug 10 007 ha (2000) bzw. 7 216,77 ha (2001). Die Kalkungsfläche 2001 unterteilt sich in folgende Waldeigentumsarten:

- Staatswald 6 235,10 ha
- Kommunalwald 702,43 ha
- Privatwald 279,24 ha

Eingesetzt wurde dolomitischer Kalk mit einem Mindestgehalt an MgO von 17,4 % (= 10,5 % Mg) und einer Korngröße bis zu 2 mm. Die Kalkung erfolgte von Juli bis Oktober 2001 in einer Dosierung von 3 t/ha sowohl aus der Luft als auch vom Boden aus.

Tabellen

Tab. 1: Kurzbeschreibung zu den Forstlichen Dauerbeobachtungsflächen

Name DBF/ Forstamt	Wuchsgebiet	Geologie	Höhe (m)	Bestand/ Alter 2002	Betrieb seit
Klingenthal	Erzgebirge	Eibenstocker Granit	840	Fichte/ 78 Jahre	07/1993
Olberrnau	Erzgebirge	Grauer Gneis	720	Fichte/ 111 Jahre	10/1994
Cunnersdorf	Elbsandstein- gebirge	Quadersandstein mit Lösslehm	440	Fichte/ 98 Jahre	07/1993
Neukirch (ehem. Bautzen)	Oberlausitzer Bergland	Lausitzer Granodiorit	440	Fichte/ 87 Jahre	07/1995
Laußnitz	Düben-Nieder- lausitzer Bergland	diluvialer Decksand	170	Kiefer/ 92 Jahre	10/1994
Colditz	Sächs.-Thüring. Löss-Hügelland	Lösslehm	185	Eiche/ 49 Jahre	07/1995
Bad Schandau / Nationalpark Sächs. Schweiz	Elbsandstein- gebirge	Basalt und Quader- sandstein mit Lösslehm	260	Buche/ 48 Jahre	09/1998
Altenberg	Erzgebirge	Rhyolith	750	Fichte/ 96 Jahre	05/2000

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

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

deutlich geschädigt

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

Baumart/ Baumartengruppe	Aktuelle Verteilung	Stich- probe	Altersklasse					
			bis 20	21-40	41-60	61-80	80-100	>100
Fichte	42,6	43	9	12	24	18	21	16
Kiefer	30,1	31	14	18	27	17	10	14
Sonstige Nadelbäume	5,6	5	53	23	13	4	3	4
Buche	3,1	3	0	13	24	15	8	40
Eiche	5,1	5	5	10	14	8	16	47
Sonstige Laubbäume	13,5	13	17	14	39	12	9	9
Alle Baumarten	100,0	100	13	15	26	16	14	16

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

Baumart/ Baumartengruppe	Fläche [ha]	Schadstufe				
		0 ohne Schad- merkmale	1 schwach geschädigt	2 mittelstark geschädigt	3 und 4 stark geschädigt/ abgestorben	2 bis 4 deutlich geschädigt
Fichte	204 177	47	37	15	1	16
bis 60 Jahre	93 641	72	22	6	0	6
über 60 Jahre	110 536	25	50	23	2	25
Kiefer	147 771	42	44	13	1	14
bis 60 Jahre	87 573	53	37	10	0	10
über 60 Jahre	60 198	26	54	19	1	20
Sonstige Nadelbäume	22 342	67	25	7	1	8
Nadelbäume	374 290	46	39	14	1	15
Buche* ¹	11 860	35	40	25	0	25
Eiche	22 273	13	56	29	2	31
Sonstige Laubbäume	61 577	25	48	25	2	27
Laubbäume	95 710	23	49	26	2	28
Alle Baumarten	470 000* ²	41	41	17	1	18
bis 60 Jahre	255 480	56	32	11	1	12
über 60 Jahre	214 520	24	52	23	1	24

*1 keine gesicherte Aussage *2 Fläche ohne Nichtholzboden

Tab. 5, 6, 7: Häufigkeit (%) des Auftretens von Nadel-/Blattvergilbungen, Insekten- und Pilzbefall und Blüte/Fruktifikation nach Intensitätsstufen

Baumart/ Baumartgruppen	Anteil vergilbter Nadeln/Blätter			Insektenbefall / Pilzbefall			Blüte bzw. Fruktifikation* ³		
	11-25 %	26-60 %	> 60 %	gering	mittel	stark	gering	mittel	stark
Fichte	2	0	0	1/1	0/0	0/0	1/1	0/0	0/0
Kiefer	0	0	0	1/0	0/0	0/0	47/49	20/31	5/9
Sonst. Nadelbäume	3	1	0	4/0	2/0	0/0	8/25	2/3	0/3
Buche	1	0	0	6/3	0/1	0/0	10/11	9/13	6/8
Eiche	1	0	0	13/4	2/2	0/0	6/7	2/3	0/0
Sonstige Laubbäume	2	1	0	8/0	1/0	0/0	12/13	6/13	3/8
Alle Baumarten	1	0	0	2/1	1/0	0/0	18/16	8/11	2/4

*3 erster Wert = alle Alter/zweiter Wert = über 60 Jahre

Tab. 8: Baumartenverteilung der Stichprobe in den Wuchsgebieten (Angaben in %)

Wuchsgebiet	Ges.	- 60	> 60	Fichte	Kiefer	Sonstige Nadelbäume	Buche	Eiche	Sonstige Laubbäume
14* Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland	30	62	38	3	82	0	0	3	12
15* Düben-Niederlausitzer Altmoränenland	3	38	62	0	0	5	0	26	69
23* Sachsen-Anhaltinische Löss-Ebenen	6	50	50	20	19	5	1	15	40
24* Leipziger Sandlöss-Ebene	2	86	14	69	1	13	1	11	5
25* Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland	10	57	43	26	32	0	6	13	23
26* Erzgebirgsvorland	5	39	61	68	14	4	1	6	7
27 Westlausitzer Platte und Elbtalzone	11	59	41	52	16	17	6	1	8
28 Lausitzer Löss-Hügelland	33	47	53	84	1	6	3	1	5
44* Vogtland	100	54	46	43	31	5	3	5	13

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

Tab. 9: Schadstufenverteilung in den Wuchsgebieten (Angaben in %)

Wuchsgebiet	Baumart/Alter	Schadstufen		
		0	1	2 bis 4
14* Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland	alle	39	44	17
15* Düben-Niederlausitzer Altmoränenland	Kiefer	43	42	15
23* Sachsen-Anhaltinische Löss-Ebenen	keine Aussage möglich			
24* Leipziger Sandlöss-Ebene	keine Aussage möglich			
25* Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland	alle	21	60	19
26* Erzgebirgsvorland	keine Aussage möglich			
27 Westlausitzer Platte und Elbtalzone	alle	45	41	14
28 Lausitzer Löss-Hügelland	alle	45	41	14
46 Elbsandsteingebirge	alle	38	43	19
47 Oberlausitzer Bergland	Fichte	30	49	21
48 Zittauer Gebirge	Fichte	30	49	21
44* Vogtland	alle	62	28	10
45 Erzgebirge	Fichte	62	30	8
	bis 60 Jahre	44	37	19
	über 60 Jahre	74	19	7
	alle	22	50	28
	über 60 Jahre	43	37	20
Sachsen	bis 60 Jahre	68	22	10
	über 60 Jahre	22	50	28
Sachsen	alle	41	41	18

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

Tab. 10: Ausgewählte statistische Parameter der luftchemischen Untersuchungen (Passivsammler) an sächsischen Level-II-Standorten (BG = Untere Bestimmungsgrenze – Werte unterhalb der BG werden für Auswertungen vereinbarungsgemäß auf 0,5 BG gesetzt)

Parameter [µg /m³]	NH ₃	NO ₂	O ₃	SO ₂
10 %-Perzentil	0,3	3,8	34	1,4
Median	0,9	7,2	54	3,0
Mittelwert	1,0	7,7	54	4,1
98 %-Perzentil	2,8	21,0	77	12,0
Anzahl Werte (n)	72	71	71	72
BG	0,3	0,1	2	0,2

Tab. 11: Die häufigsten Arten in der Kraut- und Mooschicht, Anzahl des Auftretens in den Aufnahmeflächen sowie ihre mittlere Deckung (mD); Aufnahmejahr 2000

Artnamen, wissenschaftlich	Artnamen, deutsch	Anzahl Flächen	Deckung*	mD (%)
Gefäßpflanzen				
<i>Deschampsia flexuosa</i>	Drahtschmiele	27	1-4	25,4
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Heidelbeere	27	1-4	15,7
<i>Picea abies</i>	Gemeine Fichte	27	+ -3	8,1
<i>Calamagrostis villosa</i>	Wolliges Reitgras	26	1-5	41,3
<i>Dryopteris dilatata</i>	Breitblättriger Dornfarn	26	+ -2b	6,1
<i>Sorbus aucuparia</i>	Eberesche	24	+ -2m	2,3
<i>Epilobium angustifolium</i>	Wald-Weidenröschen	23	+ - 2m	2,8
<i>Urtica dioica</i>	Grosse Brennnessel	21	+ -2a	2,7
<i>Galim hircynicum</i>	Harz-Labkraut	20	+ -2b	3,9
<i>Senecio fuchsii</i>	Fuchs-Kreuzkraut	18	+ -3	7,0
<i>Epilobium montanum</i>	Berg-Weidenröschen	17	+ -2m	1,9
<i>Rubus idaeus</i>	Himbeere	16	+ -2b	1,8
<i>Digitalis purpurea</i>	Roter Fingerhut	15	+ -2m	1,0
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	Gemeiner Löwenzahn	13	+ -1	0,5
<i>Oxalis acetosella</i>	Wald-Sauerklee	12	1-4	7,8
<i>Carex pilulifera</i>	Pillen-Segge	12	+ -2m	0,8
<i>Stellaria media</i>	Vogel-Miere	11	+ -2m	1,1
<i>Trientalis europaea</i>	Europäischer Siebenstern	10	1-2m	1,5
<i>Mycelis muralis</i>	Mauerlattich	10	+ -2m	0,9
Moose				
<i>Plagiothecium laetum</i> var. <i>Curvifolium</i>	Glänzendes Plattmoos	24	+ -2b	6,2
<i>Polytrichum formosum</i>	Wald-Bürstenmoos	23	+ -2b	5,3
<i>Lophocolea heterophylla</i>	Verschiedenblättriges Kammkelchmoos	23	1-2m	3,7
<i>Pohlia nutans</i>	Nickendes Pohlmoos	22	1-2b	4,2
<i>Tetraphis pellucida</i>	Durchsichtiges Georgsmoos	21	+ -2m	3,4
<i>Dicranella heteromalla</i>	Kleingabelzahnmoos	20	+ -2m	2,8
<i>Cephalozia bicuspidata</i>	Zweispitziges Kopfsprossmoos	19	+ -2m	2,7
<i>Dicranum scoparium</i>	Besen-Gabelzahnmoos	18	1-2b	4,3
<i>Brachythecium salebrosum</i>	Glattstieliges Kurzbüchsenmoos	18	1-2b	3,5
<i>Brachythecium oedipodium</i>	Dünnes Kurzbüchsenmoos	15	1-2b	4,9
<i>Lophocolea bidentata</i>	Zweizähnes Kammkelchmoos	14	1-3	4,4
<i>Lepidozia reptans</i>	Kriechendes Schuppenzweigmoos	14	1-2m	1,9
<i>Mnium hornum</i>	Schwannenhals-Sternmoos	13	+ -2m	1,7
<i>Ceratodon purpureus</i>	Purpurrotes Hornzahnmoos	13	+ -2m	1,8
<i>Hypnum cupressiforme</i>	Zypressen-Schlafmoos	12	+ -2m	1,4
<i>Calypogeia muelleriana</i>	Müllers Bartkelchmoos	12	+ -2m	1,5
<i>Brachythecium velutinum</i>	Samt-Kurzbüchsenmoos	12	+ -2m	1,4
<i>Brachythecium starkei</i>	Berg-Kurzbüchsenmoos	12	1-2b	2,6
<i>Sharpiella seligeri</i>	Schlesisches Stumpenmoos	11	1-2m	1,3
<i>Plagiothecium undulatum</i>	Gewelltes Plattmoos	11	1-2b	2,4

* Kombinierte Abundanz-Dominanz-Skala nach BRAUN-BLANQUET (erweitert durch WILMANN, 1989) und transformierte Deckungsgrade in Prozent (nach CONRAD, 2002)

Deckung Prozentwert
r - 1 Individuum 0,01
+ - 2-5 Individuen 0,5
1 - 6-50 Individuen, Deckung < 5 % 3
2m - Individuenzahl beliebig, Deckung < 5 % 5
2a - Individuenzahl beliebig, Deckung 5-12,5 % 10
2b - Individuenzahl beliebig, Deckung 12,5-25 % 15
(2) - (Individuenzahl beliebig, Deckung 5-25 %) 3
3 - Individuenzahl beliebig, Deckung 25-50 % 37,5
4 - Individuenzahl beliebig, Deckung 50-75 % 62,5
5 - Individuenzahl beliebig, Deckung 75-100 % 87,5

Tab. 12: Mittlere Zeigerwerte der Vegetationsaufnahmen 1992 (n = 6) und 1996/97 (n = 22) im Vergleich zu den entsprechenden Flächen 2000 (* – signifikant, ** – hoch signifikant, *** – höchst signifikant verschieden von der Aufnahme 1992 bzw. 1996/96)

Zeigerwerte*	1992	2000	1996/97	2000
Mittlere Lichtzahl	5,9	5,8	5,6	5,8
Mittlere Temperaturzahl	4,1	4,5***	4,1	4,4*
Mittlere Kontinentalitätszahl	3,2	3,6	3,7	3,5
Mittlere Feuchtezahl	6,7	5,6***	6,5	5,7***
Mittlere Reaktionszahl	2,1	3,9***	2,6	3,7***
Mittlere Stickstoffzahl	2,7	5,1***	3,3	5,2***

* Zeigerwerte: 1 = geringstes Ausmaß...9 = größtes Ausmaß

Tab. 13: Vorkommen epiphytischer Moose und Flechten in sächsischen Level-II-Flächen sowie deren Reaktionszahl (R) und Toxizitätszahl (To); Aufnahme 1998

Artnamen	R*	To*	Klingenthal	Olbernhau	Cunnersdorf	Bautzen	Laußnitz	Colditz
Hauptbaumart			Fichte	Fichte	Fichte	Fichte	Kiefer	Eiche
Moose								
<i>Aulacomnium androgynum</i>	2	-						+
<i>Cephalozia bicuspidata</i>	3	-	+					+
<i>Dicranella heteromalla</i>	2	-						+
<i>Dicranum scoparium</i>	4	-						+
<i>Hypnum cupressiforme</i>	4	8						+
<i>Lepidozia reptans</i>	2	-	+					
<i>Lophocolea heterophylla</i>	3	7	+	+				+
<i>Orthodontium lineare</i>	2	-	+					
<i>Plagiothecium denticulatum</i>	5	-						+
<i>Pohlia nutans</i>	2	-						+
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>	2	-						+
Flechten								
<i>Cladonia coniocraea</i>	4	-	+					
<i>Hypocenomyce caradocensis</i>	2	6			+			
<i>Hypogymnia physodes</i>	3	8	+					
<i>Lecanora conizaeoides</i>	2	9	+	+	+	+	+	+
<i>Lepraria incana</i>	3	9						+
Artenzahl								
Moose			4	1	0	0	0	9
Flechten			3	1	2	1	1	2
Gesamt			7	2	2	1	1	11

*Toxizitätszahl (To): 1 = extrem empfindlich ... 9 = sehr hohe Toleranz gegenüber Luftbelastungen;

Reaktionszahl (R): 1 = extrem saure Standorte ... 9 = basische Standorte

vgl. auch Fußnote Tab. 11

Tab. 14 a, b: Untersuchungs-Design und -Parameter zur Prüfung der Wirkung von Bodenschutzkalkungen in Fichtenbeständen über verbreiteten Granit-Standorten im SäFA Klingenthal

Standortsform	RiGt I (Riesenberg-Granit-Podsol)		RiGt-5 (Riesenberg-Granit-Podsol)		EbGt-5 (Eibenstocker-Granit-Braunpodsol)	
	Standortsgruppe	Kf-TZI	Hf-TZ2	Hf-TZ2	Hf-TZ2	Hf-TZ2
Klimastufe	Kf: Kammlagen, feucht		Hf: Hochlagen, feucht		Hf: Hochlagen, feucht	
Boden	Kf: Kammlagen, feucht		Hf: Hochlagen, feucht		Hf: Hochlagen, feucht	
-feuchtestufe	T: terrestrisch		T: terrestrisch		T: terrestrisch	
-nährkraftstufe	Z: ziemlich arm		Z: ziemlich arm		Z: ziemlich arm	
-feuchtezziffer	I: geschützt, frisch		2: mäßig frisch		2: mäßig frisch	
Kalkung	ungekalkt	gekalkt: 1989: 2,5 t/ha, 1995: 4,5 t/ha, 2000: 4,5 t/ha	ungekalkt	gekalkt: 1991: 2,5 t/ha, 1996: 4,5 t/ha	ungekalkt	gekalkt: 1991: 2,5 t/ha, 1996: 4,5 t/ha
Bestand, Alter (2000)	Fichte, 108 Jahre	Fichte, 88–124 Jahre	Fichte, 131–146 Jahre	Fichte, 79 Jahre	Fichte, 91 Jahre	Fichte, 79 Jahre
Probepunkte	4	4	4	4	4	4

Parameter (Jahr)	Methode/Ort der Entnahme	Erfassung am Probepunkt	Erfassung im Bestand
Kronenzustand (2000/01)	nach WZE-Methodik	12 Fichten	48 Fichten
Humuszustand (2000)	Olf-, Oh-Horizont	6 Einzelproben	je 4 Mischproben
Bodenzustand (2000)	Tiefenstufe: 0–5, 5–10, 10–30cm	6 Einzelproben	je 4 Mischproben
Baumernährung (2001)	1. und 3. Nadeljahrgang	4 Fichten	je 4 Mischproben
Vegetation (2001)	nach BRAUN-BLANQUET	1 x 400 m ²	4 x 400 m ²

Tab. 15: Zusammenfassende Ergebnisse der Bodenvegetationsaufnahme auf Granitstandorten; Vergleich von gekalkten gegenüber ungekalkten Fichtenflächen, vertreten mit je 3 Standorten

	Artnamen wissenschaftlich	Artnamen deutsch	Reaktions-Zahl*	Anzahl der Standorte		Deckung*	
				ungekalkt	gekalkt		
Ausgefallen	<i>Sphagnum girgensohnii</i>	Torfmoos	1	2	0	+	
	<i>Dicranella heteromalla</i>	Kleingabelzahnmoos	2	2	0	+	
	<i>Carex spec.</i>	Segge	x	1	0	+	
	<i>Betula pendula</i>	Gemeine Birke	x	1	0	r	
	<i>Barbilophozia attenuata</i>	Bartspitzmoos	2	1	0	+	
	<i>Polytrichum commune</i>	Gem. Frauenhaarmoos	2	1	0	+	
	<i>Mnium hornum</i>	Schwanhals-Sternmoos	3	1	0	+	
	<i>Isopterygium elegans</i>	Gleichflügelmoos	4	1	0	+	
	Abgenommen	<i>Maianthemum bifolium</i>	Schattenblümchen	3	3	1	r
		<i>Lunula sylvatica</i>	Wald-Hainsimse	4	3	1	r
<i>Barbilophozia lycopodioides</i>		Bärlappähnliches Bartmoos	6	3	1	r	
<i>Oxalis acetosella</i>		Sauerklee	4	3	2	r	
<i>Hypnum cupressiforme</i>		Zypressen-Schlafrmoos	4	3	2	r	
<i>Pohlia nutans</i>		Nickendes Pohlmoos	2	2	1	+	
Indifferent		<i>Sorbus aucuparia</i>	Eberesche	4	3	3	r (bis +)
		<i>Dryopteris carthusiana</i>	Gewöhnlicher Dornfarn	4	3	3	(r bis) +
		<i>Dryopteris dilatata</i>	Breitblättriger Dornfarn	x	3	3	(r bis) + (bis 1)
		<i>Rhytidiadelphus loreus</i>	Riemenstengliges Kranzmoos	3	3	3	+
	<i>Juncus effusus</i>	Flatterbinse	3	2	2	r	
	<i>Carex canescens</i>	Grau-Segge	4	1	1	r bis +	
	<i>Luzula luzuloides</i>	Weißer Hainsimse	3	1	1	r	
	<i>Rumex acetosella</i>	Kleiner Sauerampfer	2	1	1	+	
	<i>Stellaria media</i>	Vogelmiere	7	1	1	+	
	<i>Thelypteris phegopteris</i>	Buchenfarn	4	1	1	+	
	<i>Dicranum polysetum</i>	Gabelzahnmoos	5	1	1	+	
	<i>Amblystegium serpens</i>	Kriech. Pfeifenkopfmoos	6	1	1	+	
	<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	Sparriges Kranzmoos	5	1	1	+	
	<i>Calamagrostis villosa</i>	Wolliges Reitgras	2	3	3	(1 bis) 3 (bis 5)	
	<i>Deschampsia flexuosa</i>	Drahtschmiele	2	3	3	(1 bis) 2 (bis 4)	
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	Heidelbeere	2	3	3	(+ bis) 1 (bis 3)	
	<i>Picea abies</i>	Gemeine Fichte (Anflug)	x	3	3	(+ bis) 1 (bis 3)	
	<i>Trientalis europaea</i>	Europäischer Siebenstern	3	3	3	(r bis) + (bis 1)	
	<i>Galium hircynicum</i>	Harzlabkraut	2	3	3	+(bis 1)	
	<i>Dicranum scoparium</i>	Besen-Gabelzahnmoos	4	3	3	+(bis 1)	
	<i>Plagiothecium undulatum</i>	Gewelltes Plattmoos	1	3	3	(+ bis) 1 (bis 3)	
	<i>Polytrichum formosum</i>	Wald-Bürstenmoos	2	3	3	+(bis 1)	
	Zugenommen	<i>Urtica dioica</i>	Große Brennnessel	7	1	3	(r bis) + (bis 1)
		<i>Epilobium montanum</i>	Berg-Weidenröschen	6	1	3	(r bis) +
		<i>Stellaria longifolia</i>	Langblättrige Sternmiere	2	1	2	(r bis) +
		<i>Athyrium filix-femina</i>	Gemeiner Frauenfarn	x	1	2	r bis +
<i>Carex pilulifera</i>		Pillensegge	3	1	2	r (bis) +	
<i>Veronica officinalis</i>		Waldehrenpreis	3	2	3	(r) bis +	
<i>Lophocolea bidentata</i>		Zweizäh. Kammkelchmoos	5	2	3	+(bis 3)	
<i>Lophocolea heterophylla</i>		Versch.-bl. Kammkelchmoos	3	2	3	+(bis 1)	
<i>Brachythecium rutabulum</i>		Krückenf. Kurzbüchsenmoos	x	2	3	+(bis 2)	
<i>Brachythecium salebrosum</i>		Glattstieliges Kurzbüchsenmoos	6	2	3	+(bis 3)	
<i>Eurhynchium praelongum</i>		Schnabelmoos	5	2	3	+(bis 1)	
<i>Digitalis purpurea</i>		Roter Fingerhut	3	3	3	(r bis) +	
<i>Epilobium angustifolium</i>		Wald-Weidenröschen	5	3	3	(r bis) +	
Neubesiedelt		<i>Fagus sylvatica</i>	Rotbuche (Aufwuchs)	x	-	3	r
	<i>Taraxacum officinale</i>	Wiesen Löwenzahn	x	-	3	(r bis) +	
	<i>Cirsium palustre</i>	Sumpf-Kratzdistel	4	-	3	r	
	<i>Tussilago farfara</i>	Huflattich	8	-	3	(r bis) +	
	<i>Mycelis muralis</i>	Mauerlattich	x	-	3	(r bis) +	
	<i>Brachythecium starkei</i>	Berg-Kurzbüchsenmoos	2	-	3	+(bis 1) (bis 2)	
	<i>Senecio fuchsii</i>	Fuchs-Kreuzkraut	x	-	2	+	
	<i>Rubus idaeus</i>	Himbeere	x	-	2	(r bis) +	
	<i>Deschampsia cespitosa</i>	Rasenschmiele	x	-	2	r	
	<i>Carex leporina</i>	Hasenpfoten-Segge	3	-	2	r bis +	
	<i>Silene dioica</i>	Leimkraut	7	-	2	r bis +	
	<i>Brachythecium velutinum</i>	Samt-Kurzbüchsenmoos	6	-	2	+(bis 1)	
		sowie weitere 12 Gefäßpflanzen und 8 Moose		-	1	r bis +	

* vgl. Fußnote Tab. 11 und 12

Literaturverzeichnis

Waldzustandsbericht:

[1] ARMBRUSTER, M.; SEEGER, J.; FEGER, K. H.: Stoffflüsse nach Waldumbau (Buchen-Vorbau und Kalkung) auf der Basis des Wassereinzugsgebietes Rotherdbach in den mittleren Berglagen. FE-Zwischenbericht 2001, Institut für Bodenkunde und Standortslehre Tharandt/TU Dresden, 2001.

[2] BARTELT, D.; NEBE, W.; LEUBE, F.: Biogeochemisches Potenzial ausgewählter Baumarten auf meliorierten, immissionsbeeinflussten Standorten des Erzgebirges. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 18, 1999.

[3] BAUMANN, M.: Vegetationskundliche Erhebungen an den Flächen der Bodenzustandserhebung (BZE) oberhalb 700 m ü. NN. Abschlussbericht zum Werkvertrag, Graupa 2002.

[4] BRAUN-BLANQUET, J.: Grundzüge der Vegetationskunde. Wien, Heidelberg [u.a.] 1964 Springer Verlag, 865 S.

[5] BUTZ-BRAUN, R.: Vergleichende ton-/mineralogische Untersuchungen zu Veränderungen an Dreischicht-Tonmineralen an ausgewählten Bodenproben des Altweiserprogramms durch das Projekt RECOGNITION. Abschlussbericht zum Werkvtrrag, Graupa 2002.

[6] ELLENBERG, H.; WEBER, E. H.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W.; PAULIBEN, D.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Verlag Erich Goltze KG, Göttingen 1991.

[7] GEHRMANN, J.; ANDREAE, H.; FISCHER, U.; LUX, W.; SPRANGER, T.: Luftqualität und atmosphärische Stoffeinträge an Level-II-Dauerbeobachtungsflächen in Deutschland. BMVEL informiert, Bonn 2001, 94 S.

[8] HEINSDORF, D.; HEINSDORF, M.: Zur Entwicklung der Schwefelernährung der Wälder des nordostdeutschen Tieflandes in den Jahren 1985 bis 2000. Forst und Holz 56, 22, 2001, S. 715–719.

[9] KÖHLER, S.: Vegetationsformenkatalog der Standortsformengruppen in Sachsen. Landesanstalt für Forsten – Arbeitsmaterial, n. p., Graupa 2001.

[10] LEUBE, F.: Leitfaden Forstliche Bodenschutzkalkung in Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 21, Graupa 2000.

[11] MATZNER, E.; KÖSTER, B.: Grundlagen zur nachhaltigen Entwicklung von Ökosystemen bei veränderter Umwelt. Bayreuther Forum Ökologie, Band 84, 2001, S.2–4.

[12] NEBE, W.; GEMBALLA, R.; SCHRADER, TH.: Zur blattanalytischen Kennzeichnung der Salweide (Salix caprea). Beitr. Forstwirtschaft und Landsch.ökol. 30, 1, 1996, S. 17–19.

[13] RABEN, G.; ANDREAE, H.; KARST, H.; SYMOSSEK, F.; LEUBE, F.: Bodenzustandserhebung (BZE) in den sächsischen Wäldern (1992–1997). Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 20, Graupa 2000.

[14] ROLOFF, A.; KLUGMANN, K.: Ursachen und Dynamik von Eichen-Zweigabsprüngen. AFZ/Der Wald 4/1998.

[15] SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR FORSTEN: Jahresbericht 2001

[16] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT: Waldzustandsberichte1999-2001.

[17] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT: Landesentwicklungsplan Sachsen, 1994.

[18] STETZKA, K. M.; STAPPER, N. J.: Moose und Flechten im Level-II-Programm: Erste Untersuchungsergebnisse aus Hessen, Sachsen und Nordrhein-Westfalen. In: Dauerbeobachtung der Waldvegetation im Level-II-Programm. BMVEL informiert, Bonn 2001, 157 S.

[19] UMWELTBUNDESAMT: Manual on methodologies and criteria for mapping critical levels/loads and geographical areas where they are exceeded. Band 71, 1996.

[20] WEHRY, W., ENKE, W., KÜCKLER, W., SOMMER, W.: Kimaprognose für Sachsen – zusammenfassender Projektbericht Regionalisierung von Klimamodell-Ergebnissen mittels des statistischen Verfahrens der Wetterlagen-Klassifikation und nachgeordneter multipler Regressionsanalyse für Sachsen, 23 S.

Geschichtlicher Abriss:

[A 1] BRANDENBURGISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN: In Verantwortung für den Wald. Die Geschichte der Forstwirtschaft in der Sowjetischen Besatzungszone und der DDR. Potsdam 1998, S. 350–363.

[A 2] CLAUS, I.: Das Tannensterben im sächsischen Walde. Auszug in: Mitteilungen des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz, Dresden 1928, Heft 7 bis 8.

[A 3] GÄRTNER, R.: Zur waldbaulichen Arbeit mit Bewirtschaftungsrichtlinien in Rauchschaadgebieten. Rat des Bezirkes Karl-Marx-Stadt, Abt. Forstwirtschaft.

[A 4] GERLACH, H.: Waldrauchschäden und ihre Folgen, insbesondere an Fichte und Tanne. Neudamm 1925.

[A 5] GERLACH, H.: Der Nachweis von schädlichen Rauchsäuren im Walde mittels dreier hierfür gefertigter Apparate. Silva 1929.

[A 6] GÖCHHAUSEN, H. F.: Notabilia Venatoris. 1710.

[A 7] HASENCLEVER, R.: Über die Beschädigung der Vegetation durch saure Gase. Berlin 1879, Springer Verlag, 18 S.

[A 8] HAUPTABTEILUNG FORSTWIRTSCHAFT BERLIN: „Strategische Konzeption zur Bewirtschaftung der rauchgeschädigten Wälder der DDR“ vom 16. November 1983. GVS B 18-101/83, Bundesarchiv Berlin, Blatt 9.

[A 9] HEINSDORF, D.; KRAUß, H.-H.: Massentierhaltung und Waldschäden auf dem Gebiet der ehemaligen DDR. Forst und Holz Nr. 13, 10. Juli 1991.

[A 10] HERING, S.; EISENHAUER, D. R.; IRRGANG, S.: Waldumbau auf Tieflands- und Mittelgebirgsstandorten in Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 19, Graupa 1999.

[A 11] ILGEN, G.; FIEDLER, H. J.: Freiburger Hüttenrauchschäden im 19. Jahrhundert und ihre wissenschaftliche Bearbeitung durch die Professoren Reich (Freiberg) und Stockhardt (Tharandt). 1. Entwicklung des Freiburger Hüttenwesens und Wirkung seiner Emmissionen auf die Umwelt. Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden 39, 1990, Heft 6, S. 107–112.

[A 12] KLUGE, H.: Nur die Buchen überlebten. Das Schicksal des Forstreviers Deutscheinsiedel im Erzgebirge. Forst und Holz 48, Jahrgang Nr. 16, 25. August 1993.

[A 13] LAMPADIUS, F.: Aus der Wissenschaft. Der Burkhardtswald bei Aue als klassisches Beispiel waldbaulicher Rauchschadensabwehr. Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Band 50, Heft 3, Berlin 1969, Akademie Verlag, 24 S.

[A 14] LEHMANN, CH.: Historischer Schauplatz derer natürlichen Merckwürdigkeiten im Meißensichen Obererzgebirge. Leipzig 1699, S. 175.

[A 15] LEHRINGER, S.: Die Entwicklung der neuartigen Waldschäden im Spiegel der AFZ. AFZ 30/31/32/1985.

[A 16] LIEBOLD, E.; DRECHSLER, M.: Schadenszustand und -entwicklung in den SO₂-geschädigten Fichtengebieten Sachsens. AFZ 10/1991.

[A 17] LIEBOLD, E.; GÄRTNER, R.: Die Arbeitsgruppe sächsischer Forstleute zur Bewirtschaftung der immissionsgeschädigten Wälder Sachsens. AFZ 10/1991.

[A 18] LUX, H.: 20 Jahre Forschungsgruppe Immissionssschadensforschung an der Sektion Forstwirtschaft Tharandt der TU Dresden. Sozialistische Forstwirtschaft 32, 1982, 4. [A 19] MEHRBACH, K.: Die Freiburger Hütten. Freibergs Berg- und Hüttenwesen, Bergmännischer Verein zu Freiberg, 1823, Verlag Craz & Gerlach.

[A 20] MEYER, H.: Das Verlustkonto der Edeltanne (Abies alba MILL). Forst und Jagd, Berlin 1955.

[A 21] MINISTERIUM FÜR UMWELTSCHUTZ, ENERGIE, NATURSCHUTZ UND REAKTOR-SICHERHEIT: Umweltbericht der DDR. März 1990.

[A 22] MÜLLER, G.: Zur Forst- und Wirtschaftsgeschichte des Marienberger Forstbezirkes im Erzgebirge. Thar. Forstl. Jahrbuch 1935, Band 86, S. 121–164.

[A 23] NEBE, W.: Zur Baumartenwahl in den Kamm- und Hochlagen des Erzgebirges. Forst und Holz 52, Jahrgang Nr. 12, 25. Juni 1997.

[A 24] NEBE, W.; ROLOFF, A.; VOGEL, M.: Untersuchungen von Waldökosystemen im Erzgebirge als Grundlage für einen ökologisch begründeten Waldbau. Forstwiss. Beiträge Tharandt 4 (1998), Ergebnisse des BMBF-Verbundforschungsprojektes 1991-1998.

[A 25] OLSCHOWY, G.: Industrielle Immissionssschäden und Wald. Schäden am Walde und Schutz durch den Wald. Vortrag im Rahmen einer Tagung des Deutschen Forstvereins am 07. September 1966, Der Forst- und Holzwirt Nr. 22, 23. November 1966.

[A 26] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG UND FORSTEN: 3 000 ha Wald im Erzgebirge sterben ab. AFZ/Der Wald 15/1996.

[A 27] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG UND FORSTEN: Waldschadensberichte 1991–1998.

[A 28] SCELLHAS, W.; WÄCHTLER, E.: Der Plan der Errichtung einer Forstakademie in Verbindung mit der Bergakademie Freiberg (Sachsen) 1799–1809. Veröff. Der wiss. Informationsz. d. BA Freiberg, Nr. 51, 1975.

[A 29] SCHIER, W.: Die Kohlenrauchschäden im Chemnitzer Stadtwalde. Forstwiss. Cbl. 37, 1893, 7–24.

[A 30] SCHRÖTER, E.: Die Rauchquellen im Königreiche Sachsen und ihr Einfluß auf die Forstwirtschaft. Berlin 1908, Verlag Paul Parey, S. 1, 2, 20, 48, 169.

[A 31] SCHROEDER, J. V.; REUß, C.: Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch und die Oberharzer Hüttenrauchschäden. Berlin 1883, Verlag Paul Parey.

[A 32] SEIBT, G.: Forstrat Constantin Gerlach – ein Pionier der Rauchschaadensforschung in Sachsen. Forst und Holz 46, Jahrgang Nr. 11, 10. Juni 1991.

[A 33] SORAUER, P.; RAMANN, E.: Sogenannte unsichtbare Rauchbeschädigungen. Botan. Centralblatt Bd. LXXX, 1899.

[A 34] STÖCKHARDT, J. A.: Über die Einwirkung des Rauches der Silberhütten auf die benachbarte Vegetation. Polyt. Centralblatt 1850, S. 259–278.

[A 35] STÖCKHARDT, J. A.: Forst- und landwirtschaftl.-chemische Untersuchungen. Tharandter Forstliches Jahrbuch, 1853.

[A 36] THIELE, U.: Zur Geschichte der sekundären Verwertung von Stoffen in Freiberg. Mitteilungen des Freiburger Altertumsvereins, Heft 86, Freiberg 2000, S. 15–25.

[A 37] TZSCHACKSCH, O.: Wege und Irrwege der Immissionsresistenzzüchtung. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 13, Graupa 1998, S. 12–23.

[A 38] WAGENBRETH, O.; WÄCHTLER, E.: Der Freiburger Bergbau. VEB Dt. Verlag Grundstoffindustrie Leipzig 1986.

[A 39] WETZEL, K. F.: Die Geschichte der Waldschäden durch Luftschadstoffe. AFZ/Der Wald 16/1997, S. 895–898.

[A 40] WIEDEMANN, E.: Untersuchungen über das Tannensterben. Forstwissenschaftliches Centralblatt 1927.

[A 41] WIENHAUS, O.: Daßler, H.-G.: 140 Jahre Immissionsforschung am Institut für Pflanzenchemie und Holztechnik in Tharandt. Staub – Reinhaltung der Luft 51, 1991, Springer Verlag, S. 461–466.

[A 42] WISLICENUS, H.: Über die Grundlagen technischer und gesetzlicher Maßnahmen gegen Rauchschäden. Sammlung von Abhandlungen über Abgase und Rauchschäden, Heft 1, Berlin 1908, Verlag Paul Parey, S. 14, 56–57.

[A 43] WISLICENUS, H.: Resistenz der Fichte gegen saure Abgase bei ruhender und tätiger Assimilation. Tharandter Forstliches Jahrbuch 48, 1898, S. 152–173.

[A 44] WOBST, A.: Forstgeschichte Sachsens 1919–1945. Hannover 1967.

[A 45] ZIEGER, E.: Die heutige Bedeutung der Industrie-Rauchschäden für den Wald. Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden 4, 1954/55, Heft 3, S. 55.

Impressum

Herausgeber: <p>Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) 01075 Dresden</p>
<p>Öffentlichkeitsarbeit: Telefon: (03 51) 5 64 68 14, Fax: (03 51) 5 64 20 74 e-Mail: info@smul.sachsen.de Internet: www.smul.sachsen.de</p>

Redaktion: <p>Sächsische Landesanstalt für Forsten (LAF) · Mario Helbig Bonnewitzer Straße 34 · 01796 Pirna, OT Graupa Telefon: ++49 35 01-542-0, Fax: ++49 35 01-542-213 e-Mail: laf.graupa@laf.smul.sachsen.de</p>
<p>Redaktionsschluss: 30. September 2002</p>

Autoren: <p>Mario Helbig, Arnd Schöndube (LAF): Forstliches Monitoring, Kronenzustand, Geschichtlicher Abriss; Dr. Sven Irrgang (LAF): Witterung; Dr. Gerhard Raben(LAF): Deposition und Stoffbelastung, Bodenzustand, Waldvegetation; Lutz-Florian Otto (LAF): Biotische Schäden; Dr. Frieder Leube (LAF): Ernährungszustand, Bodenschutzkalkung; Dr. Bohumir Lomsky, Dr. Vit Sramek (Forestry and Game Management Research Institute, Jiloviste-Strnady): Waldzustand im tschechischen Erzgebirge; Romy Kleisz (TU Dresden, Fachrichtung Geografie), Prof. Dr. habil. Wolfgang Nebe (TU Dresden, Institut für Bodenkunde und Standortslehre), Corinna Zschoch (FH Eberswalde, Fachbereich Forstwirtschaft): Geschichtlicher Abriss</p>

Fotos/Illustration: <p>Georg Agricola ⓘ, Martin Baumann (43a, 44), Ernst Bäucker (8a, 18), Helmut Kluge ⊗Ⓞ, Dr. Hannes Lemme (27b), Dr. Dietrich Münchmeyer (8b), Andreas Padberg (10b), Reymann-Foto Ⓢ), Wolfgang Riether (43b), Dr. Klaus Stetzka (45b, 46), alle weiteren: Archiv der LAF</p>
<p>Auflagenhöhe: 4 400</p>

Gesamtgestaltung: <p>Ulrike Wurst</p>
<p>Grafikdesign, Layout, elektronische Bildbearbeitung, Textverarbeitung: Steiner & Steiner Werbeagentur GmbH Dresden</p>

Druck: <p>Color-Druck Zwickau GmbH</p>
<p>Papier: gedruckt auf Papier aus 100 % chlorfrei (tcf) gebleichtem Zellstoff</p>

Kostenlose Bestelladresse: <p>Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung Hammerweg 30 · 01127 Dresden Telefon: (03 51) 2 10 36 71 oder –72, Fax: (03 51) 2 10 36 81</p>
<p>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.</p>

▼ Erzaubereitung im Mittelalter (1556) ①



▼ Hüttenwerk nahe Freiberg um 1910 ②



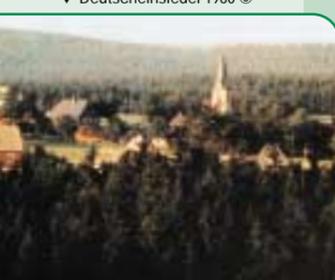
▼ Akute Nadelschädigung durch SO₂



▼ Zer störte Bestandesstrukturen



▼ Deutscheinsiedel 1960 ③



▼ Deutscheinsiedel 1990 ④



»Gifftiger Thau fällt auf die Wälder und verursacht eine große Fäulnis«

– Ein kurzer geschichtlicher Abriss zur Problematik der SO₂-bestimmten Immissionssschäden im Erzgebirge –

Bis ins 12. Jh. bedeckte das Erzgebirge der kaum besiedelte Miriquidi-Urwald, in dem höhenstufenabhängig Fichte, Tanne, Buche begleitet von Eiche, Berg-Ahorn, Esche und Berg-Ulme vorkamen. Die Besiedelung und Kolonisierung wurde vorrangig von den Zisterzienser-Klöstern Altzella (gegründet 1162) und Osseg (gegründet 1196) vorangetrieben. Rodungen im Zusammenhang mit der Gründung von Waldhufendörfern führten zu einer Wald-Feld-Verteilung, die seit dem Mittelalter im Wesentlichen beständig blieb. Die verbliebenen Waldstandorte sind gekennzeichnet durch rauhes Klima, starke Reliefenergie, skelettreiche und nährstoffarme Böden. Waldschädigende Übernutzungen traten zunächst lokal auf bei der Holzkohlegewinnung für Metall- und Glashütten. Großflächige Übernutzungen setzten in der Renaissancezeit ein, als der technische Fortschritt (Wasserkünste) den Tiefenabbau ermöglichte, damit neue Lagerstätten erschlossen und eine zweite Blüte des Bergbaues im Erzgebirge einleitete. Der Holzkohlebedarf der Freiburger Hütten konnte etwa ab 1440 nicht mehr aus den umliegenden devastierten Wäldern gedeckt werden. Aus dem böhmisch-sächsischen Grenzgebiet (Holzhau, Neuwernsdorf, Olbernhau, Deutscheinsiedel sowie Fläje (Flejh)) wurde Meilerholz bzw. vor Ort produzierte Holzkohle über bis zu 40 km nach Freiberg geflößt. Zusätzlich führten Kohlenstraßen nach Bernsdorf, (Zschopautal), nach Blumenau, Görsdorf, Borstendorf (Flöhatal), nach Röthenbach (Wilde Weißeritz) und in den Tharandter Wald.

Folge der Übernutzungen waren Waldzerstörungen großen Ausmaßes, die eine stabile Holzkohleversorgung der Hüttenindustrie gefährdete. Aus dieser Notlage heraus schrieb der Berghauptmann v. Carlowitz 1713 in Freiberg das erste forstliche Lehrbuch »*Sylvicultura oeconomica*« und die 1765 gegründete Bergakademie beabsichtigte 1806 die Errichtung einer forstakademischen Ausbildung [A 28]. Die Forsthochschule Tharandt wurde schließlich durch H. Cotta 1811 (privat) bzw. 1816 (königlich-sächsisch) im Auftrage des Finanzministeriums gegründet.

Beim wissenschaftlich begleiteten Wiederaufbau der Wälder wurde die Fichte bevorzugt und sie bedeckte bald ca. 90 % der Waldfläche. Demgegenüber reduzierte sich z. B. die Fläche von Buche und Hartlaubholz im »Marienberg Forstbezirk« von 60 % (1500), 50 % (1600), 35 % (1700), 20 % (1800) auf <10 % (1900) [A 22]. Die Fichte erwies sich später als extrem immissionsgefährdet; auch deshalb nahmen die Waldschäden im Erzgebirge katastrophale Ausmaße an.

Mittelalter

ab 1530

1556

ab 1635

1699

1710

1823

1831

1834

1849

ab 1850

1857

1862

1864

1865

1875

1879

ab 1880

1882

1883

1888/89

1893

1898

1899

1908

1925

Ⓔ Erste lokale Rauchsäden an den windexponierten Hängen des Erzgebirges, verursacht durch Erzverhüttung [A 37]

Ⓔ Beginn der Zentralisation des Hüttenwesens im Raum Freiberg [A 19]

Ⓔ Aus dem Raum Olbernhau wurden 22 000 Wagen Holzkohle, das entspricht 166 000 m³ Holz, zu den Freiburger Hütten transportiert [A 22]

Ⓔ Immissionschwerpunkt durch Blaufarbenwerk bei Aue [A 13]

Ⓚ Landeshistoriker und Pfarrer LEHMANN über das Erzgebirge: »Gifftiger Thau fällt auf die Wälder und verursacht eine große Fäulnis« [A 14]

Ⓚ Herzoglich-Sächsischer Oberlandjägermeister VON GÖCHHAUSEN: »Woher kommt es, dass das schwarze oder kieferichte Holz zum öftern in grosser Menge nacheinander verdorret ...? Es werden vierley Ursachen angegeben ... Und zwar so ist die erste Ursache, wenn der Baum in der Erden an der Wurtzel ... durch das widrige schweflichte Erdreich entkräftet, und ihm sein Saft entzogen wird ...« [A 6]

Ⓔ Verhüttung erfolgt fast ausschließlich mit Steinkohle, damit Verdrängung der Holzkohle [A 38]

Ⓔ Eingliederung der Staatsforstverwaltung in das sächsische Finanzministerium, dadurch rasche Durchsetzung der rechtlichen Bestimmungen zur Begrenzung der Rauchsäden [A 43]

Ⓔ Erster forstlicher Hinweis auf »krebstartig sich vergrößernde Rauchsäden« im Burkhardtswald bei Aue [A 13]

Ⓔ Begründung der Immissionsforschung in Tharandt durch J. A. STÖCKHARDT [A 41]

Ⓚ Verschiedene Veröffentlichungen, z. B.: »Über die Einwirkung des Rauches von Silberhütten auf die benachbarte Vegetation« (1850) [A 34]

Ⓔ Hinweis auf »acute« Schäden durch Nahwirkung der Rauchquellen und auf langsam wirkende »chronische Schäden« durch lang anhaltende Wirkung (1853)[A 35]

Ⓔ Regelung von Rauchsädenersatzansprüchen der in der Nähe staatlicher Hüttenwerke gelegenen Gemeinden um Schwarzenberg und Freiberg durch die sächsischen Stände [A 30]

Ⓔ Bau der ersten Schwefelsäurefabrik in Muldenhütten bei Freiberg [A 38]; Nutzung des bei Hüttenprozessen anfallenden Rauch- und Röstgases SO₂ [A 36]

Ⓔ Berufung einer wissenschaftlichen Kommission zur Erforschung der schädlichen Wirkung des Hüttenrauches [A 11]

Ⓔ Waldschädigungen durch Lokomotivenrauch nach der Eröffnung der Bahnlinie Dresden – Tharandt [A 30]

Ⓔ Schadensersatzklage des Staatsforstamtes Lauter wegen Schädigungen durch Raucheinwirkung im Burkhardtswald bei Aue [A 13]

Ⓔ Erste Meldungen über massenhaftes Sterben der Tannen in Sachsen durch JUDEICH, MANTEUFFEL [A 2]

Ⓚ »Über die Beschädigung der Vegetation durch saure Gase« (HASENCLEVER) [A 7]

Ⓔ Hohe Staubbelastungen und großflächige Überschreitungen der Schwellenwerte für chronische SO₂-Schäden an Koniferen durch massive Zunahme der Kohleverbrennung [A 39]

Ⓔ Tagung des Schlesischen Forstvereins zur Problematik der Rauchsäden [A 45]

Ⓚ »Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch und die Oberharzer Hüttenrauchsäden« (V. SCHROEDER, REUB) [A 31]

Ⓔ Analytische Bestimmung des als primären Schadstoff erkannten Schwefels in der Vegetation

Ⓔ Errichtung der hohen Esse in Halsbrücke bei Freiberg, mit 140 m Höhe bis 1929 der höchste Schornstein Europas [A 38]

Ⓚ SCHIER: »Rauchsäden in den Nadelholzwaldungen des Königreichs Sachsen gehören keineswegs mehr zu den Seltenheiten« [A 29]

Ⓔ Begasungsversuche mit daraus resultierender Assimilationsgifthypothese für SO₂ und HF durch WISLICENIUS [A 43]

Ⓚ »Sogenannte unsichtbare Rauchbeschädigungen« (SORAUER, RAMANN): Nachweis von Zellstörungen [A 33]

Ⓚ »Über die Grundlagen technischer und gesetzlicher Maßnahmen gegen Rauchsäden« (WISLICENIUS) [A 42]

Ⓚ »Die Rauchquellen im Königreiche Sachsen und ihr Einfluß auf die Forstwirtschaft« (SCHRÖTER); etwa 2,6 % der Gesamtwaldfläche Sachsens gelten als merklich geschädigt [A 30]

Ⓔ Preisausschreiben des sächsischen Finanzministeriums mit 10 000 Mark Gewinn für die »Erfindung eines Mittels zur Verhütung von Rauchsäden in der Land- und Forstwirtschaft« [A 32]

Ⓚ »Waldrauchsäden und ihre Folgen, insbesondere an Fichte und Tanne« (GERLACH) [A 4]

Ⓔ Ereignis Ⓚ Zitat & Veröffentlichung

- Ⓔ Rückgang der Tanne in sächsischen Wäldern auf 1 % gegenüber einer ursprünglichen Beteiligung von mehr als 25 % an der natürlichen Bestockung [A 20] [A 40]
- Ⓔ Technische Neuerungen auf dem Gebiet der Rauchluftuntersuchung durch GERLACH [A 5]
- Ⓔ Ausbau der Kohlehydrierung (Flugzeugbenzin) im Raum Litvinov (Oberleutensdorf) / Most (Brux)
- Ⓔ Ausbau der Braunkohlekraftwerke und Ansiedlung neuer Industrie im nordböhmischen Egertal [A 12]
- Ⓔ Wiederaufnahme der Rauchsädenforschung in Tharandt in verstärktem Umfang unter Leitung von ZIEGER [A 41]
- Ⓔ Braunrote Verfärbungen und ungewöhnlicher Nadelabfall an Fichten im Gebiet Deutscheinsiedel; später Absterbeerscheinungen [A 12]
- Ⓔ Temperatursturz in der Silvesternacht von > 10 °C auf < -20 °C löst vom Elbsandsteingebiet bis ins mittlere Erzgebirge großflächiges Waldsterben aus
- Ⓔ Baumartenwechsel auf immissions- und klimahärtere Nadelbäume im Gebiet Deutscheinsiedel, nachdem auch junge Fichtenbestände absterben [A 12]
- Ⓔ Deutscher Forstverein beschäftigt sich im Rahmen seiner Tagung mit der Frage »Wald und Luftverunreinigung« [A 25]
- Ⓔ Bildung der Arbeitsgruppe »Rauchsädenforschung« am Institut für Pflanzenchemie und Holzforschung in Tharandt [A 41]
- Ⓔ Aufnahme des Versuchsbetriebes auf dem Immissionsprüffeld im Tharandter Wald [A 41]
- Ⓔ Systematische Erfassung der Schäden durch die Forsteinrichtung [A 16]
- Ⓔ Deutliche Zunahme der SO₂-Immissionen durch den Ausbau der industriellen Hauptballungsgebiete [A 8]
- Ⓔ Bildung von Expertengruppen aus Forstpraktikern und -wissenschaftlern; Zusammenschluss 1971 zu einer Arbeitsgemeinschaft [A 17]
- Ⓔ 20 000 ha geschädigte Waldfläche im mittleren und östlichen Erzgebirge, Elbsandstein- und Fichtelberggebiet [A 16]
- Ⓔ Verstärkt Stickstoffeinträge in Wäldern; Ammoniak-Schäden, insbesondere in der Nähe großer Schweinemastanlagen [A 9]
- Ⓔ Anstieg der Immissionschäden im Süden der DDR auf das Zehnfache gegenüber Mitte der 60er Jahre [A 41]
- Ⓚ Erste umfassende »Richtlinien für die Bewirtschaftung immissionsgeschädigter Fichtengebiete« [A 17]
- Ⓔ Immissionschäden auch im Auersberggebiet [A 16]
- Ⓔ Luftbildaufnahmen zur periodischen Aktualisierung der Schadzonierung [A 16]
- Ⓔ Erstmalige Beerntung von 500 Fichten mit erhöhter Rauchhärte zur Saatgutgewinnung in den Immissionschadzonen I und II des Bezirkes Karl-Marx-Stadt [A 3]
- Ⓔ Flächenhaftes Absterben der Fichte in den Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges [A 23]
- Ⓔ Sämtliche über 40-jährige Fichtenbestände im Revier Deutscheinsiedel befinden sich in Auflösung, große Widerstandsfähigkeit der Buchenaltbestände [A 12]
- Ⓔ Neue Zielsetzung des waldbaulichen Handelns: Wald als Vegetationsform erhalten
- Ⓔ Aufbau von zwei Großbaumschulen zur Sicherung des Pflanzenbedarfs an immissionstoleranten Ersatzbaumarten (z. B. Murray-Kiefer; Lärchenarten und deren Hybriden; Stech-Fichte; Omorika-Fichte) [A 17]
- Ⓔ Zunehmende Gefährdung durch Ozon in den Höhenlagen der Mittelgebirge [A 15]
- Ⓔ Vertrag zwischen der DDR und der SSR über Maßnahmen zur Minderung der Luft- und Umweltbelastung im Erzgebirgsraum [A 18]
- Ⓔ Symptome neuartiger Waldschäden, insbesondere Nadelvergilbungen, im Vogtland und Westerbirge [A 1]
- Ⓔ Jährliche Verluste und Mehrkosten durch Immission für die Forstwirtschaft im Fichtenrauchsadgebiet der Bezirke Karl-Marx-Stadt und Dresden in Höhe von 664 Millionen Mark (Zuwachsverluste, Nutzungsausfall, Walderneuerung, Forstschutz, ...) [A 8]
- Ⓔ Aufbau und Inbetriebnahme der Waldmessstation Oberbärenburg zur Messung von Stoffeinträgen in einen Fichtenbestand [A 41]
- Ⓚ HONECKER im Interview mit der Zeitung »Die Zeit«: »Den Begriff sterbende Wälder können wir bei uns nicht prägen. Wir haben ... große Schädigungen des Waldes am Fichtelberg und in dem ganzen Raum zur SSR hin ... Unsere Wälder sind gesund.« [A 1]
- Ⓔ Einführung eines mehrstufigen Inventursystems der ökologischen Waldzustandskontrolle (ÖWK) in der DDR [A 1]
- Ⓔ Aufforstungsfläche in der Immissionschadzone I und I extrem der sächsischen Mittelgebirge von 8 954 ha, davon auf 4 317 ha Ersatz- und Pionierbaumarten [A 10]
- Ⓔ Erster »Umweltbericht der DDR« [A 21]
- Ⓔ Beteiligung am Internationalen Kooperationsprogramm zur Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Wälder der UN/ECE [A 27]
- Ⓚ Jährliche Waldschadensberichte/-zustandsberichte des Freistaates Sachsen (nach §58 SächsWaldG) [A 27]
- Ⓔ Langfristig angelegtes Waldumbauprogramm für Sachsen; Förderung von Maßnahmen aufgrund neuartiger Waldschäden
- Ⓔ Erneute akute Waldschäden im Erzgebirge durch Witterungsextreme in Kombination mit hohen Schwefeleinträgen, Ⓚ SStminLEF: »Rot ist auf ca. 20 000 ha die derzeit vorherrschende Farbe des Fichtenwaldes im sächsischen Erzgebirge!« [A 26]
- Ⓔ Sofortprogramm zur Waldschadenssanierung über 60 Mio. DM
- Ⓚ »Untersuchung von Waldökosystemen im Erzgebirge als Grundlage für einen ökologisch begründeten Waldumbau« (NEBE, ROLOFF, VOGEL) [A 24]
- Ⓔ Kalkung auf landesweit insgesamt 186 Tha im Rahmen der Waldschadenssanierung [A 27]

Positiv:

- Ⓔ Modernisierung der Braunkohlekraftwerke im »Schwarzen Dreieck« (Sachsen–Tschechien–Polen), insbesondere durch den Einbau von Entschwefelungsanlagen
- Ⓔ deutlicher Rückgang der SO₂-Belastung
- Ⓔ Alle einheimischen Baumarten können wieder angebaut werden

Problematisch:

- Ⓔ Wandel der luftchemischen Verhältnisse: zunehmende Bedeutung versauernd und eutrophierend wirkender N-Einträge sowie erhöhte Ozonbelastung
- Ⓔ Indizien für die Ausbreitung neuartiger Waldschäden (Mg-Mangel)
- Ⓔ Verlagerung der Schadensschwerpunkte: von Nadel- zu Laubbaumarten sowie auf andere Regionen
- Ⓔ nur allmähliches Abklingen der Wirkungen der langjährig hohen Stoffeinträge durch das Langzeitgedächtnis der Böden
- Ⓔ neue Gefahren durch prognostizierte Klimaveränderungen

Ende 20er Jahre

1929

1941–1945

ab 1945

Anfang 50er J.

Mitte 50er Jahre

1955/56

Anfang 60er Jahre

1960

1961

1963

ab 1965

1965

1968

70er Jahre

Mitte 70er Jahre

1974

1975

ab 1977

1977

Anfang 80er Jahre

1981

1982

1983

1983/84

1986

1962–1991

1990

ab 1990

ab 1991

1992

Winter 1995/96

1998

1991–2001

aktuelle Situation

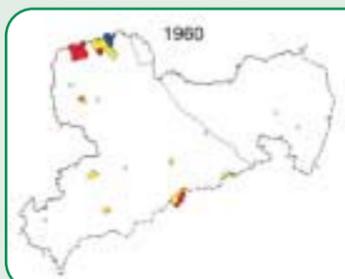
▼ Eisanhang bei Inversionswetterlage



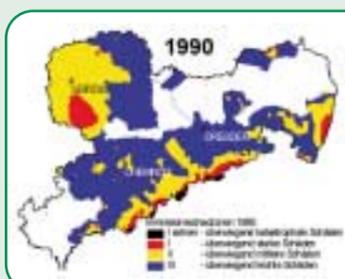
▼ Geschädigter Bestand (CIR-Luftbild)



▼ Immissionschadzonen 1960



▼ Immissionschadzonen 1990



▼ Forstliche Dauerbeobachtungsfläche



▼ Waldzustand in Sachsen (1991–2002)

