

3 Wirkungen luftverunreinigender Stoffe

Es ist das Ziel des Bundes-Immissionschutzgesetzes, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen (Immissionen) zu schützen. Immissionen treten als Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme und Strahlen auf. Aus der Vielfalt einerseits der Schutzgüter und andererseits der Immissionen resultiert

auch eine Vielfalt von Ursache-Wirkungs-Beziehungen, zumal eine Wirkung oft durch mehrere Ursachen hervorgerufen wird. Im § 47 des Gesetzes werden Angaben über die Wirkungen von Luftverunreinigungen in Untersuchungsgebieten ausdrücklich gefordert. Im Land Sachsen-Anhalt erfolgten im Rahmen von Luftreinhalteplänen für bisher drei Untersuchungsgebiete entsprechende Ermittlungen.

3.1 Untersuchung der Wirkung auf Pflanzen im Untersuchungsgebiet 6

Im Rahmen des Luftreinhalteplanes für das Untersuchungsgebiet 6 (UG 6 – Großraum Dessau-Wittenberg-Bitterfeld) wurde der Einfluss von Luftverunreinigungen auf Pflanzen an 35 Standorten untersucht. Der Schwerpunkt lag auf städtischen Siedlungsgebieten. Messpunkte wurden auch im Einflussbereich industrieller Emittenten (Aken, Rodleben, Wittenberg, Bitterfeld/Wolfen, Zschornowitz) und der Autobahn sowie in Gebieten mit vermuteter geringer Belastung (Wald) eingerichtet. Standardisierte Graskultur und Flechtenexposition erfolgten an allen, die weiteren Untersuchungen nur an ausgewählten Standorten.

Die folgende Darstellung beschränkt sich weitgehend auf eine zusammengefasste Ergebnisdarstellung und -bewertung für die einzelnen Verfahren. Weitergehende Erläuterungen u.a. zur Untersuchungsmethodik und Messplanung sind den Materialien zum Luftreinhalteplan des UG 6 zu entnehmen.

Standardisierte Graskultur

Tabelle 53 zeigt die während des Beurteilungszeitraumes von Mai (19. Kalenderwoche) bis September (39. Kalenderwoche) 1996 in den Graskulturen angereicherten Gehalte von Schwefel, Fluorid, Arsen, Blei, Cadmium und Zink.

Tabelle 53: Standardisierte Graskultur

| Schadstoff | Mittelwert im UG 6 | Dimension | Bereich der Messpunktmittelwerte | Immissionseinfluss nachweisbar | Wirkungsniveau |
|------------|--------------------|-----------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Schwefel | 2840 | mg/kg TS | 2320-3240 | an 30 von 35 MP | sehr niedrig bis niedrig |
| Fluorid | 10,6 | mg/kg TS | 7,6-13,2 | an allen 35 MP | niedrig |
| Arsen | 0,20 | mg/kg TS | 0,13-0,36 | an 27 von 35 MP | sehr niedrig bis niedrig |
| Blei | 0,7 | mg/kg TS | 0,4-2,5 | an allen 35 MP | niedrig |
| Cadmium | 0,07 | mg/kg TS | 0,06-0,09 | nicht | sehr niedrig |
| Zink | 37 | mg/kg TS | 33-47 | an 12 von 35 MP | sehr niedrig bis niedrig |

MP: Messpunkt

Der Schwefelgehalt der standardisierten Graskulturen liegt im Mittel des Untersuchungsgebietes bei 2840 mg/kg TS (2320 mg/kg TS bis 3240 mg/kg TS) und damit über der Wirkungsnachweisgrenze von 2590 mg/kg TS. Immissionseinflüsse durch schwefelhaltige Luftverunreinigungen sind an 30 der 35 Messpunkten

nachweisbar, wobei das Wirkungsniveau im Mittel des Untersuchungsgebietes als „niedrig“, bezogen auf die einzelnen Messpunkte als „sehr niedrig“ bis „niedrig“ einzustufen ist. An keinem der untersuchten Standorte wird die Grenzwertempfehlung für sehr empfindliche Pflanzen von 4900 µg/g TS für Schwefel erreicht. Die

räumliche Differenzierung der ermittelten Anreicherung von Schwefel im Untersuchungsraum weist auf keine gravierenden Belastungsunterschiede der einzelnen Messpunkte hin.

Ein Vergleich der ermittelten Fluoridgehalte mit dem Grenzwert zum Schutz von Weidevieh von 30 mg/kg TS (Futtermittelverordnung) zeigt, dass die an den einzelnen Messpunkten als Mittel der Vegetationsperiode ermittelten Fluoridanreicherungen maximal 44 % des Grenzwertes erreichen. Für den höchsten Einzelwert eines 14-tägigen Expositionsintervalles von 18,0 mg/kg TS in der Graskultur am Messpunkt 'Roßlau' wurde ein Grenzwertanteil von 68 % berechnet. Wird der Übertragungsschlüssel des UBA-Forschungsberichtes (Umwelt 12, 1993) zur Beurteilung herangezogen, so sind bei den ermittelten Fluorid-Gehalten der standardisierten Graskulturen aus dem UG 6 keine relevanten Schadstoffbelastungen in der Vegetation (Wiesenaufwuchs, Löwenzahn, Rotklee, Weißklee) zu erwarten. Maßnahmen zum Schutz von Weidetieren sind nicht zu ergreifen. Räumliche Unterschiede hinsichtlich der ermittelten Anreicherungen von Fluorid wurden im UG 6 nicht festgestellt. Insgesamt ist 1996 im UG 6 ein Immissionseinfluss durch fluoridhaltige Luftverunreinigungen an allen Messpunkten nachweisbar. Das Wirkungsniveau ist im Mittel des Untersuchungsraumes sowie an den einzelnen Messpunkten als „niedrig“ einzustufen.

Die Bleigehalte der standardisierten Graskulturen liegen im Mittel des UG 6 bei 0,7 mg/kg TS, an den einzelnen Messpunkten zwischen 0,4 mg/kg TS

('Dessau-Mosigkau' und 'Kapen-Mühle') und 2,5 mg/kg TS (Bitterfeld-Industriegebiet). Unter Berücksichtigung der Wirkungsnachweisgrenze von 0,2 mg/kg TS ist somit ein Immissionseinfluss bleihaltiger Luftverunreinigungen an allen Messpunkten nachweisbar. Das Wirkungsniveau ist im Mittel des Untersuchungsraumes ebenso wie an allen Messpunkten als „niedrig“ einzustufen.

Ein Vergleich mit dem VDI-Richtwert zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere (empfindlichste Weidetierart) von 10 mg/kg TS zeigt, dass der höchste an den einzelnen Messpunkten gemessene Mittelwert der Vegetationsperiode mit 2,5 mg/kg TS sowie der höchste Einzelwert mit 6,8 mg/kg TS am Messpunkt 'Bitterfeld-Industriegebiet' etwa 25 % bzw. 68 % dieses Richtwertes erreicht. An den Messpunkten 'Dessau-Junkersstraße' und 'Autobahnraststätte Köckern' wurden mit 3,6 mg/kg TS bzw. 2,6 mg/kg TS (entsprechend einem VDI-Richtwertanteil von 36 % bzw. 26 %) ebenfalls signifikante Einzelwerte gemessen. Wird der o.a. Übertragungsschlüssel des UBA-Forschungsberichtes zur Beurteilung herangezogen, so sind bei den ermittelten Blei-Gehalten der standardisierten Graskulturen aus dem UG 6 keine relevanten Schadstoffbelastungen in der Vegetation (Wiesenaufwuchs, Löwenzahn, Rotklee, Weißklee) zu erwarten. Maßnahmen zum Schutz von Weidetieren sind nicht zu ergreifen.

Indikatorfächer für Photooxidantien

Tabelle 54 zeigt die Ergebnisse der an den Indikatorpflanzen festgestellten prozentualen Blattflächenschädigungen aus den 8 Expositionszeiträumen von Mai (21. Kalenderwoche) bis September (37. Kalenderwoche) 1996.

Tabelle 54: Indikatorfächer für Photooxidantien

| Indikator | Mittelwert im UG 6 | Dimension | Bereich der Messpunktmittelwerte | Wirkungsniveau |
|----------------------|--------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| Tabak ('Bel W3') | 30 | mittlere Blattschädigung in % | 12-39 | niedrig bis hoch |
| Buschbohne ('Pinto') | 30 | mittlere Blattschädigung in % | 2-6 | sehr niedrig bis niedrig |

Der Mittelwert der an den Tabakpflanzen der 15 untersuchten Messpunkte während der Vegetationsperiode 1996 festgestellten Blattschädigungen liegt bei rund 30 %. Die an den Einzelmesspunkten ermittelten

durchschnittlichen Blattschädigungen liegen in einem Bereich von 12 % ('Autobahnraststätte Köckern') bis 39 % ('Wittenberg-Zentrum'), was einem „niedrigen bis hohen“ Wirkungsniveau

photochemischer Oxidantien im UG 6 entspricht. Ein „niedriges“ Wirkungsniveau tritt jedoch nur an dem stark verkehrsbeeinflussten Messpunkt 'Autobahnraststätte Köckern' auf; dieses Ergebnis korreliert mit der relativ niedrigen Ozonkonzentration in der Nähe von Verkehrswegen. Obwohl das Jahr 1996 keinen „Bilderbuch-Sommer“ hatte, weisen die überwiegend „mittleren“ bis „hohen“ Tabakschädigungen auf eine potentiell vorhandene Gefährdung der Vegetation durch Photooxidantien hin. Die höchsten Photooxidantienbelastungen treten im Nordosten des Untersuchungsgebietes im Raum Wittenberg auf, die anderen Siedlungszentren zeigen - mit Ausnahme des Stadtrandgebietes von Wolfen - deutlich geringere Blattschädigungen an Tabak.

Die am Bioindikator Buschbohne als Mittelwert der 15 untersuchten Messpunkte während der Vegetationsperiode 1996 festgestellten Blattschädigungen betragen rund 3 %. Mit Werten von 2 % bis 6 % für die Blattschädigungen an den einzelnen Messpunkten ergibt sich für den Beurteilungszeitraum ein überwiegend „sehr niedriges“ Wirkungsniveau. Lediglich der Messpunkt 'Quetzdölsdorf' erreicht ein „niedriges“ Wirkungsniveau. Aufgrund der

insgesamt geringen Blattschädigungsgrade lässt sich bei der Buschbohne zwischen dem stark verkehrsbeeinflussten Messpunkt 'Autobahnraststätte Köckern' und den übrigen Messpunkten kaum ein Unterschied feststellen. Die Buschbohne weist im Gegensatz zu Tabak generell eine geringere Empfindlichkeit gegenüber Ozon auf und reagiert erst ab einer bestimmten Wirkungsschwelle sowie in Abhängigkeit des vorliegenden Mischungsverhältnisses von Photooxidantien und anderen Luftschadstoffen mit der Ausprägung von Schadsymptomen. Die räumliche Differenzierung der Photooxidantienwirkung im UG 6 ist bei der Buschbohne weniger ausgeprägt als beim Tabak.

Boden und Salat aus Haus- und Kleingärten

An 15 der 35 Standorte erfolgten Wirkungsuntersuchungen an Salat, der in Hausgärten ausgepflanzt wurde. Gleichzeitig erfolgte auch eine Untersuchung dieser Gärten. Die ermittelten Arsen-, Blei-, und Cadmiumgehalte der insgesamt 15 Bodenproben aus Haus- und Kleingärten sind in Tabelle 55 angegeben.

Tabelle 55: Boden

| Schadstoff | Mittelwert im UG 6 | Dimension | Bereich der Einzelwerte | Anteile am Prüfwert | Beurteilung |
|------------|--------------------|---------------|-------------------------|---------------------|------------------------|
| Arsen | 12,5 | mg/kg | 4,6-30,0 | 12 % - 75 % | alle MP unter Prüfwert |
| Blei | 136 | lufttrockener | 24-846 | 8 % - 282 % | 2 MP über Prüfwert |
| Cadmium | 0,63 | Boden | 0,28-1,20 | 14 % - 60 % | alle MP unter Prüfwert |

MP: Messpunkt

Die Arsen- und Cadmiumgehalte des Bodens unterschreiten an allen Probenahmepunkten meist deutlich die jeweiligen Prüfwerte der Handlungsempfehlungen für den Umgang mit kontaminierten Böden im Land Sachsen-Anhalt. Prüfwertanteile von über 50 % wurden für Arsen am Messpunkt 'Dessau-Scheplake', für Cadmium an den Messpunkten 'Dessau-Scheplake' und 'Wittenberg-Zentrum' ermittelt. Für Blei ergaben sich an 2 der 15 Messpunkte ('Wolfen-Zentrum', 'Friedersdorf') Prüfwertüberschreitungen von 105 % bzw. 282 %. Der Sanierungsschwellenwert von 1000 mg/kg TS wird dabei nicht erreicht. Der maximale Bleigehalt des Hausgartens in Friedersdorf liegt allerdings mit 846 mg/kg TS Boden nicht weit von der Größenordnung des Sanierungsschwellenwertes entfernt.

Werden die im UG 6 ermittelten Arsen-, Blei-, und Cadmiumgehalte mit Hintergrundwerten (Normalgehalte) verglichen, so liegen die Arsengehalte, abgesehen vom Messpunkt 'Dessau-Scheplake' im Bereich bzw. unter dem Hintergrundwert, während Blei und Cadmium meist mehr oder weniger deutlich über den jeweils angegebenen Hintergrundwerten liegen. Hinsichtlich der räumlichen Differenzierung ist festzustellen:

- Der Messpunkt 'Dessau-Scheplake' zeigt für alle 3 analysierten Elemente im Vergleich zu den anderen Messpunkten überdurchschnittlich hohe Werte. Der sandige Boden von 'Aken' weist insgesamt die niedrigsten Gehalte auf.
- Bei Arsen wurden die höchsten Bodengehalte am nordöstlichen

- Siedlungsrand von Dessau am Messpunkt 'Dessau-Scheplake' (30 mg/kg TS) sowie am Messpunkt 'Zschornewitz' (19 mg/kg TS) ermittelt.
- Bei Blei deuten die an den Messpunkten 'Wolfen-Zentrum' (315 mg/kg TS) und 'Friedersdorf' (846 mg/kg TS) ermittelten erhöhten Anreicherungen auf einen Belastungsschwerpunkt im Raum Bitterfeld/Wolfen hin.

Die im UG 6 ermittelten Schadstoffgehalte der insgesamt 15 Salatproben aus Haus- und Kleingärten sind in Tabelle 56 dargestellt. Die Arsen- und - mit einer Ausnahme - auch die Bleigehalte in den 2 Pflanzserien der 15 untersuchten Messpunkte liegen deutlich unter den vom Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin angegebenen Richtwerten (9 % bzw. 18 % der ZEBS-Richtwerte).

Tabelle 56: Salat

| Schadstoff | Mittelwert im UG 6 | Dimension | Bereich der Einzelwerte | Anteile am Richtwert | Beurteilung |
|------------|--------------------|-----------|-------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Arsen | | | | | |
| Serie 1: | 0,008 | mg/kg FS | 0,002-0,018 | 1 %-9 % | alle Proben unter Richtwert |
| Serie 2: | 0,009 | mg/kg FS | 0,002-0,017 | 1 %-9 % | alle Proben unter Richtwert |
| Blei | | | | | |
| Serie 1: | 0,11 | mg/kg FS | 0,02-0,99 | 3 %-124 % | 1 Probe über Richtwert |
| Serie 2: | 0,08 | mg/kg FS | 0,04-0,14 | 5 %-18 % | alle Proben unter Richtwert |
| Cadmium | | | | | |
| Serie 1: | 0,036 | mg/kg FS | 0,006-0,111 | 5 % - 111 % | 1 Probe über Richtwert |
| Serie 2: | 0,05 | mg/kg FS | 0,013-0,129 | 13 %-129 % | 2 Proben über Richtwert |

Serie 1: Aussaatzeitraum von 6 Wochen ab Mitte Juni bis Ende Juli

Serie 2: Aussaatzeitraum von 8 Wochen ab Ende Juli bis Ende September

Richtwerte des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin für Schadstoffe in Lebensmitteln (1976, 1997)

FS: Frischsubstanz

Die bei Blei in der 1. Pflanzserie am Messpunkt 'Coswig' ermittelte Richtwertüberschreitung von 24 % sollte, nachdem die Proben der 2. Pflanzserie sowie des Standortbodens eher unauffällig niedrige Gehalte aufweisen, nicht überbewertet werden. Die in den Bodenproben der Messpunkte 'Wolfen-Zentrum' und 'Friedersdorf' festgestellten überdurchschnittlich hohen Bleigehalte mit Prüfwertüberschreitungen von 105 % bzw. 282 % führen zu keinen erhöhten Gehalten in den geernteten Salatpflanzen. Dieses Ergebnis stimmt mit Literaturangaben überein, wonach Blei-Verbindungen aus dem Boden zwar in die äußeren Schichten der Wurzeln aufgenommen werden, der Transport in oberirdische Pflanzenteile, also die Blattorgane, jedoch sehr gering ist.

Für Cadmium wurden im Vergleich zu den beiden anderen Elementen höhere Anreicherungen ermittelt. Die Richtwertanteile der Einzelproben reichen von 5 % bis 129 %. In insgesamt 4 Proben wird der ZEBS-Richtwert erreicht bzw. überschritten (1 Probe Pflanzserie 1, 3 Proben Pflanzserie 2). Die relativ höheren Gehalte an Cadmium im Salat sind darauf

zurückzuführen, dass Cadmium im Boden eine hohe Mobilität aufweist, gut pflanzenverfügbar ist und durch Aufnahme über die Wurzeln in Pflanzen angereichert wird. Aber auch in der Pflanze ist Cadmium relativ gut beweglich, was den Transfer von der Wurzel in die Blattorgane begünstigt. Die pflanzenartspezifische Cadmiumanreicherung ist nach Angaben aus der Literatur bei Salat als „hoch“ angegeben. Die gute Pflanzenverfügbarkeit von Cadmium, vor allem bei niedrigen pH-Werten des Bodens, zeigt sich deutlich an den Ergebnissen der Probenahmepunkte 'Coswig' und 'Bad Schmiedeberg'. An diesen beiden Standorten, die von allen Bodenproben im UG 6 die niedrigsten pH-Werte aufwiesen (5,3 bzw. 5,6), ergaben sich, bei relativ geringen Cadmiumgehalten im Boden, maximale Cadmiumanreicherungen im Salat mit Richtwertüberschreitungen von 11 % bzw. 29 %.

Verglichen mit Ergebnissen anderer Untersuchungen liegen die in Salatproben aus dem UG 6 ermittelten Blei- und Cadmiumgehalte in ähnlicher Größenordnung wie die in

Nahrungspflanzen aus dem Belastungsgebiet Rheinschiene Süd/Bonn (Erhebungsjahr 1987 und 1989). Der für dieses Gebiet erstellte Luftreinhalteplan enthält die Empfehlung, bei erhöhten Cadmiumgehalten in Nahrungspflanzen zum Schutz der Gesundheit vorsorglich auf den Anbau der stark Cadmium anreichernden Kulturen wie Sellerie, Spinat und Salat zu verzichten. Dies trifft in der vorliegenden Untersuchung auf die Messpunkte 'Aken', 'Coswig', 'Wittenberg-Zentrum' und 'Bad Schmiedeberg' zu, wobei der Salat am Messpunkt 'Bad Schmiedeberg' im Mittel der beiden Pflanzserien die höchsten Cadmium-Anreicherungen aufweist.

Im Vergleich zu Ergebnissen von 1993 im UG 10 (Naumburg, Weißenfels, Zeitz, Hohenmölsen) und im Raum Chemnitz untersuchten Salatproben ist das UG 6 hinsichtlich Arsen, Blei und Cadmium als etwas höher belastet einzustufen. Vergleiche mit Ergebnissen aus dem UG9 (Großraum Halle, Merseburg) zeigen bei Blei und Cadmium eine ähnliche Größenordnung der Schadstoffgehalte, während die Arsen-Belastung von Salat im UG 6 deutlich niedriger ausfällt.

Werden als Beurteilungskriterien für die Arsen-, Blei- und Cadmiumgehalte der Salatproben die Normalgehalte von Pflanzen herangezogen, so liegen alle ermittelten Gehalte innerhalb der aufgeführten Normalgehaltbereiche. In der Literatur angegebene ertragsbezogene

Toxizitätsbereiche für Schwermetallgehalte in Pflanzen bzw. kritische Schadstoffkonzentrationen für den Pflanzenwuchs werden im UG 6 nicht erreicht.

Die räumliche Verteilung der Schadstoffbelastung der Pflanzen im UG 6 zeigt, dass die Maximalwerte, je nach Element, meist an unterschiedlichen Standorten festgestellt werden. Belastungsschwerpunkte sind in erster Linie beim Cadmium feststellbar. Eine erhöhte Cadmium-Anreicherung findet sich an den Messpunkten 'Aken', 'Coswig', 'Wittenberg-Zentrum', 'Friedersdorf' und 'Bad Schmiedeberg'.

Zusammenhänge zwischen den ermittelten Gehalten der Bodenproben und den am jeweiligen Messpunkt geernteten Pflanzenproben lassen sich nur in wenigen Fällen feststellen. Hinzuweisen ist auf den Messpunkt 'Aken', wo Sand als Bodenart die Aufnahme mobiler Schwermetalle wie Cadmium erleichtert, da keine Festlegung durch Tonminerale im Boden erfolgt. Darüber hinaus hat - wie bereits oben angesprochen - der pH-Wert Bedeutung als bodenspezifische Ursache für die Maximalwerte der Cadmiumanreicherung im Salat.

Standardisierte Flechtenexposition

In Tabelle 57 sind die im UG 6 ermittelten Flechtenschadigungsgrade nach einer Exposition von 180 Tagen (Zwischenbonitur) bzw. 360 Tagen (Endbonitur) aufgeführt.

Tabelle 57: Flechtenexposition

| | Mittelwert im UG 6 | Dimension | Bereich der Messpunktmittelwerte | Immissionseinflüsse nachweisbar | Wirkungsniveau |
|--------------------------------|--------------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|---|
| Zwischenbonitur nach 180 Tagen | 5,4 | Schädigung in % | 1,6-74 | an 1 von 35 MP | sehr niedrig (1 MP: hoch) |
| Endbonitur | 9,4 | Schädigung in % | 3,0-87,5 | an 7 von 35 MP | sehr niedrig bis niedrig nach 360 Tagen (1 MP: sehr hoch) |

MP: Messpunkt

Nach 180-tägiger Exposition ergab die Bonitur als Durchschnitt aller 35 Messpunkte einen Flechtenschadigungsgrad von rund 5,4 %, was einem „sehr niedrigen“ Wirkungsniveau entspricht. Bis auf eine Ausnahme (Messpunkt 'Wittenberg-Piesteritz') liegen alle Flechtenschädigungen unter 10 %. Somit lassen sich im

Winterhalbjahr 1996/97 fast im gesamten UG 6 keine Immissionseinflüsse pflanzenschädlicher Wirkungen von anorganischen Schadstoffen, insbesondere sauren Luftverunreinigungen nachweisen. Die Endbonitur nach einjähriger Expositionszeit ergab im Mittel der 35 Messpunkte einen Flechtenschadigungsgrad

von 9,4 %. An insgesamt 7 Messpunkten ist mit Werten größer 10 % Flechtenschädigung ein Immissionseinfluss nachweisbar. Mit wiederum einer Ausnahme (Messpunkt 'Wittenberg-Piesteritz') ist das Wirkungsniveau als „sehr niedrig„ bis „niedrig“ zu klassifizieren.

Am Messpunkt 'Wittenberg-Piesteritz' wurde eine „sehr hohe“ Flechtenschädigung von 74 % bzw. 87,5 % festgestellt. Das an diesem Messpunkt untypische Flechtenschadbild mit hellbraunen Thal-lusverfärbungen - im Gegensatz zu den typischen hell-weißen Verfärbungen durch saure Luftverunreinigungen wie Schwefeldioxid - lässt sich als Hinweis auf andere an diesem Standort einwirkende zusätzliche Immissionseinflüsse interpretieren. Diese könnten unter Umständen mit dem etwa 600 m bis 800 m westlich gelegenen Stickstoffwerk (Agrochemie) in Zusammenhang stehen. Dafür spricht auch, dass z.B. Ammoniak- oder Ammoniumverbindungen, die bei der Intensivtierhaltung entstehen, Flechtenschädigungen dieser Art hervorrufen können.

Entsprechend dem Ergebnis der geringen Flechtenschädigungen im Untersuchungsgebiet ist die räumliche Differenzierung der Belastungssituation nur wenig ausgeprägt. Die Messpunkte, an denen ein Immissionseinfluss feststellbar ist, liegen im Wesentlichen im Bereich der Siedlungs- und Industriezentren. Der Messpunkt 'Wittenberg-Piesteritz' mit sehr hohem Wirkungsniveau stellt eine Ausnahmesituation dar.

Im Rahmen verschiedener Untersuchungen in der Bundesrepublik konnte festgestellt

werden, dass Flechtenschädigungen durch saure Luftverunreinigungen heute auch in Ballungsgebieten kaum noch nachweisbar sind. Der abnehmende Trend der Belastungssituation durch saure Immissionswirkungen lässt sich auch in Sachsen-Anhalt beobachten.

Die zeitgleich zum UG 6 1996/97 im UG 10 durchgeführte Wiederholung der Flechtenexposition in den Siedlungszentren Zeitz, Weißenfels und Naumburg ergab lediglich „sehr niedrige“ bis „niedrige“ Wirkungen an denselben Messpunkten, die 1992/93 „mittlere“ bis „sehr hohe“ Flechtenschädigungen aufwiesen (siehe Immissionsschutzbericht 1997). Die Schädigungsniveaus der Flechten im UG 10 und UG 6 sind vergleichbar. In keinem der beiden Untersuchungsgebiete (mit Ausnahme von Messpunkt 'Wittenberg-Piesteritz') wurden Immissionseinflüsse ermittelt, die Schädigungen an höheren Pflanzen erwarten lassen.

Flechtenkartierung

An 32 Standorten der 35 Messpunkte des UG 6 war eine Flechtenkartierung der untersuchten Baumartengruppe mit „mäßig saurer Borke“ möglich. An allen ausgewählten Bäumen innerhalb der auswertbaren Kartierflächen wurde als einzige Flechtenart *Lecanora conizaeoides* gefunden. Eine zusammenfassende Ergebnisdarstellung zeigt Tabelle 58. Der mittlere Deckungsgrad lag zwischen 1 % ('Greppin') und 57 % ('Dessau-Ziebigk', 'Gräfenhainichen'). In allen kartierten Messflächen ist damit die Belastung der Luft nach der VDI-Richtlinie 3799 Blatt 1 mit „extrem hoch“ zu bewerten.

Tabelle 58: Flechtenkartierung

| Luftgüte-klasse | Deckungsgrad von <i>Lecanora conizaeoides</i> | Anzahl der Messpunkte in der Klasse | Bewertung der Luftbelastung/Luftgüte in der Vergangenheit |
|-----------------|---|-------------------------------------|---|
| 1 | 0 % - 20 % | 12 von 32 MP | extrem hoch/relativ schlechter |
| 2 | 21 % - 40 % | 13 von 32 MP | extrem hoch/ mittel |
| 3 | 41 % - 60 % | 7 von 32 MP | extrem hoch/relativ besser |

MP: Messpunkt

Eine eindeutige Zonierung von Luftgütebereichen innerhalb des gesamten Untersuchungsgebietes konnte nicht festgestellt werden. Auffällig war, dass in den Zentren von Bitterfeld/Wolfen und Dessau die geringsten Deckungsgrade ermittelt wurden. Die im Einflussbereich von industriellen Emittenten gelegenen Kartierstandorte 'Aken' (Magnesitwerk) und 'Roßlau' (Chemische Industrie/Hydrierwerk)

zeigten ebenfalls geringe Deckungsgrade, was als Hinweis auf eine besonders hohe Luftbelastung in der Vergangenheit gedeutet werden kann. An diesen Standorten war demnach selbst die extrem toxischere Flechte *Lecanora conizaeoides* nicht überlebensfähig. In den Randgebieten der industriellen Ballungsräume und Siedlungszentren sowie an einigen Standorten im Umland mit geringer industrieller

Dichte (z.B. 'Gräfenhainichen', 'Bad Schmiedeberg') wurden die höchsten Flechtendeckungsgrade ermittelt. Hier lagen wahrscheinlich in den letzten Jahren günstigere Bedingungen für das Flechtenwachstum auf den versauerten Borkensubstraten vor, so dass sich zunächst die bereits vorhandene Flechte *Lecanora conizaeoides* vermehren konnte. Aus den siebziger Jahren vorliegende Ergebnisse über die Verbreitung von *Lecanora conizaeoides* und *Lecanora varia* im Bereich Bitterfeld und der Dübener Heide zeigen ebenfalls im Bereich Bitterfeld-Wolfen den geringsten Flechtenbesatz und eine mit der Entfernung nach Osten hin zunehmende Flechtenbesiedlung. Dies steht auch im Einklang mit den Ergebnissen aus dem UG 9 (Großraum Halle, Merseburg), wo als Folge der hohen Luftbelastung im städtischen Kerngebiet von Halle *Lecanora conizaeoides* fehlte, während bei sinkender Belastung in der Umgebung eine Zunahme des Deckungsgrades zu beobachten war.

Ansätze für eine Flechten-Wiederbesiedlung wurden bei der Kartierung im UG 6 kaum gefunden. Am nicht in die

Gesamtauswertung eingegangenen Waldlichtungsstandort 'Kapen-Mühle' trat als weitere zusätzliche Krustenflechte *Lepraria incana*, die als häufigste Lepraria-Art in luftverschmutzten Gebieten gilt, auf. Des Weiteren wurde am selben Standort an einer Birke die Blattflechte *Physcia adscendens* und am Messpunkt 'Wittenberg-West' ein Einzelexemplar von *Hypogymnia physodes* entdeckt. Der hohe Verarmungsgrad der Flechtenflora im UG 6, gekennzeichnet durch das fast ausschließliche Vorkommen von *Lecanora conizaeoides*, weist auf eine hohe Schadstoffbelastung in der Vergangenheit hin, welche die ebenfalls als belastet anzusehende Situation im UG 9 (Großraum Halle, Merseburg) deutlich übertrifft.

Grünkohlverfahren

In Tabelle 59 sind die ermittelten Gesamtanreicherungen der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (Summe von 20 PAK-Komponenten) und die Benzo(a)pyren-Gehalte der im Oktober/November 1996 für 8 Wochen im UG 6 exponierten Grünkohlpflanzen aufgeführt.

Tabelle 59: Grünkohlverfahren

| Schadstoff | Mittelwert im UG 6 | Dimension | Bereich der Messpunktmittelwerte | Immissionseinfluss nachweisbar | Wirkungsniveau |
|---------------|--------------------|-----------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| PAK-Summe | 1393 | µg/kg TS | 685-2086 | an allen 15 MP | niedrig bis hoch |
| Benzo(a)pyren | 16,0 | µg/kg TS | 4,8-35,2 | an 13 von 15 MP | sehr niedrig bis mittel |
| PCB-Summe | 18,9 | µg/kg TS | 6,8-39,0 | an 12 von 15 MP | |
| PCDD/F (I-TE) | 1,6 | ng/kg TS | 0,6-3,0 | an 4 von 5 MP | |

MP: Messpunkt

Die in den exponierten Grünkohlpflanzen ermittelten PAK-Summen-Gehalte liegen im Mittel des Untersuchungsgebietes bei 1393 µg/kg TS, an den einzelnen Messpunkten zwischen 685 µg/kg TS ('Kafen-Mühle') und 2086 µg/kg TS ('Dessau-Junkersstraße'). Unter Berücksichtigung der Wirkungsnachweisgrenze von 411 µg/kg TS ist somit ein Immissionseinfluss durch die Schadstoffgruppe der PAK an allen Messpunkten nachweisbar. Das Anreicherungs-niveau ist an 2 Messpunkten als „niedrig“, an 12 Messpunkten als „mittel“ und am Messpunkt 'Dessau-Junkersstraße' als „hoch“ einzustufen.

Bezüglich der kanzerogenen Leitkomponente Benzo(a)pyren (BaP) ergibt

sich für die 15 Messpunkte ein Gebietsmittelwert von 16 µg/kg TS. An den einzelnen Messpunkten liegen die Anreicherungswerte zwischen 4,8 µg/kg TS ('Wörlitzer Park') und 53,2 µg/kg TS ('Wolfen-Zentrum'). Die Wirkungsnachweisgrenze für einen Immissionseinfluss liegt bei 5,5 µg/kg TS. Der Nachweis eines Immissionseinflusses durch Überschreiten der Wirkungsnachweisgrenze ist an 13 der 15 Messpunkte gegeben. An 2 Messpunkten ergibt sich somit ein „sehr niedriges“ Anreicherungs-niveau. 7 Messpunkten ist ein „niedriges“ und 6 Messpunkten ein „mittleres“ Anreicherungs-niveau zuzuordnen. Die höchsten BaP-Anreicherungen traten an den Messpunkten 'Wolfen-Zentrum' und 'Bitterfeld-Industriegebiet'

auf. Die räumliche Verteilung zeigt die jeweils höchsten BaP-Anreicherungen in den Industrie- und Siedlungszentren Wolfen, Bitterfeld, Dessau und Wittenberg. Die geringsten Anreicherungen finden sich überwiegend außerhalb der Zentren in eher ländlich geprägtem Umfeld. Noch unterhalb der Wirkungsnachweisgrenze liegen die BaP-Anreicherungen an den Messpunkten 'Wörlitzer Park' und 'Aken'. Sie sind typisch für ländliche Gebiete. Die in einem mittleren Bereich gelegenen Werte aus dem UG 6 entsprechen der typischen Situation in städtischen Zentren, die höchsten Werte spiegeln die Belastungssituation industrieller Ballungsgebiete wider. Die 1996 im UG 6 ermittelten BaP-Anreicherungen (Mittelwert $16 \mu\text{g}/\text{kg TS}$) liegen auf einem vergleichbaren Niveau wie 1992 im UG 10 (Mittelwert $15 \mu\text{g}/\text{kg TS}$). Zum Vergleich: 1994 wurden in Chemnitz höhere (Mittelwert $41 \mu\text{g}/\text{kg TS}$), 1994 im UG 9 (Mittelwert $11 \mu\text{g}/\text{kg TS}$) und 1995 in Dresden (Mittelwert $11 \mu\text{g}/\text{kg TS}$) niedrigere BaP-Anreicherungen ermittelt.

Ebenfalls in Tabelle 59 sind die ermittelten PCB-Anreicherungen (PCB-Summe nach DIN 51527) der im UG 6 exponierten Grünkohlpflanzen aufgeführt. Die in den exponierten Grünkohlpflanzen ermittelten PCB-Gehalte liegen im Mittel des UG 6 bei $18,9 \mu\text{g}/\text{kg TS}$, an den einzelnen Messpunkten zwischen $6,8 \mu\text{g}/\text{kg TS}$ ('Zschornowitz') und $39,0 \mu\text{g}/\text{kg TS}$ ('Wolfen-Zentrum'). Aus dem Schwankungsbereich der Kontrollwerte aus der Open-Top-Kammer ist als Kriterium zur Abschätzung eines vorhandenen Immissionseinflusses ein Gehalt von $11 \mu\text{g}/\text{kg TS}$ (obere Grenze des Schwankungsbereiches) herauszuziehen. Somit ist an 12 von 15 Messpunkten die Anreicherung der PCB in den exponierten Grünkohlpflanzen als immissionsbedingt einzustufen. Die mit Werten über $30 \mu\text{g}/\text{kg TS}$ höchst belasteten Messpunkte 'Wolfen-Zentrum', 'Bitterfeld-Industriegebiet', 'Wittenberg-Piesteritz' und 'Aken' sind durch ihre Lage in unmittelbarer Nähe zu industriellen Zentren gekennzeichnet. Im Vergleich zu Werten aus anderen Untersuchungen sind die im UG 6 ermittelten PCB-Anreicherungen an den geringst belasteten Messpunkten als typisch für ländliche Gebiete einzustufen. Die höher belasteten Messpunkte entsprechen den typischen Belastungen städtischer Zentren und industrieller Ballungsgebiete. Insgesamt

sind die PCB-Anreicherungen im Grünkohl deutlich höher als 1994 im UG 9. Der Prüfwert der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen (LÖLF) wird an allen Messpunkten überschritten. Als Maßnahme bei der Überschreitung des Prüfwertes wird von der LÖLF empfohlen, die Immissionssituation zu überprüfen, um Anreicherungen von PCB in der Nahrungskette des Menschen (Nahrungs- und Futterpflanzen) zu vermeiden. An insgesamt 9 der 15 Messpunkte werden die hilfswise zur Orientierung herangezogenen MID-Werte der VDI-Richtlinie 2310, Blatt 32, für die Gehalte an PCB 138 und z. T. PCB 153 überschritten. Es sind dies die Messpunkte 'Roßlau', 'Aken', 'Wittenberg-Piesteritz', 'Wittenberg-Zentrum', 'Wolfen-Zentrum', 'Bitterfeld-Industriegebiet', 'Bitterfeld-Süd', 'Autobahnraststätte Köckern' und 'Bad Schmiedeberg'. Es ist zu empfehlen, im Umkreis der am höchsten belasteten Messpunkte angebaute Futterpflanzen auf PCB-Anreicherungen zu untersuchen.

Weiterhin sind in Tabelle 59 die ermittelten Dioxin-/Furan-Anreicherungen (Internationale Toxizitäts-Äquivalente, I-TE nach NATO/CCMS) der im UG 6 exponierten Grünkohlpflanzen aufgeführt. Die in den exponierten Grünkohlpflanzen ermittelten Dioxin/Furan-Gehalte liegen im Mittel des UG 6 bei $1,6 \text{ ng}/\text{kg TS}$ (I-TE), an den einzelnen Messpunkten zwischen $0,6 \text{ ng}/\text{kg TS}$ (I-TE) ('Kapen-Mühle') und $3,0 \text{ ng}/\text{kg TS}$ (I-TE) ('Wittenberg-Zentrum'). Mit Ausnahme des Messpunktes 'Kapen-Mühle' ist die Anreicherung von PCDD/F in den exponierten Grünkohlpflanzen als immissionsbedingt einzustufen, da der PCDD/F-Gehalt der Grünkohl-Kontrollpflanzen aus der Open-Top-Kammer (Mittelwert: $0,46 \text{ ng}/\text{kg TS}$ (I-TE)) deutlich überschritten wird.

An den Messpunkten 'Dessau-Kulturamt', 'Kapen-Mühle', 'Zschornowitz' und 'Wolfen-Zentrum' liegen die ermittelten Dioxin-/Furan-Anreicherungen deutlich unterhalb des Vorsorgewertes des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen (LUA) von $3 \text{ ng}/\text{kg TS}$ (I-TE). Am Messpunkt 'Wittenberg-Zentrum' wird dieser Vorsorgewert gerade erreicht. Im Vergleich zu Werten aus anderen Untersuchungen (ländliche Gebiete: $0,44 - 2,20 \text{ ng}/\text{kg TS}$ (I-TE), städtische und/oder industrielle Ballungsgebiete: $1,38 - 5,92 \text{ ng}/\text{kg TS}$ (I-TE)) sind die im UG 6 ermittelten Dioxin-/Furan-Anreicherungen an den gering belasteten Messpunkten als

typisch für ländliche Gebiete einzustufen. Die höher belasteten Messpunkte entsprechen den typischen Belastungen städtischer Zentren und industrieller Ballungsgebiete. Dies entspricht auch Untersuchungsergebnissen des LUA (früher LIS) aus

dem Jahr 1990 in Nordrhein-Westfalen, von Dioxin/Furan-Anreicherungen in ähnlicher Größenordnung ermittelten. Die durchschnittlichen Gehalte reichten von 0,78 ng/kg TS (I-TE) im ländlichen Raum bis 2,1 ng/kg TS (I-TE) in Ballungszentren.

3.2 Wald¹

Waldbäume sind normalerweise sehr langlebige Organismen. Sie stehen innerhalb ihres Ökosystems in vielfältigen Wechselbeziehungen mit den anderen biotischen und abiotischen Elementen dieses Systems. Wegen ihrer großen Oberflächenausdehnung sowie ihrer Ortsgebundenheit sind sie darüber hinaus den von außen auf das Ökosystem einwirkenden Faktoren (Inputs) in besonderem Maße ausgesetzt. Zu den Inputs gehören auch vom Menschen verursachte Luftverunreinigungen. Bezüglich der Art ihrer Einwirkung werden (vereinfachend) im Allgemeinen zwei sog. Wirkungspfade, der Luft- und der Bodenpfad, unterschieden. Es finden auch die Bezeichnungen oberirdischer bzw. unterirdischer Pfad Verwendung. Unter Luftpfad ist die Einwirkung der Luftverunreinigungen auf die oberirdischen Pflanzenteile zu verstehen. Die Reaktionen treten dabei i.d.R. kurzfristig ein. Beim Bodenpfad gehen die Wirkungen von den in den Waldboden eingetragenen Stoffen aus. I.d.R. vollziehen sich zuerst eine Reihe chemischer Umwandlungsprozesse - darunter auch Pufferungsvorgänge - bevor die Einwirkungen auf die Vegetation erfolgen. Deshalb spielen beim Bodenpfad auch langfristige Anreicherungs- und damit Wirkungsprozesse eine wichtige Rolle.

Wegen der Komplexität der Prozesse ist es gegenwärtig nicht möglich, im Rahmen von Monitoringprogrammen großflächig den Anteil einzelner Faktoren an der Reaktion von Waldbäumen auf ihre Umwelt festzustellen. Seit dem verstärkten Sichtbarwerden großflächiger, allein mit klassischen Schadfaktoren (z.B. Witterung, Waldschädlinge) nicht erklärbarer Waldschäden Anfang der 80er Jahre wird in der Bundesrepublik eine Waldschadenserhebung (z.T. auch als Waldzustandserfassung bezeichnet) durchgeführt. Sachsen-Anhalt beteiligt sich seit 1991 jährlich an der Erhebung. Sie erfasst die Entwicklung des Gesundheitszustandes des Waldes als Resultat des Wirkens aller Umweltfaktoren. Als Indikator für den Gesundheitszustand dient dabei die Kronenausbildung der Bäume. Diese wird anhand der beiden Merkmale „Nadel- bzw. Blattverlust“ und „Vergilbung“ beurteilt. Das Verfahren beruht auf einer okularen Schätzung zufällig (mittels systematischem Gitternetz) ausgewählter Probestämme. Die Ergebnisse werden zu sog. Kombinationsschadstufen verdichtet. Diese haben folgende Bedeutung:

- Schadstufe 0 - ohne Schadmerkmale
- Schadstufe 1 - schwach geschädigt (Warnstufe)
- } Schadstufe 2 - mittelstark geschädigt
- } deutlich geschädigt
- } Schadstufe 3 - stark geschädigt
- } Schadstufe 4 - abgestorben }

Tabelle 60: Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1998 im Land Sachsen-Anhalt

| Baumart | Kombinationsschadstufe (in % der Bäume) | | | | | |
|---------------|---|----|---|---|-----|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 bis 4 |
| Kiefer | 66 | 28 | 4 | 0 | 0,5 | 5 |
| bis 60 Jahre | 74 | 21 | 3 | 0 | 0,4 | 4 |
| über 60 Jahre | 57 | 36 | 6 | 0 | 0,6 | 7 |

¹ Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt, Flechtingen

| | | | | | | |
|----------------|----|----|----|---|-----|----|
| Fichte | 50 | 26 | 22 | 1 | 0,4 | 24 |
| bis 60 Jahre | 80 | 15 | 4 | 1 | 0,7 | 5 |
| über 60 Jahre | 13 | 40 | 46 | 1 | 0,0 | 47 |
| Buche | 36 | 28 | 35 | 1 | 0,2 | 36 |
| bis 60 Jahre | * | * | * | * | * | * |
| über 60 Jahre | 14 | 35 | 50 | 1 | 0,0 | 51 |
| Eiche | 36 | 26 | 31 | 4 | 2,4 | 37 |
| bis 60 Jahre | 77 | 15 | 5 | 0 | 2,9 | 9 |
| über 60 Jahre | 14 | 33 | 45 | 6 | 2,1 | 53 |
| alle Baumarten | 56 | 29 | 14 | 1 | 0,8 | 16 |
| bis 60 Jahre | 69 | 22 | 6 | 1 | 0,9 | 8 |
| über 60 Jahre | 40 | 36 | 22 | 1 | 0,7 | 24 |

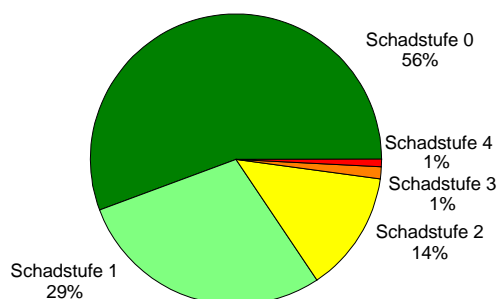
Abweichungen zu 100 % sind rundungsbedingt kursiv

* = zu geringe Probebaumzahl
= Werte wegen geringer Probebaumzahl unsicher

Ausführlichere Angaben zur Methodik, einschließlich der Herleitung der Schadstufen, können dem Waldschadensbericht des Landes² entnommen werden.

Nachfolgend werden in Kurzfassung die wichtigsten Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1998 dargestellt. Der Waldschadensbericht des Landes enthält eine detaillierte Darstellung dieser Ergebnisse.

Für das Land Sachsen-Anhalt wurde 1998 im Vergleich zum Vorjahr eine leichte Verschlechterung des Kronenzustandes der Waldbäume registriert. Der Anteil deutlicher Schäden stieg um 2 Prozentpunkte auf 16 %. Gleichzeitig war ein Rückgang des Anteiles an Bäumen ohne äußerlich sichtbare Schädmerkmale um 4 Prozentpunkte auf 56 % zu verzeichnen (Tabelle 60). Damit zeigten etwas mehr als die Hälfte aller Bäume keine äußerlich sichtbare Vitalitätsminderung. Etwa drei von zehn Bäumen waren schwach geschädigt. Ca. jeder sechste Baum wies deutliche Kronenschäden auf (Abbildung 53).



² Waldschadensbericht 1998 für das Land Sachsen-Anhalt. Herausg.: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Sachsen-Anhalt. 1998. 41 S.

Abbildung 53: Anteile der Kombinationsschadstufen 1998 im Land Sachsen-Anhalt (Summe aller Baumarten und Altersbereiche)

Ältere Bäume waren erheblich stärker geschädigt als jüngere. Bei den über 60-jährigen Bäumen war der Anteil mit deutlichen Schäden 3-mal so hoch wie bei den jüngeren (Tabellen 39 und 40 im Anhang).

Der Kronenzustand der Laubbäume ist wesentlich schlechter als der der Nadelbäume. Bei ersteren ist der Anteil deutlicher Schäden mehr als 3-mal so hoch wie bei letzteren (Tabelle 38 im Anhang).

Die Vergilbung spielte 1998 erneut nur eine untergeordnete Rolle. Lediglich 1,7 % aller Bäume zeigten Vergilbungerscheinungen. Die Einbeziehung von Ersatzbäumen an Stelle ausgefallener Probebäume übte auf das Ergebnis nur einen unbedeutenden Einfluss aus (z.B. Schadstufen 2 bis 4: -0,3 %). Seit der vorangegangenen Erhebung starben 0,2 % der Stichprobenbäume ab.

Die Entwicklung des Kronenzustandes und das vorgefundene Schadniveau waren bei den einzelnen Baumarten unterschiedlich. Deutliche Schäden zeigten: 5 % der Kiefern, 24 % der Fichten, 36 % der Buchen sowie 37 % der Eichen (Tabelle 60). Im Vergleich zum Vorjahr stieg das Schadniveau der Hauptbaumarten Kiefer, Fichte und Buche an. Lediglich bei Eiche war eine Verbesserung zu verzeichnen. Die Verschlechterung des Kronenzustandes der Kiefern war nur gering. Ihr Gesundheitszustand ist nach wie vor als gut einzuschätzen. Buchen und Eichen - letztere trotz Zustandsverbesserung - weisen weiterhin ein sehr hohes Schadniveau auf (Tabelle 38 im Anhang, Abbildung 54).

Bei den über 60-jährigen Bäumen hat sich der Schädigungsgrad von Eiche, Buche und

Fichte auf hohem Niveau angenähert (Tabelle 60).

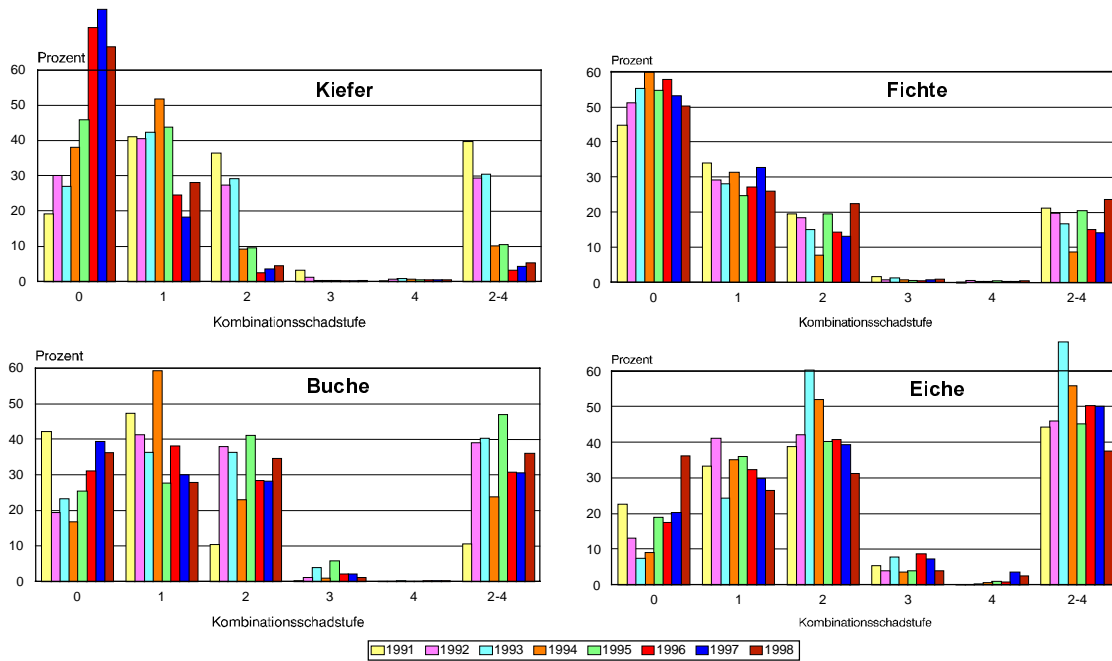


Abbildung 54: Entwicklung der Waldschäden bei den Hauptbaumarten in den Jahren 1991 bis 1998 (Summe aller Altersbereiche)

Bei Betrachtung der 8-jährigen Zeitreihe zeigt sich für den Gesamtwald des Landes, dass der 1996 und 1997 erreichte, bis dahin günstigste Waldzustand nicht ganz gehalten werden konnte (Abbildung 55). Damit bestätigt sich die im Vorjahr getroffene Feststellung vom Fortbestehen einer Labilität hinsichtlich des Gesundheitszustandes der Waldbestände. Das Schadniveau liegt aber weiterhin deutlich unter jenem zu Beginn der 90er

Jahre. Dies ist in erster Linie auf die Entwicklung der Baumart Kiefer zurückzuführen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Kiefern 1991 von großflächigen, z.T. sehr intensiven Fraßschäden betroffen waren. Bei den übrigen Hauptbaumarten Fichte, Buche und Eiche ist noch keine klare Tendenz für den Zeitraum 1991 bis 1998 abzuleiten (Abbildung 54).

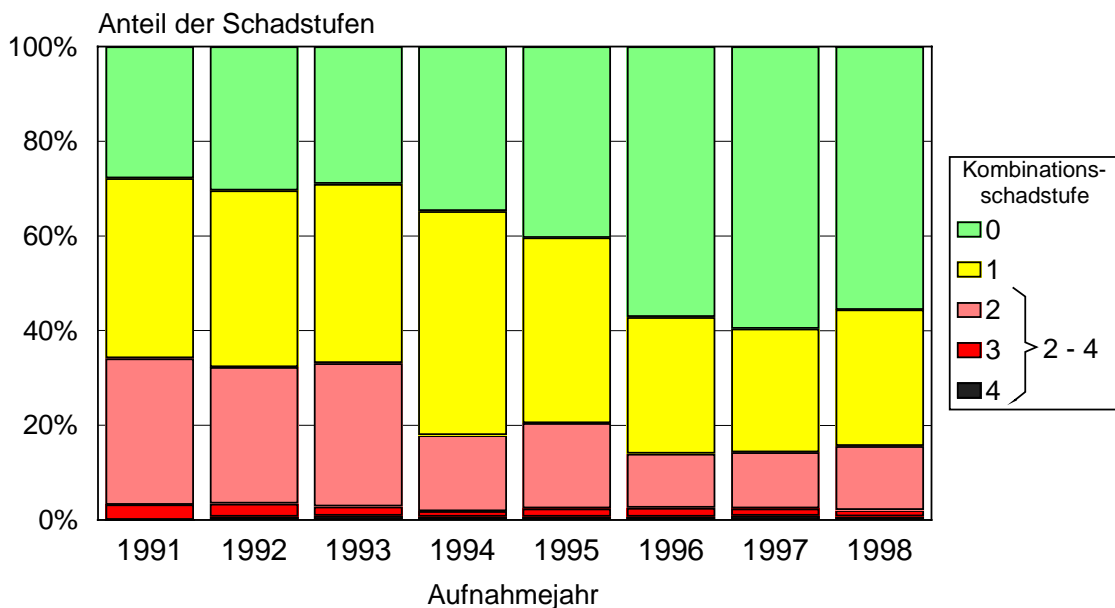


Abbildung 55: Entwicklung der Waldschäden 1991 bis 1998 für den Gesamtwald des Landes Sachsen-Anhalt (Summe aller Baumarten und Altersbereiche)

Das im bundesweiten Vergleich verhältnismäßig günstige Schadniveau in Sachsen-Anhalt ist in erster Linie dem hohen Anteil der Baumart Kiefer an der Gesamtwaldfläche des Landes - er liegt bei etwa der Hälfte - zu verdanken. Der gute Kronenzustand der Kiefern schlägt mit dementsprechendem Gewicht auf das Landesgesamtergebnis durch.

Das jährliche Ergebnis der Waldschadenserhebung wird neben Faktoren, die über einen längeren Zeitraum einen mehr oder weniger konstanten Einfluss ausüben, zusätzlich von (relativ) kurzfristig wirkenden Parametern, wie Witterungsverlauf, Schädlingsbefall sowie Blüte und Fruktifikation, beeinflusst. Die Ableitung langfristiger Trends (chronischer Schäden) erfordert deshalb eine lange Zeitreihe mit genügender zeitlicher Dichte der Aufnahmen. Für das Verständnis eines einzelnen Jahresergebnisses ist die Berücksichtigung der kurzfristig wirkenden Parameter unabdingbar. Von den Witterungseinflüssen waren für den 98er Kronenzustand in erster Linie trocken-warme Perioden im Sommer des Jahres 1997 sowie im Mai und August 1998 von Bedeutung. Sie führten verbreitet zu Trockenstress. Es kam nicht selten zu vorzeitigen Blatt- bzw. Nadelverlusten unterschiedlichen Ausmaßes. Besonders auffällig waren diese bei Pappel, Hainbuche, Birke und Robinie. Bemerkenswert waren auch die Monatsmitteltemperaturen, die im gesamten

Zeitraum von Dezember 1997 bis Juni 1998 über den Normalwerten lagen. Besonders extrem waren die Überschreitungen in den Wintermonaten Januar und Februar. Im Zusammenhang mit der Witterung ist auch die Blüte und Fruktifikation zu sehen. 1998 war für fast alle Baumarten ein ausgesprochenes Blüte- und Samenjahr. So fruktifizierten 71 % der über 60-jährigen Fichtenprobestämme mittelstark bis stark und weitere 18 % mit geringer Intensität. Die entsprechenden Werte für Buche lagen bei 63 bzw. 23 %. Das führte zu zusätzlichen physiologischen Belastungen für die Bäume. Forstschädlingen kam mit Ausnahme der Eiche im Jahr 1998 wiederum keine überregionale Bedeutung zu. Nach einem bereits im Jahr zuvor festgestellten Rückgang nahmen jedoch auch bei der Baumart Eiche die von der Eichenfraßgesellschaft verursachten Schäden weiter ab. Probleme bestehen weiterhin bei der exakten Einschätzung von Dichte und Verbreitung der schwer erkennbaren Eichen- und Buchen-Prachtkäfer.

Die im Rahmen der Waldschadenserhebung im Vergleich zum Beginn der 90er Jahre festgestellte Verbesserung des Kronenzustandes läuft parallel zu dem z.T. beträchtlichen Rückgang der Emission wichtiger Luftverunreinigungen in den östlichen Bundesländern, speziell auch in Sachsen-Anhalt. Die bisher überwiegend in urbanen Gebieten des Landes im Rahmen des LÜSA

durchgeführten Immissionsmessungen belegen eine Verbesserung der lufthygienischen Situation insbesondere bei den klassischen ostdeutschen Schadstoffen Schwefeldioxid und Schwebstaub, teilweise auch bei Stickstoffverbindungen (s. auch Abbildung 17). Der drastische Rückgang der Emission und damit auch der Immissionskonzentration beim Schwefeldioxid lässt (bei allen Unsicherheiten der Übertragung auf Waldgebiete) den Schluss zu, dass es zu einer merklichen Entlastung der Wälder über den Luftpfad gekommen ist. Dies hat zumindest in den ehemaligen, ballungsgebietsnahen Hauptbelastungsgebieten mit hoher Wahrscheinlichkeit zur Verbesserung des Kronenzustandes beigetragen.

Messungen der Stoffeinträge (Depositionen) in Waldbestände erfolgen in Sachsen-Anhalt aus Gründen des damit verbundenen Aufwandes gegenwärtig nur an sehr wenigen Standorten. Es besteht nach wie vor ein Defizit territorial und zeitlich repräsentativer Messreihen. Aus den wenigen veröffentlichten bzw. intern vorliegenden Werten lassen sich keine landesweiten Schlussfolgerungen ableiten. Untersuchungen in anderen Bundesländern sowie erste Modellierungen zeigen, dass die Einträge in Waldökosysteme nach derzeitigen Erkenntnissen vielerorts weiterhin über den langfristigen Verträglichkeitsgrenzen liegen. Das trifft nach wie vor in besonderem Maße für Stickstoffverbindungen zu. Auch künftig werden Einträge unterschiedlicher Stoffe in Waldökosysteme erfolgen. Eine Reihe dieser Stoffe reicht

sich selbst bei geringer Eintragsintensität in den Böden und Stoffkreisläufen an und führt so „schleichend“ zu schwerwiegenden Veränderungen in den Waldökosystemen. Für dringend benötigte Entscheidungsgrundlagen im Bereich der Luftreinhaltestrategie sowie der Waldökosystem-Erhaltung und -bewirtschaftung sind deshalb der weitere Ausbau des Depositions- bzw. Stoffbilanzmessnetzes im Wald, die Untersuchung bodendynamischer Prozesse unter den sich ändernden Immissions-/Depositionsbedingungen sowie die Feststellung der Auswirkungen auf den Gesundheitszustand der Waldbäume unerlässlich.

Die forstlichen Maßnahmen zum Waldumbau mit dem Ziel, unter Ausnutzung ökologischer Gesetzmäßigkeiten durch zunehmende Annäherung an den natürlichen Waldaufbau zur Stabilisierung der Waldbestände beizutragen, wurden im zurückliegenden Jahr fortgeführt. Richtschnur des Handelns bilden in Sachsen-Anhalt die „Leitlinie Wald“ sowie das „Landeswaldprogramm“. Die Ergebnisse werden zunehmend auch für Nichtforstleute sichtbar.

Die forstlichen Möglichkeiten allein reichen jedoch nicht aus, den Wald langfristig als gesundes, naturnahes und allen gesellschaftlichen Anforderungen gerecht werdendes Ökosystem zu erhalten. Zur Sicherung einer im umfassenden Sinne nachhaltigen Waldentwicklung sind auch künftig Anstrengungen der Gesellschaft zur weiteren Reduzierung der Schadstoffbelastung und zum Klimaschutz dringend erforderlich.