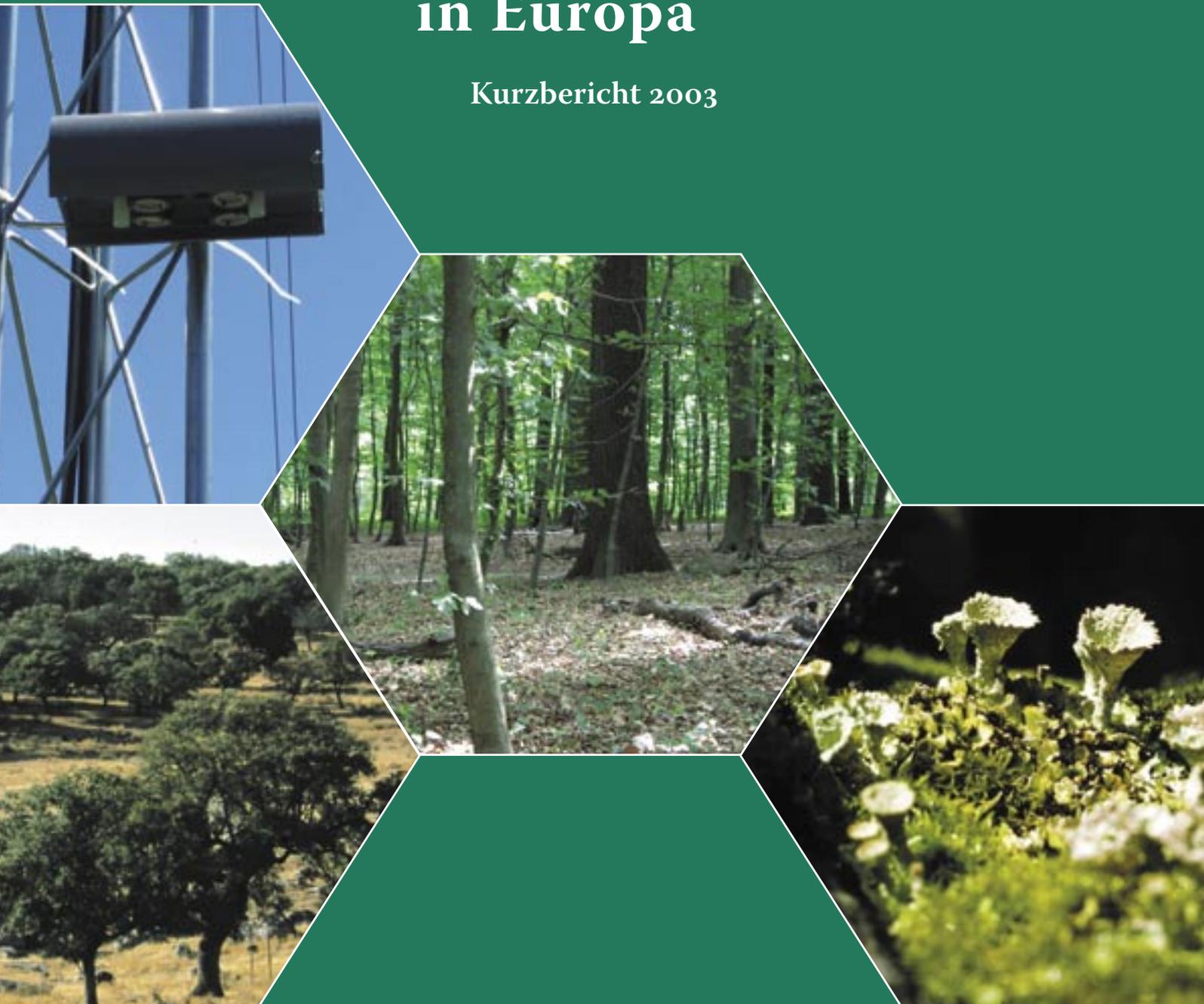


Wirtschaftskommission der
Vereinten Nationen für Europa

Europäische Kommission

Der Waldzustand in Europa

Kurzbericht 2003



Bundesforschungsanstalt
für Forst- und Holzwirtschaft (BFH)

Die Bezeichnungen und die Darstellung der Ergebnisse in diesem Bericht geben nicht die Auffassung des Sekretariats der Vereinten Nationen zur Rechtsstellung von Staaten, Hoheitsgebieten, Städten oder Gebieten bzw. deren Behörden oder zum Verlauf ihrer Grenzen wieder.

Bei den Ausführungen in diesem Bericht handelt es sich um die Ansichten der Verfasser, die von denen der Europäischen Kommission abweichen können.

Nach Zustimmung der Vollversammlung des ICP Forests wurde dieser Bericht von der Arbeitsgruppe „Auswirkungen“ des Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung freigegeben.

© UNECE und Europäische Kommission, Genf und Brüssel, 2003

Vervielfältigung erlaubt, ausgenommen für kommerzielle Zwecke, unter Angabe der Quelle

ISSN 1020-5888

Printed in Germany

DER WALDZUSTAND IN EUROPA

Kurzbericht 2003

Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung:
Internationales Kooperationsprogramm für die Erfassung und Überwachung
der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Wälder

Programm der Europäischen Union zum Schutz der Wälder gegen
Luftverunreinigungen

Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa

Europäische Kommission

Danksagung

Die Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa und die Europäische Kommission bedanken sich bei allen Personen und Einrichtungen, die zu der Erstellung dieses Berichts beigetragen haben, insbesondere bei der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft – Programmkoordinierungszentrum des ICP Forests, den nationalen Kontaktstellen für die Übermittlung von Daten; sowie bei den Autoren

R. Fischer (Hrsg., Kap. 1+6+7), W. de Vries (Kap. 3+5), E. Beuker (Kap. 2.2), V. Calatayud (Kap. 4), A. Fürst (Kap. 2.3), K.-H. Häberle (Kap. 4-Schwerpunktthema), T. Haußmann (Kap. 7), D.F. Karnosky (Kap. 4-Schwerpunktthema), G.H.M. Krause (Kap. 4), P. Gundersen (Kap. 5), M. Lorenz (Zusammenfassung+Kap. 7), S. Luyssaert (Kap. 2.3), R. Matyssek (Kap. 4-Schwerpunktthema), F.-J. Mayer (Kap. 2-Schwerpunktthema), S. Meining (Kap. 2-Schwerpunkt-

thema), V. Mues (Kap. 2.1), P. Neville (Kap. 6), K.E. Percy (Kap. 4-Schwerpunktthema), M. Posch (Kap. 3), T. Preuhsler (Kap. 2.2), H. Raitio (Kap. 2.3), G.J. Reinds (Kap. 3+5), J.P. Renaud (Kap. 6), M.J. Sanz (Kap. 4), E.D. Schulze (Kap. 5-Schwerpunktthema), E. Vel (Kap. 3+5).

INHALT UND HAUPTERGEBNISSE

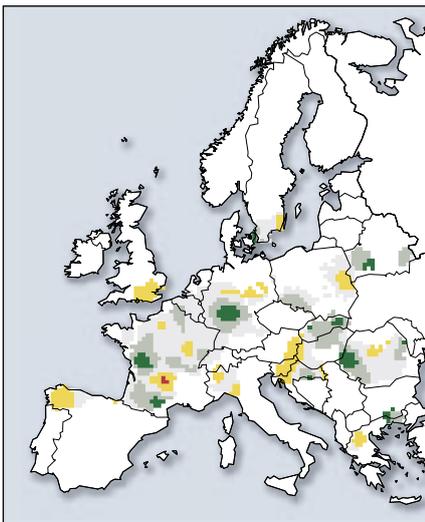
Vorwort	S. 6
Ergebnisse von 17 Jahren Waldzustandserfassung	S. 8



1. Die gesamteuropäische Waldzustandsüberwachung S. 11

Das gemeinsame Monitoringprogramm der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) und der Europäischen Union (EU) umfasst:

- 6 000 systematisch ausgewählte Level I-Flächen
- 860 Intensivbeobachtungsflächen (Level II)
- 39 Teilnehmerstaaten



Entwicklung des Eichenblattverlustes über fünf Jahre

2. Der weiträumig erfasste Waldzustand und Reaktionen der Bäume S. 13

Die jährlichen Erhebungen, die seit 17 Jahren durchgeführt werden, zeigen eine allgemeine Verschlechterung des Waldzustands, wobei Mitte der neunziger Jahre eine vorübergehende Erholung festzustellen war. 2002 wurde rund ein Fünftel der über 130 000 Probestämme in Europa als mittelstark oder stark geschädigt eingestuft.

Der Nadel-/Blattverlust der Baumkronen wird durch das Alter der Bäume, durch Witterungsextreme und biotische Faktoren beeinflusst. Der Zusammenhang zwischen Schwefeleintrag und Nadel-/Blattverlust wurde für die wichtigsten Baumarten bestätigt. Eine Verringerung der Schwefelemissionen schlägt sich in der chemischen Zusammensetzung der Nadeln von Kiefern und Fichten nieder. Mit einer Verschiebung des Austriebzeitpunktes, der Laubfärbung und des Laubabwurfs reagieren die Bäume auf die veränderten klimatischen Bedingungen.

2.1 Der Kronenzustand im Jahr 2002 und seine bisherige

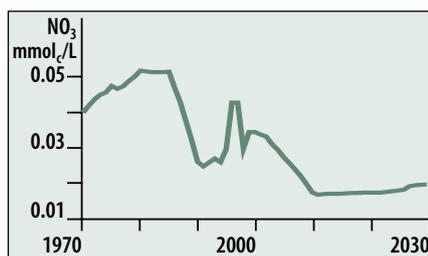
Entwicklung S. 13

Der Zustand der Weißtanne (*Abies alba*) S. 18

2.2 Phänologie und Umwelteinflüsse S. 20

2.3 Chemische Zusammensetzung von Nadeln und Blättern

als Indikator für Umweltveränderungen S. 21



Simulation von Nitratkonzentrationen

3. Luftverschmutzung und Simulation der langfristigen Auswirkungen S. 22

Der höchste Stickstoff- und Schwefeleintrag tritt in den Wäldern Mittel- und Westeuropas auf. Werden Emissionsverringerungen entsprechend internationalen Vereinbarungen zugrunde gelegt, dann zeigen langfristige Modelle, dass die Sulfatkonzentrationen in der Bodenlösung auf dem niedrigen Niveau bleiben werden, das bereits im Jahr 2000 erreicht wurde. Die Nitratkonzentrationen werden auf den meisten Beobachtungsflächen bis zum Jahr 2010 sinken.

4. Ozonkonzentrationen in Wäldern S. 26

In Südeuropa waren besonders hohe Ozonkonzentrationen zu verzeichnen. Die Nadeln und Blätter verschiedener Baumarten in Europa zeigen Ozonschäden. Die ersten Ergebnisse einer Testphase zum Ozonmonitoring unterstreichen die Notwendigkeit einer fortlaufenden Überwachung im Rahmen des Programms.

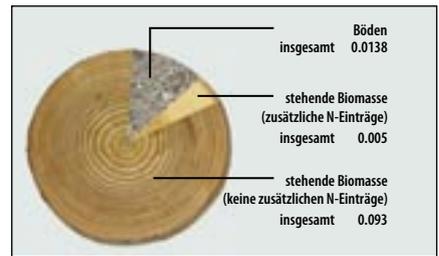


Ozonschäden an einem Erlenblatt

Ozon: Globale Situation, Schäden an Nadeln und Blättern und Forschungsarbeiten S. 29

5. Kohlenstoffbindung und Klimawandel S. 30

Die Kohlenstoffbindung der Wälder kann den Klimawandel abbremsen. Die Ergebnisse zeigen, dass die derzeitige Kohlenstoffbindung der europäischen Wälder hauptsächlich auf eine Zunahme der stehenden Biomasse zurückzuführen ist. Die atmosphärischen Stickstoffeinträge beschleunigen zwar das Baumwachstum, aber ihr Einfluss auf die Kohlenstoffbindung ist insgesamt eher gering.



Jährliche Nettokohlenstoffbindung in Gt/ha/Jahr

Kohlendioxid: Globale Situation, Implikationen, Forschung und politische Reaktionen. S. 33

6. Die biologische Vielfalt auf Intensivbeobachtungsflächen S. 35

Die Datenbank des Programms enthält wertvolle Informationen zu vielen Aspekten der biologischen Vielfalt der Wälder, u. a. zur Bodenvegetation, zu den Baumarten und der Bestandesstruktur. So zählt z. B. *Galeopsis tetrahit* zu den Pflanzenarten, die insbesondere auf Flächen mit hohen Stickstoffdepositionen vorkommen. Es wurde eine Testphase zur Entwicklung weiterer Erhebungsmethoden und umfassenderer Indizes gestartet.



Stechender Hohlzahn (*Galeopsis tetrahit*)

7. Schlussfolgerungen S. 38

Anhang S. 40



Dr. Heinz-Detlef Gregor

VORWORT

Es ist mir eine große Freude, den Kurzbericht 2003 über den Zustand der Wälder in Europa vorstellen zu dürfen. Auch in diesem Jahr befasst sich der Bericht mit wichtigen Elementen der Arbeit des UNECE-Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung und der Europäischen Kommission mit seinem einzigartigen Netz der wissenschaftlichen Zusammenarbeit. Im Rahmen des UNECE-Übereinkommens wurde das Internationale Kooperationsprogramm für die Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Wälder (ICP Forests) ins Leben gerufen. Aufgabe dieses Programms ist es, durch die Erhebung umfassender und vergleichbarer Daten über die Veränderungen, die in unseren Wäldern unter den derzeitigen Umweltbedingungen stattfinden, die Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Wälder zu bewerten. Ferner sollen durch Forschung und Monitoring entsprechende Ursache-Wirkung-Beziehungen ermittelt werden. Es handelt sich um das größte Programm der Arbeitsgruppe „Auswirkungen“ des Übereinkommens und umfasst die Entwicklung harmonisierter Methoden, die Durchführung von Schulungsmaßnahmen, die Förderung des internen und externen Datenaustauschs, Qualitätssicherung, wissenschaftliche Führung und internationale Partnerschaften.

Ich begrüße sehr, dass das sorgfältig geplante und ausgeführte EU/ICP Forests Arbeitsprogramm – auch durch die Zusammenarbeit mit den anderen fünf ICPs und der gemeinsamen Sonderarbeitsgruppe „Gesundheitsaspekte“ – die wissenschaftlichen Grundlagen für eine auswirkungsorientierte Umweltpolitik in Europa und in der UNECE-Region liefern wird. Darüber hinaus wird es auch das Bewusstsein der Wissenschaft, der Politik und der Öffentlichkeit für die Folgen der regionalen

Luftverunreinigung schärfen. Gleichzeitig möchte ich meine Anerkennung für die großzügige Unterstützung aussprechen, die das ICP Forests von Seiten des Programms der Europäischen Union zum Schutz der Wälder gegen Luftverunreinigungen erhalten hat.

Der Kurzbericht 2003 stützt sich auf eine 17-jährige Zeitreihe von Kronenzustandsdaten, die eine allgemeine Verschlechterung des Kronenzustands erkennen lässt. Im Bericht werden Zusammenhänge mit der Luftverschmutzung aufgezeigt und phänologische Veränderungen mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht. Gleichzeitig wird aufgezeigt, dass sich die Waldökosysteme wohl nur sehr langsam erholen werden.

Waldökosysteme sind äußerst komplex. Um ihren Zustand bewerten und ihre künftige Entwicklung entsprechend der aktuellen und der erwarteten Umweltszenarien einschätzen zu können, sind große Datensätze und eine kontinuierliche Beobachtung erforderlich. Aus diesem Grunde sind die umfangreichen Daten aus 37 europäischen Ländern und Nordamerika auch wertvoll für andere regionale oder globale Programme, wie das Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET) oder die Forstverwaltung des US-Landwirtschaftsministeriums (USDA).

Die Aktivitäten im Rahmen des Übereinkommens konzentrieren sich derzeit auf die Erarbeitung von Verfahren zur Überprüfung des Multi-Schadstoff-/Multi-Effekt- und anderer Protokolle, die voraussichtlich in einigen Jahren in Kraft treten werden. Zeitreihen, wie sie im Rahmen des gemeinsamen EU/ICP Forests Programms erstellt wurden, sind von ganz besonderem Wert, da sie die Trends im Zustand der überwachten Ökosysteme offenbaren, die eine Folge der bemerkenswerten Verbesserung der „Verschmutzungssituation“ in der UNECE-Region sind.

In diesem Zusammenhang ist die Kooperation zwischen den einzelnen ICPs von größter Bedeutung. Der Kurzbericht 2003 verdeutlicht, in welchem Maße das Programm bereits mit anderen ICPs zusammenarbeitet, beispielsweise in der Anwendung von „Critical Loads“ und in der dynamischen Modellierung, im Bereich der Ursache-Wirkung-Beziehungen, in der Beschreibung der sichtbaren Symptome der Ozonschäden an Waldbäumen, in der Entwicklung Stofffluss bezogener Ansätze für die Bewertung der Auswirkungen von Ozon auf die Wälder und in der Bewertung von Depositionsmodellen.

Alle von den ICPs koordinierten Monitoringaktivitäten erfordern auch in Zukunft Beiträge ihrer jeweiligen nationalen Kontaktstellen sowie die Unterstützung der federführenden Länder und die freiwilligen Beiträge aller Teilnehmerstaaten entsprechend dem Arbeitsplan zur Umsetzung des Übereinkommens. Die erfolgreiche Überprüfung der Protokolle, die 2004 fortgesetzt werden soll, kann nur dann wie geplant erfolgen, wenn alle Programme in der Lage sind, ihre Beiträge plangemäß zu übermitteln. Darüber hinaus ist – um eine fristgerechte Umsetzung aller Aufgaben sicherzustellen – eine Einigung auf ein robustes Finanzierungsinstrument für Auswirkungsorientierte Aktivitäten im Rahmen des Übereinkommens absolut unverzichtbar.

Ich möchte die Verantwortlichen des EU/ICP Forests-Programms zu der Vorlage dieses neuerlichen, hervorragenden Berichts beglückwünschen und hoffe, dass er auf direktem Wege zu den politischen Entscheidungsträgern gelangen wird.

In Anbetracht der Multischadstoff-Situation wird sich das Programm in Zukunft auch mit der Frage befassen müssen, wie die Daten für kumulative Risikobewertungen genutzt werden können.



Fluss- und Waldlandschaft in Norwegen

Auf diese Weise wird das ICP Forests – in Zusammenarbeit mit der Europäischen Kommission – weiterhin eines der wichtigsten Wissenschafts basierten und Politik bezogenen Instrumente für eine internationale Zusammenarbeit im Umweltmonitoring sein und zur Lösung der gemeinsamen Probleme der grenzüberschreitenden Luftverunreinigung beitragen.

Dr. Heinz-Detlef Gregor
Vorsitzender der Arbeitsgruppe „Auswirkungen“ des Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung



AUSWIRKUNGEN VON UMWELTSTRESS AUF DIE WÄLDER IN EUROPA –

Der Zustand der Wälder in Europa wird durch eine Vielzahl von Umweltveränderungen bestimmt. Diese Veränderungen stellen eine Gefahr für die nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder dar und bedrohen somit deren ökologische, wirtschaftliche, soziale und kulturelle Bedeutung. Für notwendige Gegenmaßnahmen ist die internationale Umweltpolitik auf verlässliche wissenschaftliche Informationen angewiesen. Einen Grundpfeiler dieser wissenschaftlichen Basis bildet die langfristige, großräumige und intensive Waldzustandsüberwachung.

Das Monitoringsystem

Der Zustand der Wälder in Europa wird seit 17 Jahren von der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) und der Europäischen Union (EU) überwacht. Die räumlichen und zeitlichen Veränderungen des Waldzustandes werden an 6 000 Aufnahmepunkten, die systematisch über ganz Europa verteilt sind, großräumig erfasst und zu natürlichen und anthropogenen

Stressfaktoren in Beziehung gesetzt. Diese flächendeckende Überwachung wird als „Level I“-Programm bezeichnet. Die Kausalzusammenhänge zwischen Luftverunreinigung und Waldschäden werden auf 860 Dauerbeobachtungsflächen in den wichtigsten Waldökosystemen in ganz Europa intensiv untersucht. Diese Intensivbeobachtung wird als „Level II“ bezeichnet und ist als Ergänzung zu den Erhebungen auf Level I zu sehen. Mit dieser großen Zahl an Beobachtungsflächen und 39 Teilnehmerstaaten unterhält das Programm eines der weltweit größten Biomonitoringnetzwerke.

Kronenzustand

Der Kronenzustand der Waldbäume gilt als ein schnell reagierender Indikator für zahlreiche Umweltfaktoren, die die Vitalität von Bäumen beeinträchtigen können. Die seit 17 Jahren durchgeführte Erfassung des Kronenzustands lässt eine generelle Verschlechterung des Zustands erkennen, wobei Mitte der neunziger Jahre eine vorübergehende Erholung

verzeichnet wurde. 2002 wurde rund ein Fünftel der über 130 000 Probestämme in Europa als mittelstark oder stark geschädigt eingestuft. Die zahlreichen Einflussfaktoren haben sowohl räumlich als auch zeitlich gesehen sehr unterschiedliche Auswirkungen. Der Zusammenhang zwischen den Entwicklungen im Kronenzustand und den wichtigsten anthropogenen Faktoren wird mit Hilfe multivariater Statistiken und geostatistischer Analysen untersucht. Die in dem vorliegenden Bericht angeführten Ergebnisse bestätigen frühere Erkenntnisse des Programms, nach denen die Unterschiede in der Verlichtung der Baumkronen auf das unterschiedliche Alter der Bäume, Witterungsextreme, biotische Faktoren und Luftverunreinigungen zurückzuführen sind. Die Auswirkungen der Wetterbedingungen werden auch in Veränderungen der Baumphenologie deutlich, d. h. in der zeitlichen Verschiebung von Nadel- und Blattaustrieb, Laubfärbung und Laubabwurf. Für den Bereich der Luftverschmutzung wurde ein



„Montado / Dehesa“ – offener Steineichenwald in Portugal

ERGEBNISSE VON 17 JAHREN WALDZUSTANDSERFASSUNG

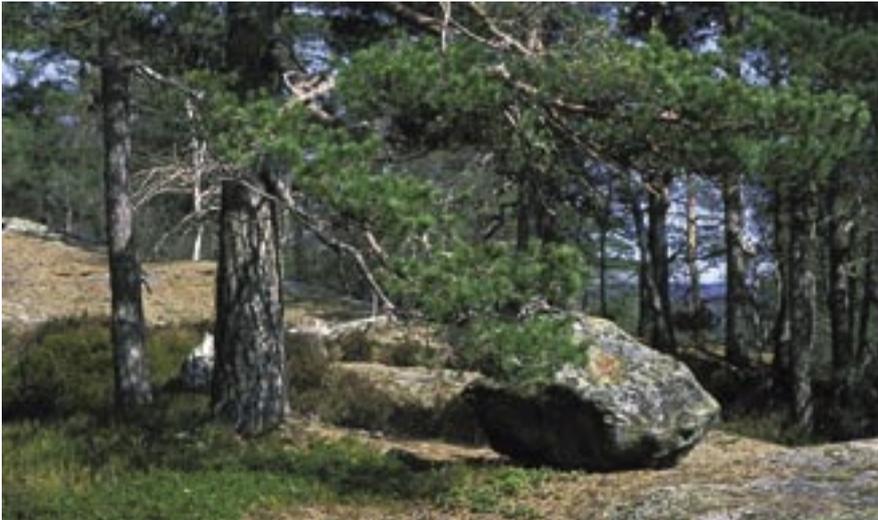
Zusammenhang zwischen Schwefel-einträgen und dem Nadel-/Blattverlust bei den wichtigsten Baumarten festgestellt.

Luftverschmutzung

In Übereinstimmung mit seinem politischen Mandat widmet sich das Programm vor allem den Auswirkungen der Luftverschmutzung. Luftverunreinigungen können Waldökosysteme erheblich beeinträchtigen, und zwar lange bevor die Schäden – beispielsweise in Form von Nadel-/Blattverlust – sichtbar werden. Frühere Untersuchungen des Programms haben eine Verbindung zwischen dem Zustand der Waldböden und den Luftschadstoffeinträgen aufgezeigt. So wurden Depositionen von Stickstoff (N) als die mit Abstand wichtigste Ursache für die Bodenversauerung ermittelt. In einer Vielzahl von Gebieten überschreiten die Gesamtsäureeinträge sowie die Einträge von Stickstoff und Schwermetallen die kritischen Eintragsraten („Critical

Loads“). Dies zeigt, dass unsere Waldökosysteme in hohem Maße gefährdet sind. Im Gegensatz dazu sind die Schwefeldepositionen in den letzten Jahren zurückgegangen. Der vorliegende Bericht zeigt verringerte Schwefelkonzentrationen in Fichten- und Kiefernadeln. Dieser Erfolg ist eindeutig der drastischen Reduktion der Schwefelemissionen zuzuschreiben, die in Europa im Rahmen des Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Genfer Luftreinhaltekonvention) der UNECE realisiert wurden. Unter der Konvention wurden acht rechtsverbindliche Vereinbarungen (Protokolle) verabschiedet, die für die wichtigsten Luftschadstoffe nationale Emissionsobergrenzen festlegen. Das bisher letzte Protokoll dieser Art wurde 1999 in Göteborg (Schweden) unterzeichnet. Das „Göteborg-Protokoll“ zielt darauf ab, die Schwefelemissionen im Vergleich zu den Werten der neunziger Jahre um mindestens 63% und die NO_x -Emissionen um 41% zu verringern.

In diesem Zusammenhang ist eine Schlüsselfrage, wie sich die Luftreinhaltemaßnahmen auswirken werden. In dem vorliegenden Bericht werden erstmals Ergebnisse von Szenarionanalysen vorgestellt, die von künftigen Emissionsverringerungen entsprechend dem Göteborg-Protokoll ausgehen. Die Analysen basieren auf dynamischen Modellen, die die Reaktionen der Bodenchemie auf sich verändernde Umweltbedingungen simulieren. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die erwarteten Emissionsverringerungen eine vergleichsweise schnelle Erholung der Bodenlösung zur Folge haben werden. Die Sulfatkonzentrationen werden niedrig bleiben, auf einem Niveau, das bereits im Jahr 2000 erreicht wurde. Für Nitratkonzentrationen geht man davon aus, dass sie bis zum Jahr 2010 insbesondere in den Gebieten, in denen sie derzeit hoch sind, sinken werden. Im Gegensatz zur Bodenlösung wird die Erholung der Bodenfestphase bedeutend länger dauern.



Kiefernwald in Norwegen

Einer der wichtigsten Luftschadstoffe, der die Wälder über die Blätter bzw. Nadeln direkt beeinträchtigt, ist das troposphärische Ozon. Die ersten Messungen, die im Rahmen des Programms durchgeführt wurden, bestätigen die bereits bekannte Tatsache, dass die Ozonkonzentrationen im Süden Europas besonders hoch sind. Die regelmäßige Erfassung der sichtbaren Schäden soll in Zukunft zum einzigen europaweiten Monitoringsystem für direkte Ozonschäden in Wäldern ausgebaut werden. Erste Ergebnisse zeigen, dass auch die Buche in Mitteleuropa bereits Ozonschädigungen aufweist.

Kohlenstoffbindung

Die globale Erwärmung ist auf die zunehmenden Konzentrationen von Treibhausgasen in der Atmosphäre, insbesondere von Kohlendioxid (CO₂), zurückzuführen. Das Monitoringprogramm liefert Information darüber, in welchem Maße die Kohlenstoffbindung der Wälder die CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre verringern kann. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die laufende Kohlenstoffbindung durch die Bäume 5 bis 7 mal höher ist als durch den Boden. Eine Hochrechnung auf die gesamte Waldfläche in Europa (bereinigt um die Entnahme von Kohlenstoff durch Holzernte und Waldbrände) ergibt so einen Durchschnittswert von 0,1 Gigatonnen pro Jahr. Ferner zeigen die

Ergebnisse, dass Stickstoffeinträge die Kohlenstoffbindung um rund 5% erhöhen, da sie das Waldwachstum beschleunigen. Zudem wird angenommen, dass die Waldbewirtschaftung einen erheblichen Einfluss auf die Kohlenstoffbindung hat.

Biologische Vielfalt

Die derzeitigen Monitoringaktivitäten liefern Daten zu vielen Aspekten der biologischen Vielfalt der Wälder. Im Vorjahresbericht wurde der Einfluss von Luftschadstoffeinträgen auf die Bodenvegetation beschrieben. Dieser Bericht konzentriert sich auf die in der Level II-Datenbank erfassten Informationen über die Bestandesstrukturen. Im Rahmen einer Testphase, die das ICP Forests 2003 beginnen wird, werden weitere Erhebungsmethoden und Verfahren zur Indexberechnung erarbeitet werden.

Ausblick

Die Waldzustandsüberwachung in Europa wird weiterhin Informationen liefern, die als wissenschaftliche Grundlage für die Luftreinhaltepolitik der UNECE und der EU herangezogen werden können. Nach den ersten Erfolgen der Luftreinhaltepolitik wird es in Zukunft zu den Aufgaben des Programms gehören, die Auswirkungen der Emissionsverringerungen zu überprüfen. Darüber hinaus wird das Programm durch seine gut ausge-

baute Infrastruktur, den multidisziplinären Monitoringansatz und seine umfassende Datenbank auch wichtige Beiträge zu anderen Bereichen der Umweltpolitik liefern. Das Programm hat die Ziele verschiedener Resolutionen der Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa (MCPFE) übernommen und liefert Informationen zu einigen MCPFE-Indikatoren für nachhaltige Waldbewirtschaftung. Darüber hinaus leistet es einen aktiven Beitrag zum Waldforum der Vereinten Nationen (UNFF). Die erwarteten Ergebnisse zur biologischen Vielfalt in Wäldern werden für die Umsetzung des „Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD)“ von großer Bedeutung sein und einen Beitrag zu den Umweltministerkonferenzen „Umwelt für Europa“ und der damit verbundenen gesamteuropäischen Strategie für biologische und landschaftliche Vielfalt (PEBLDS) leisten.

Da das Programm einen Beitrag zur Bewertung der Kohlenstoffbindung in den Wäldern leisten kann, wird es das Kyoto-Protokoll zur Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen unterstützen. Darüber hinaus findet das Programm auch bei Regierungsstellen und Forschungseinrichtungen außerhalb Europas zunehmend Aufmerksamkeit. Dies wird beispielsweise deutlich durch die kürzlich aufgenommene Zusammenarbeit mit nordamerikanischen Waldmonitoringprogrammen im Bereich der Erfassung von Critical Loads. Darüber hinaus wird mit dem Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET) derzeit die Frage erörtert, ob europäische Monitoringansätze auf ostasiatische Wälder übertragbar sind.

Weitere Informationen unter:

<http://www.icp-forests.org> (ICP Forests)

<http://europa.eu.int/comm/agriculture> (Europäische Kommission)

<http://www.fimci.nl> (Forest Intensive Monitoring Coordinating Institute)



Eberesche

1. DIE GESAMTEUROPÄISCHE WALDZUSTANDSÜBERWACHUNG

Einleitung und Hintergrund

Rund ein Drittel der Fläche Europas ist mit Wäldern bedeckt. In weiten Teilen handelt es sich dabei um die natürlichsten Ökosysteme unseres Kontinents. Gleichzeitig sind die europäischen Wälder von hohem wirtschaftlichen und sozialen Wert, den es im gemeinsamen Interesse der Wahrung der Lebensqualität zu erhalten gilt.

Der derzeitige Zustand der Wälder ist das Ergebnis seit Jahrhunderten andauernder, kontinuierlicher Interaktionen zwischen Mensch und Natur. Für ihre künftigen Maßnahmen in Bezug auf die Waldökosysteme benötigen die internationale Umweltpolitik wie auch die Forstwirtschaft eine solide wissenschaftliche Grundlage. Ein wichtiges Element dieser wissenschaftlichen Grundlage ist eine langfristige, weiträumige und intensive Überwachung des Waldzustands.

Der Ursprung des heutigen gemeinsamen Monitoringsystems reicht zurück in die achtziger Jahre, als in weiten Teilen Europas eine dramatische Verschlechterung des Zustands der Wälder beobachtet wurde. Als Reaktion auf die wachsende Besorgnis, dass die Luftverschmutzung der Grund für diese Verschlechterung sein könnte, wurde 1985 im Rahmen des UNECE Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP) das Internationale Kooperationsprogramm für die Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Wälder (ICP Forests) ins Leben gerufen. 1986 verabschiedete die Europäische Union das Programm zum Schutz der Wälder gegen Luftverunreinigungen und schuf mit der Verordnung (EWG) Nr. 3528/86 des Rates die rechtli-

che Grundlage für die Erhebungen. Gegenwärtig nehmen 39 Länder an diesem paneuropäischen Monitoringprogramm teil.

Zielsetzungen des Programms

Die Ziele des Monitoringprogramms sind:

- Bereitstellung einer regelmäßigen Übersicht über die räumlichen und zeitlichen Veränderungen des Waldzustands und seiner Beziehung zu anthropogenen und natürlichen Stressfaktoren auf einem europäischen und nationalen großräumigen systematischen Netz (Level I);
- Beitrag zu verbesserten Erkenntnissen über die Beziehungen zwischen dem Zustand der Waldökosysteme und Stressfaktoren, insbesondere der Luftverunreinigung, durch intensive Überwachung einer Reihe ausgewählter, über Europa verteil-

Erhebungen	Level I		Level II	
Kronenzustand	jährlich	alle Flächen	mindestens jährl.	alle Flächen
Chem. Analyse der Blattinhaltsstoffe	bislang einmalig	1497 Flächen	alle zwei Jahre	alle Flächen
Analyse der Bodenfestphase	bislang einmalig	5289 Flächen	alle zehn Jahre	alle Flächen
Chemie der Bodenlösung			kontinuierlich	einige Flächen
Baumwachstum			alle fünf Jahre	alle Flächen
Bodenvegetation			alle fünf Jahre	alle Flächen
Luftschadstoffeintrag			kontinuierlich	einige Flächen
Konzentration von Schadgasen			kontinuierlich	einige Flächen
Meteorologie			kontinuierlich	einige Flächen
Phänologie			mehrmals pro Jahr	optional
Fernerkundung			vorzugsweise bei Einrichtung	optional

Tabelle 1-1: Erhebungen auf den Level I- und Level II-Flächen

- ter Dauerbeobachtungsflächen (Level II);
- Beitrag zur Berechnung von Critical Levels, Critical Loads und ihrer Überschreitungen in Wäldern;
- Zusammenarbeit mit anderen Umweltmonitoringprogrammen, um Informationen über andere wichtige Aspekte wie Klimawandel und die biologische Vielfalt in Wäldern zu erhalten und so zu einer nachhaltigen Bewirtschaftung der europäischen Wälder beizutragen;
- Sammlung von Informationen über die Prozesse in Waldökosystemen und Bereitstellung relevanter Informationen für politische Entscheidungsträger und die breite Bevölkerung.

Aufbau des Monitoringprogramms
Zur Umsetzung dieser Hauptziele wurden ein systematisches großräumiges Beobachtungsnetz (Le-

vel I) angelegt und ein intensives Waldbeobachtungsprogramm (Level II) eingeführt (Tab. 1-1).

Die Stärke des Level I-Netzes besteht in seiner Repräsentativität und dem weiten Erfassungsbereich der fast 6 000 über ganz Europa verteilten Dauerbeobachtungsflächen in einem systematischen 16x16 km Netz. Hier wird jährlich der Kronenzustand erhoben. Darüber hinaus wurden auf vielen Flächen Boden- und/oder Nadel-/Blätterhebungen vorgenommen. Eine Wiederholung der Bodenerhebungen ist geplant.

Für die intensive Beobachtung wurden in den teilnehmenden Staaten über 860 Level II-Flächen in den wichtigsten Waldökosystemen ausgewählt. Auf diesen Flächen wird eine größere Zahl von Schlüsselfaktoren gemessen. Anhand der so gewonnenen Daten können Fallstudien zu den häufigsten Kombinationen von Baumarten und Standorten

durchgeführt werden. Die laufenden Erhebungen wurden in jüngster Zeit um eine Testphase zur Messung von Ozon und zur Bewertung von Ozonschäden sowie um eine Testphase zur Erfassung der biologischen Vielfalt in Wäldern ergänzt.



2. DER WEITRÄUMIG ERFASSTE WALDZUSTAND UND REAKTIONEN DER BÄUME AUF EINE SICH VERÄNDERNDE UMWELT

2.1 Der Kronenzustand im Jahr 2002 und seine bisherige Entwicklung

Luftverunreinigung haben einen Einfluss auf den Kronenzustand.

Zusammenfassung

- 2002 wurden mehr als 20% der 130 000 erhobenen Bäume als geschädigt eingestuft. Bei Bäumen, die seit Beginn der Erhebungen beobachtet werden, wurde in den Jahren 1986 bis 1995 eine kontinuierliche Verschlechterung verzeichnet. Nach einer deutlichen Erholung Mitte der neunziger Jahre hat sich die Verschlechterung – wenn auch deutlich langsamer – fortgesetzt.
- Tiefergehende Auswertungen für Fichten und verschiedene Eichenarten zeigen, dass es in Europa keine einheitliche Entwicklung des Nadel-/Blattverlusts gibt. Die Ergebnisse deuten vielmehr auf unterschiedliche Tendenzen in den verschiedenen Regionen.
- Starke oder geringe Niederschläge, Insekten- und Pilzbefall sowie

Einleitung

Mit seinem systematischen weiträumigen Beobachtungsnetz im 16x16 km Raster gibt das Programm einen regelmäßigen Überblick über den Zustand der Wälder in Europa. Die jährliche Erhebung des Kronenzustands ist die wichtigste großräumige Maßnahme des Programms. Im Rahmen dieser Erhebung wird die Verlichtung eines jeden Probebaums anhand des Nadel-/Blattverlusts erhoben. 2002 wurden über 130 000 Bäume auf rund 6 000 Dauerbeobachtungsflächen in 30 europäischen Ländern mit Hilfe einheitlicher Verfahren erfasst. Darüber hinaus fanden in vielen Ländern zusätzliche Erhebungen auf dichteren Netzen statt.

Die Kronenverlichtung ist auf eine Vielzahl von Stressfaktoren zu-

rückzuführen und daher ein wertvoller, allgemeiner Indikator für den Waldzustand. Mit Hilfe multivariater Statistik werden die großräumigen Beziehungen zwischen Stressfaktoren und Kronenzustand ermittelt. Dieser Bericht präsentiert vertiefende Auswertungen für Rotfichten sowie für Stiel- und Traubeneichen und setzt Auswertungen des Vorjahresberichts fort, in dem entsprechende Ergebnisse für Waldkiefer und Buche vorgestellt wurden. Das Schwerpunktthema „Der Zustand der Weißtanne“ befasst sich mit einer speziellen Baumart aus der Sicht und anhand der Erfahrungen nationaler Experten. Damit wird eine Reihe fortgesetzt, die in früheren Jahren der Steineiche, der Aleppokiefer und der gemeinen Buche gewidmet war.

Wälder sind komplexe Ökosysteme. Umwelteinflüsse zeigen sich hier auf verschiedenen Ebenen. Dies ergibt sich ganz eindeutig

Methoden

Die Untersuchungen der zeitlichen und räumlichen Veränderungen stützen sich auf die Level I-Flächen, auf denen von 1997 bis 2002 mindestens drei Fichten, bzw. Eichen kontinuierlich erfasst wurden. Die multiplen Einflüsse wurden für den Bewertungszeitraum 1994-1999 ermittelt, da für die späteren Jahre keine Depositionsdaten vorlagen.

Niveau des Nadel-/Blattverlusts: Die Ansprache des Nadel-/Blattverlustes hängt in ganz Europa in hohem Maße vom Alter des jeweiligen Bestandes ab (bei älteren Bäumen ist in der Regel eine stärkere Verlichtung zu verzeichnen) und vom Land, in dem sich die betreffende Level I-Fläche befindet (die Erfassungsmethoden unterscheiden sich häufig von Land zu Land). Bei den hier vorgestellten Nadel-/Blattverlustniveaus handelt es sich um die Differenz zwischen den Feldschätzungen und flächenweisen Modellwerten, die das Alter des Bestandes und das Land berücksichtigen.

Die Entwicklung des Nadel-/Blattverlusts wurde für jede Fläche als lineare Regression aller jährlichen Durchschnittswerte in den Jahren 1997 bis 2002 berechnet. Der Einfluss von Alter und Land war bei der zeitlichen Entwicklung zu vernachlässigen.

Die geostatistische Kriging-Methode wurde angewandt, um das Niveau und die Entwicklung des Nadel-/Blattverlusts anhand der vorhandenen Level I-Flächen zu interpolieren.

Multiple lineare Modelle wurden herangezogen, um die durch verschiedene Umwelteinflüsse verursachten Nadel-/Blattverluste (1994 bis 1999) zu erklären. Für Deposition und Niederschläge wurden externe Daten verwendet. Das Zusammentreffen von hohen Nadel-/Blattverlusten mit bestimmten Stressfaktoren kann als deren schädigende Wirkung interpretiert werden.

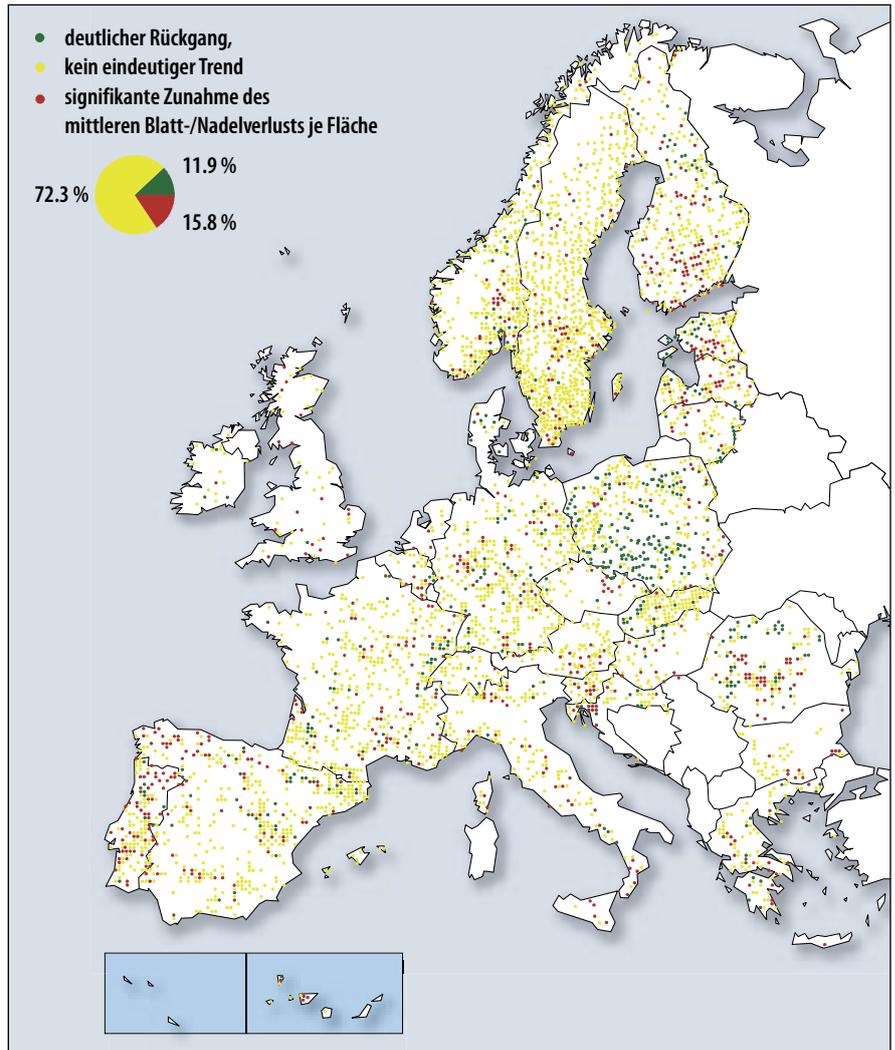


Abbildung 2-1: Entwicklung des Nadel-/Blattverlusts aller Baumarten. Die linearen Trends der einzelnen Flächen wurden für die Jahre 1994–2002 auf ihre Signifikanz geprüft. Für Frankreich, Italien und Schweden ist der Auswertungszeitraum 1997–2002.



Internationale Trainingskurse für die Kronenansprache sind Teil der Qualitätskontrolle für Kronenzustandsdaten. Dabei treffen sich die Leiter der Kronenansprachen verschiedener Länder und bewerten in den Wäldern dieselbe Stichprobe von Bäumen. Die zeitliche Konsistenz der Kronenansprachen wird jedes Jahr anhand von Fotografien überprüft.

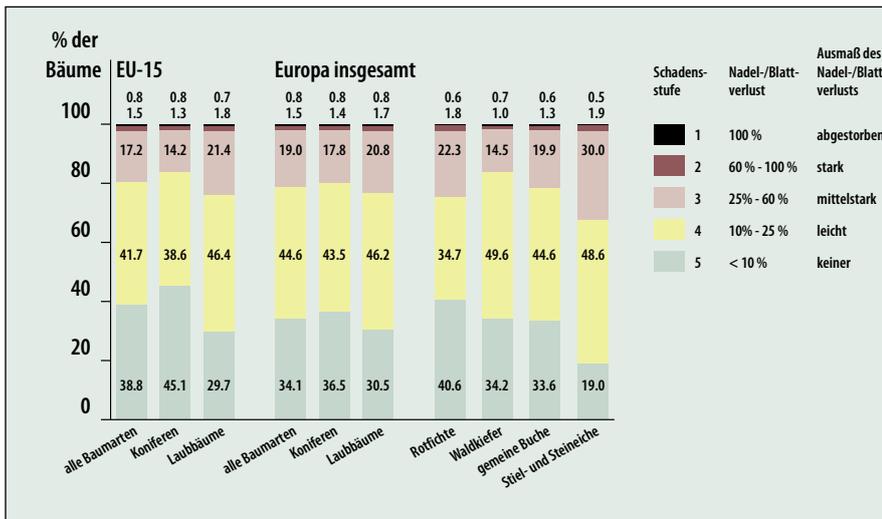


Abbildung 2-2: Prozentsatz an Bäumen in verschiedenen Nadel-/Blattverlustklassen (Hauptbaumarten). Gesamt Europa und EU, 2002

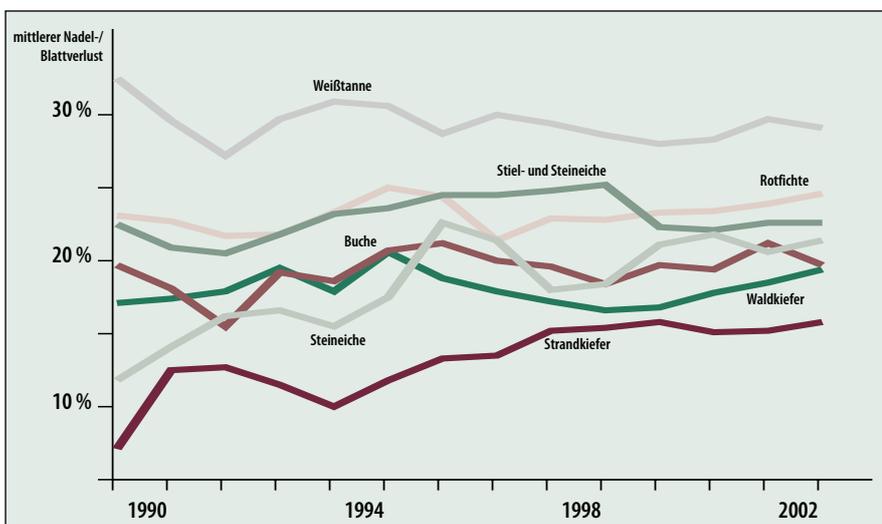


Abbildung 2-3: Entwicklung des mittleren Nadel-/Blattverlusts der Hauptbaumarten Europas, berechnet anhand kontinuierlich erhobener Bäume. Die Stichprobe umfasste zwischen 1237 (Stiel-/Traubeneichen) und 2988 Bäume (Kiefern). Für Weißtanne basieren die Auswertungen auf 289 Bäumen.

aus Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen und den phänologischen Beobachtungen.

Ergebnisse der großräumigen Aufnahmen

21,3% aller 2002 erhobenen Bäume wurden als mittelstark bzw. stark geschädigt oder abgestorben eingestuft. In den EU-Mitgliedstaaten war der Kronenzustand etwas besser als in Europa insgesamt. Von den vier Baumarten, die auf den Beobachtungsflächen am häufigsten vertreten sind, waren die Stiel- und die Traubeneiche am stärksten betroffen (Abb. 2-2).

Die zeitliche Entwicklung des Nadel-/Blattverlusts wurde anhand der kontinuierlich beobachteten Bäume untersucht. Von diesen wies die Weißtanne in allen Jahren den höchsten durchschnitt-

lichen Nadelverlust auf. Ansonsten war der mittlere Nadel-/Blattverlust äußerst unterschiedlich (Abb. 2-3). 1995 war bei allen Arten der höchste Anteil (25,6%) geschädigter und abgestorbener Bäume (Schadstufen 2-4) zu verzeichnen (nicht grafisch dargestellt). Dieser Anteil ging in den beiden folgenden Jahren zurück. Seitdem ist eine ständige, wenn auch verlangsamte Zunahme der Schäden festzustellen.

Die Entwicklung des Nadel-/Blattverlustes aller Baumarten auf den Einzelflächen (Abb. 2-1) zeigt, dass der Anteil an Flächen mit einer signifikanten Zunahme von 1994 bis 2002 höher war (15,8%) als der Anteil der Flächen, auf denen ein Rückgang des mittleren Nadel-/Blattverlusts zu verzeichnen war (11,9%). Flächen, auf denen eine Verschlechterung des Kronenzustands zu beobach-

ten war, liegen entlang der Nord- und Westküste der iberischen Halbinsel sowie in Südfinnland und Estland, in den Alpengebieten Österreichs sowie in Slowenien und Kroatien. Die Flächen, auf denen eine Zustandsverbesserung festzustellen ist, befinden sich in Südpolen und an der Küste Estlands.

Fichte

In Zentralnorwegen ist bei Rotfichten ein relativ hoher mittlerer Nadelverlust zu verzeichnen (Abb. 2-4 und 2-5). Dies ist vornehmlich auf Nadelrost und Wurzelpilze zurückzuführen. Ein besonders großer Teil der Schäden war klimatischen Stressfaktoren zuzuschreiben. In den letzten fünf Jahren hat sich die Situation leicht verbessert. In weiten Teilen Schwedens ist seit 1997 eine Zunahme des Nadel-/

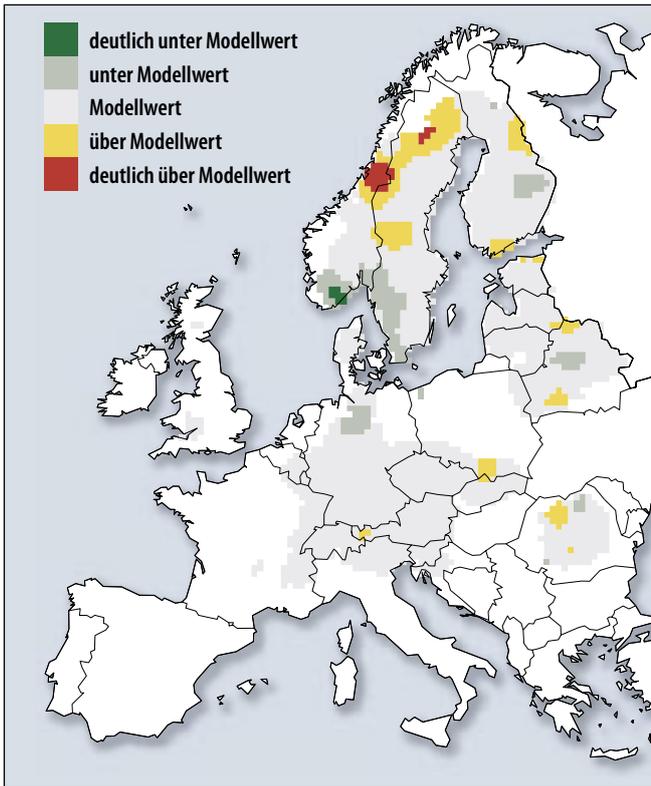


Abbildung 2-4: Nadelverlust von Rotfichten. Differenz zwischen mittelfristigem Durchschnittswert und Modellwert. Die Interpolation stützt sich auf 1461 Flächen, die von 1997 bis 2002 kontinuierlich erhoben wurden.

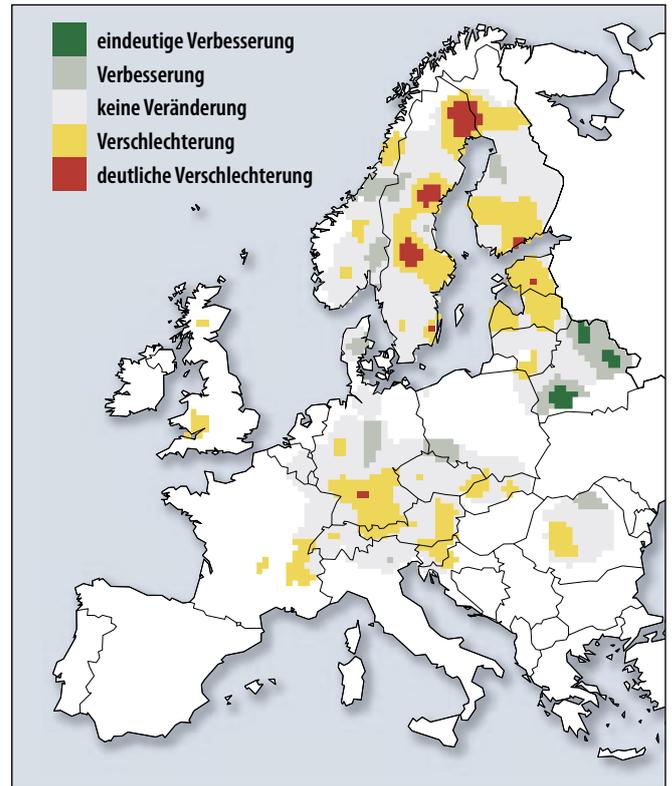


Abbildung 2-5: Zeitliche Entwicklung des mittleren Nadelverlusts von Rotfichten. Die Interpolation stützt sich auf 1461 Flächen, die von 1997 bis 2002 kontinuierlich erhoben wurden.

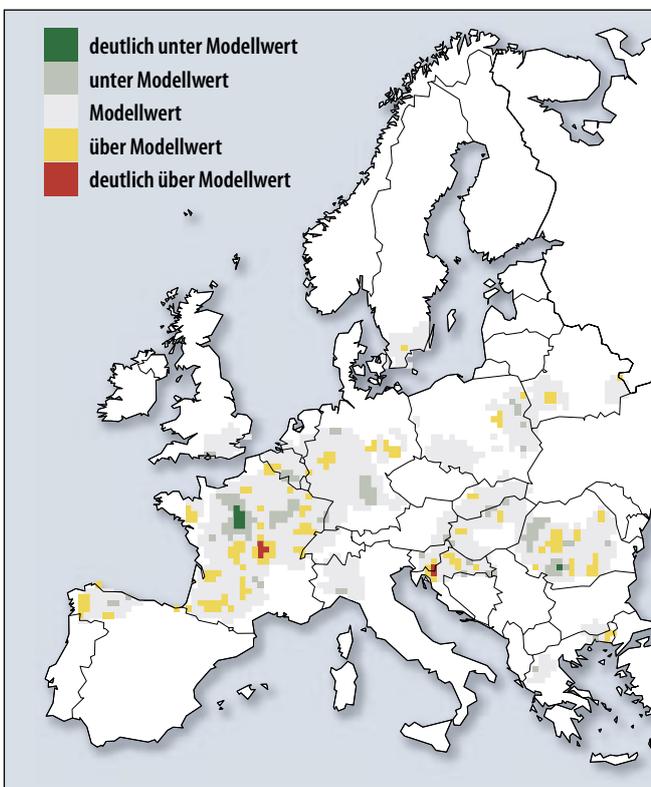


Abbildung 2-6: Blattverlust von Stiel- und Traubeneichen. Differenz zwischen mittelfristigem Durchschnittswert und Modellwert. Die Interpolation stützt sich auf 503 Flächen, die von 1997 bis 2002 kontinuierlich erhoben wurden.

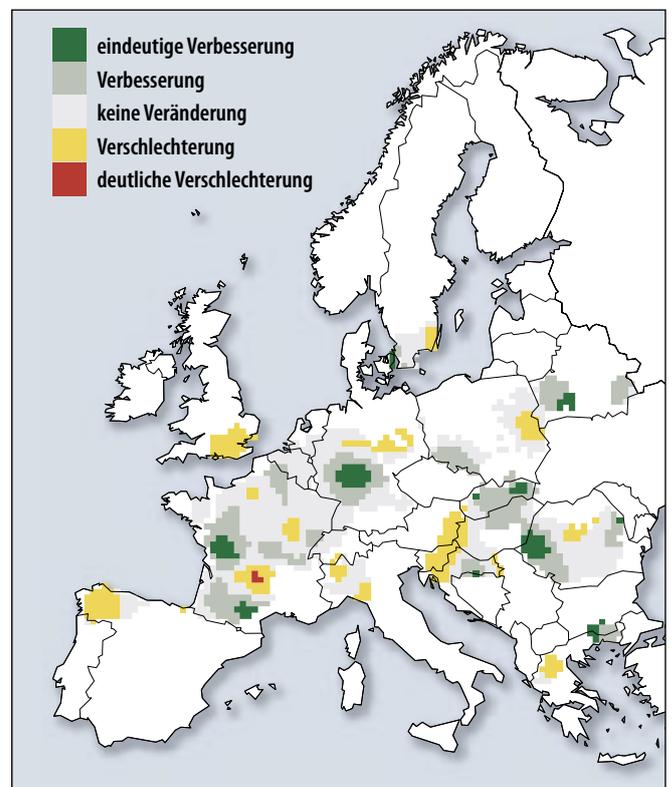


Abbildung 2-7: Zeitliche Entwicklung des mittleren Blattverlusts von Stiel- und Traubeneichen. Die Interpolation stützt sich auf 503 Flächen, die von 1997 bis 2002 kontinuierlich erfasst wurden.

		Räumliche Änderung		Zeitliche Änderung	
		Fichte	Eiche	Fichte	Eiche
R-Quadrat		58.7	43.1	40.8	43.8
Zahl der Flächen		1046	291	1046	291
Niederschl. laufendes Jahr		-	-	-	-
Niederschl. Vorjahr				-	-
Insekten		+	++	+	+
Pilze		+	--	-	+
Deposition	S laufendes Jahr	+	+	+	+
	NH ₄ laufendes Jahr	+	-	-	+
	NO ₃ laufendes Jahr	--		+	+
	S Vorjahr			-	+
	NH ₄ Vorjahr			-	-
	NO ₃ Vorjahr			-	+
Jahr				o	o
Alter <small>länderbereinigt</small>		oo	oo		
Land		oo	oo		

Tabelle 2-1: Die Beziehungen zwischen den zeitlichen und räumlichen Veränderungen im Nadel-/Blattverlust von Fichten bzw. von Stiel-/Traubeneichen und verschiedenen erklärenden Variablen als Ergebnis multipler linearer Regressionsanalysen. R² gibt den Anteil der Varianz an, die durch das Modell erklärt wird.

- negative Korrelation
 -- signifikante negative Korrelation
 + positive Korrelation
 ++ signifikante positive Korrelation
 o Korrelation
 oo signifikante Korrelation

Blattverlusts festzustellen, was höchstwahrscheinlich auf ähnliche Gründe wie in Norwegen zurückzuführen ist. In Weißrussland wurde eine Verbesserung verzeichnet; im Baltikum und in Süddeutschland dagegen hat sich der Nadel-/Blattverlust auf den meisten Flächen erhöht.

Stiel- und Traubeneiche

Die laubabwerfenden Eichen weisen große Unterschiede bei den mittleren Blattverlusten wie auch bei der zeitlichen Entwicklung der Schäden auf (Abb. 2-6 und 2-7). In einigen Regionen Frankreichs war ein relativ hoher Blattverlust zu verzeichnen, wobei im Süden und Westen des Landes gewisse Verbesserungen festzustellen waren. Allerdings konnten keine landesweit einheitlichen Schadensursachen ermittelt werden. In Mitteldeutschland ist die großflächige Verbesserung mit einer Erholung der Eichenbestände nach vielen Jahren schwerer Schädigungen durch Insektenbefall zu erklären.

Multiple Einflüsse auf den Kronenzustand

Mit Hilfe multipler linearer Modelle konnte nachgewiesen werden, dass das Wetter, Insektenbefall und Luftschadstoffeinträge den Zustand der Baumkronen in Europa beeinflussen (Tab.2-1). Die Auswertungen zeigen eine Korrelation zwischen hohen Niederschlägen und relativ gesunden Baumkronen. Die Ergebnisse für Fichten und Eichen bestätigen die Erkenntnisse, die im Vorjahresbericht für Waldkiefern und Buchen dargestellt wurden. Der Einfluss von Insektenbefall war in den statistischen Auswertungen für die vier häufigsten Baumarten stets deutlich zu erkennen. Ein Befall mit Pilzen konnte dagegen weniger deutlich mit dem Kronenzustand in Verbindung gebracht werden. Die jeweils aktuellen Schwefeleinträge (S) konnten bei allen untersuchten Baumarten mit einem hohen bzw. zunehmenden Nadel-/Blattverlust korreliert werden. Ein linearer Trend zeigt eine Entwicklung,

die statistisch nicht durch die anderen Prädiktorvariablen des Modells erklärt werden kann. Wie den Karten jedoch zu entnehmen ist, gab es keinen europaweit einheitlichen Trend. Der Kronenzustand war im Gegenteil auf den verschiedenen Flächen sehr unterschiedlich. Hier sind das Alter der Bäume bzw. das Land, in dem sie sich befinden, wichtige kausale Faktoren; sie erklären die räumlichen Abweichungen, haben jedoch keinen Einfluss auf die zeitliche Entwicklung.



Bergmischwald mit vorherrschenden Weißtannen, Deutschland

DER ZUSTAND DER WEIßTANNE (*ABIES ALBA*)

Zusammenfassung

- Als Reaktion auf eine weit verbreitete Schädigung der Weißtannen wurden bereits in den siebziger Jahren erste Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet. Diese wurden später in das heutige, länderübergreifende Netz der Waldzustandsüberwachung integriert.
- Die Weißtanne gehört weiterhin zu den am stärksten geschädigten Baumarten. Mehr als 40% der kontinuierlich erfassten Bäume sind betroffen; in den letzten Jahren konnten nur geringfügige Verbesserungen verzeichnet werden.
- Die Anfälligkeit dieser Baumart gegenüber Luftverunreinigungen wurde in vielen Untersuchungen nachgewiesen. Ebenso haben natürliche Stressfaktoren wie Trockenperioden sowie Mistelbefall einen großen Einfluss.

Einleitung

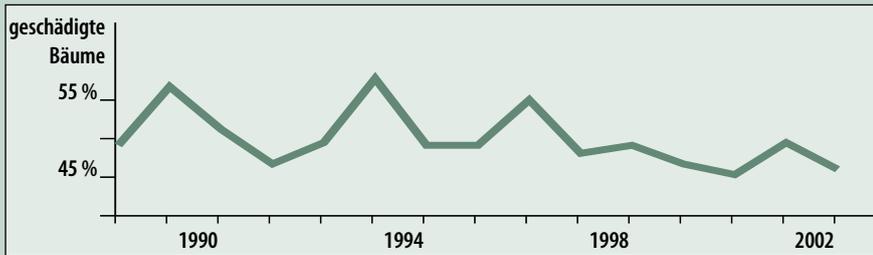
In den siebziger Jahren traten in Süddeutschland und Mitteleuropa weit verbreitete Schäden an Weißtannen (*Abies alba*) auf. Diese Schadsymptome wurden bereits damals im Zusammenhang mit dem sogenannten „Waldsterben“ systematisch erfasst. Aus diesem Grunde sind die regionalen Zeitreihen zum Kronenzustand von Weißtannen die längsten, die für eine große Zahl von Flächen zur Verfügung stehen. Ursprünglich wurde nur vom „Tannensterben“ gesprochen, doch wurde bald deutlich, dass mehr Baumarten betroffen waren.

Das natürliche Verbreitungsgebiet von Weißtannen sind die humiden Bergregionen in Mittel- und Südeuropa. Die Baumart ist vergleichsweise schattentolerant und in der Regel in Bergmischwäldern anzutreffen, in denen sie in mit Fichten, Buchen und Bergahorn artenreiche,

gut strukturierte Mischbestände bildet. In Mitteleuropa kommt diese Art in einer Höhe von bis zu 1 200 m vor. Nur in südlichen Regionen wie den Pyrenäen ist sie in größeren Höhen anzutreffen. Für ein optimales Wachstum benötigt sie einen gut drainierten Standort mit einer zumindest mäßigen Nährstoffversorgung. Aufgrund ihrer Pfahlwurzeln besiedelt sie aber auch verdichtete und hydromorphe Standorte. Auf stark sauren Böden gedeiht die Weißtanne nur in Ausnahmefällen.

Die geschichtliche Entwicklung der Tannenschäden

Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden erste detaillierte Berichte über eine Schädigung der Weißtannen vorgelegt, in denen auch die spezifischen Symptome beschrieben wurden. Mitte der sechziger Jahre wurde erneut eine Verschlechterung festgestellt – zu-



Prozentualer Anteil geschädigter Weißtannen im Level I-Netz (nur seit 1988 kontinuierlich erfasste Bäume, Schadstufen 2-4, >25% Nadelverlust)

nächst in Süddeutschland, dann aber auch in anderen Regionen Europas. Insbesondere 1976, einem Jahr mit extrem geringen Niederschlägen, war eine erhebliche Zunahme der Schäden zu beobachten. Gleichzeitig wurden in dieser Region Mitte der siebziger Jahre höchste Schwefeldioxidemissionen gemessen, und so wurde erstmals ein Zusammenhang zwischen der weiträumigen Luftverschmutzung und der Verschlechterung des Kronenzustands vermutet.

Die Besorgnis über eine zunehmende Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit der Waldökosysteme führte schließlich zu der Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen mit dem Ziel, die Entwicklung zu dokumentieren und die Ursachen für die beobachteten Symptome zu analysieren.

Ergebnisse des Monitorings

Derzeit sind über 2 000 Weißtannen im transnationalen großräumigen Netz des Programms erfasst. Frankreich, Rumänien und Deutschland sind mit den meisten

Tannen in der Datenbank vertreten. Seit 1988 sind ständig über 45% der erfassten Bäume als geschädigt eingestuft (siehe auch Abb. 2-3). Damit gehört die Weißtanne seit 1988 zu den am stärksten geschädigten Baumarten. In den Jahren 1989, 1993 und 1996 war dieser Prozentsatz besonders hoch. Seither ist eine leichte Erholung zu beobachten. Regional vorhandene Zeitreihen zeigen, dass die Schädigungen vor 1988, und vor allem vor 1986, noch stärker waren.

Stressfaktoren und Regenerierung

Die regionalen Entwicklungen weisen auf zahlreichen Flächen überraschend viele Parallelen auf, und zwar unabhängig von der Art des Bestands und des Standorts. Dies legt die Vermutung nahe, dass der Gesundheitszustand dieser Baumart nicht nur von örtlichen Einflüssen, sondern auch von übergreifenden Stressfaktoren abhängig ist. Es ist bekannt, dass die Weißtanne sehr anfällig gegenüber atmosphärischen Sulfateinträgen ist. Untersuchungen zeigen, dass eine Beziehung zwischen dem Baumwachstum und

der Verringerung der hohen Schwefeldioxidemissionen besteht. In den achtziger Jahren durchgeführte Forschungsarbeiten haben nachgewiesen, dass auch Bodenpilze eine schädigende Wirkung haben. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass klimatische Faktoren, wie z. B. lange Trockenperioden, den Gesundheitszustand dieser Baumart beeinflussen. Nicht zuletzt neigen zu dichte Bestände zu einer verstärkten Schadanfälligkeit.

Ferner konnte ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Nadelverlust und einem Befall mit Misteln (*Viscum album*) hergestellt werden. Die Untersuchung befallener Tannen zeigt, dass sich Misteln nicht zwangsläufig nur auf stark geschädigten Tannen ansiedeln. Vergleichsweise gesunde Baumkronen werden durch einen Befall jedoch nachhaltig geschwächt.

Die Ergebnisse des Langzeitmonitorings in Süddeutschland konnten eine Beziehung zwischen Mortalität und dem durchschnittlichen Nadelverlust herstellen. So ist bei Bäumen mit hohem durchschnittlichen Nadelverlust häufiger ein Absterben zu beobachten. Auch sind geschädigte Tannen anfälliger gegenüber sekundären Stressfaktoren.

Im Gegensatz zu vielen anderen Arten ist die Weißtanne jedoch zum Teil in der Lage, die Schäden durch einen zweiten Austrieb auszugleichen. Auf diese Weise können stark geschädigte Tannen viele Jahre lang überleben. In Ausnahmefällen kann eine vitale Sekundärkrone eine geschädigte Primärkrone sogar vollständig ersetzen und so eine völlige Regenerierung herbeiführen.



Entwicklung einer stark geschädigten Tanne in den Jahren 1985, 1996 und 2002 mit einer deutlichen Revitalisierung.



Fichtenzweig in verschiedenen phänologischen Entwicklungsstufen (vor, während und nach dem Frühjahrsaustrieb)

2.2 Phänologie und Umwelteinflüsse

Zusammenfassung

- Die jahreszeitlichen phänologischen Entwicklungsstufen von Bäumen, wie Austrieb, Laubfärbung und Laubabwurf, zeigen eine Abhängigkeit von klimatischen Einflüssen und Baumwachstum.
- Die kürzlich begonnenen phänologischen Beobachtungen werden in Zukunft weiter ausgedehnt werden, da sie bei der Analyse von Umweltstress, wie beispielsweise Klimaveränderungen, von Nutzen sind. Darüber hinaus gelten Aufzeichnungen dieser Art als ein sensibles Frühwarnsystem.

Einleitung

Langzeitbeobachtungen haben ergeben, dass der Frühjahrsaustrieb

in Mitteleuropa derzeit rund zwei Wochen früher erfolgt als noch vor 50 Jahren. Im nördlichsten Skandinavien liegt der Unterschied sogar bei vier Wochen. Seit dem Jahr 2000 werden die Entwicklungsstadien von Bäumen, wie Blüte, Austrieb, Laubfärbung und Laubabwurf, durch phänologische Beobachtungen auf einer Reihe von Intensivbeobachtungsflächen erfasst. Der Phänologie kommt bei der Untersuchung des Klimawandels und seiner Auswirkungen auf die Waldökosysteme eine große Bedeutung zu. Darüber hinaus liefert sie wertvolle Erkenntnisse über die genetische Vielfalt und die Luftschadstoffeinträge.

Erste Ergebnisse

In Finnland und Deutschland wurde der Austrieb von Rotfichten an Bäumen verfolgt, deren

Durchmesser regelmäßig mit Hilfe von Umfangmessbändern gemessen wurde. Im Allgemeinen hatten ein frühzeitigerer Austrieb und eine verlängerte Wachstumsperiode einen größeren Durchmesserzuwachs zur Folge (Abb. 2-8, links). Allerdings können Reaktionen dieser Art durch die in der betreffenden Wachstumsperiode vorherrschenden Wetterbedingungen wie auch durch die genetische Struktur einzelner Bäume und die kleinräumigen Standortbedingungen überlagert werden (Baum in Abb. 2-8, rechts).

Auf Buchen bestandenen Flächen in Deutschland, Luxemburg und Frankreich konnte eine enge Beziehung zwischen der Dauer der Wachstumsperiode (definiert als die Zeit zwischen Frühjahrsaustrieb und Herbstlaubfärbung) und der Temperatur bzw. der geografischen Region hergestellt werden.

Ausblick

Phänologische Untersuchungen können als Frühwarnsystem für die Auswirkungen des Klimawandels herangezogen werden. Es wird erwartet, dass sie in Zukunft verstärkt in das Programm einbezogen werden. Die Integration mit anderen Daten der Beobachtungsflächen wird die Analysen von Ursache-Wirkung-Beziehungen erleichtern. Allerdings werden längere Zeitreihen, Informationen über mehr Flächen und mehr Bäume je Fläche benötigt, um die Ergebnisse weiter zu untermauern.

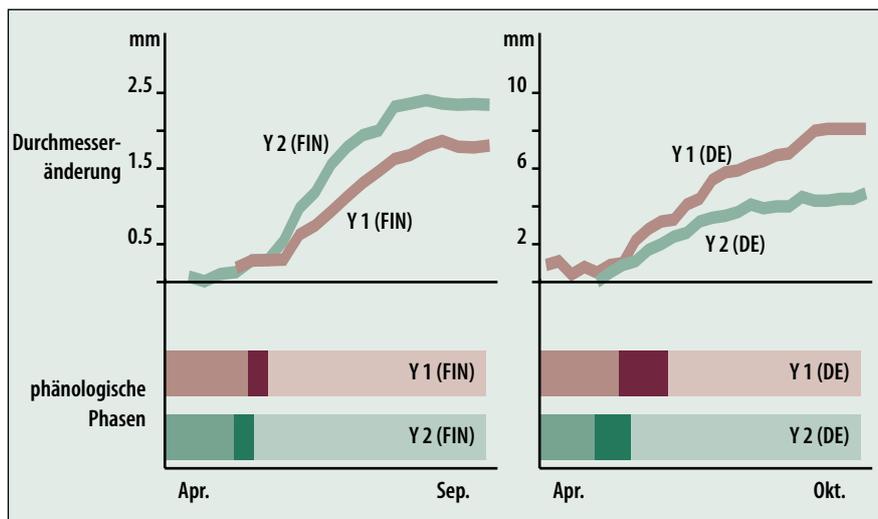


Abbildung 2-8: Durchmesserentwicklung und phänologische Beobachtungen an einer Fichte in Punkaharju (Finnland, links) und an einer Fichte in Sonthofen (Deutschland, rechts) in zwei verschiedenen Jahren.

Obere Schaubilder: Durchmessermessungen.

Untere Schaubilder: Austriebszeiten identischer Bäume in den beiden Beobachtungsjahren (mittel: vor dem Austrieb; dunkel: während des Austriebs; hell: nach dem Austrieb).

Messungen in identischen Jahren sind jeweils in derselben Farbe dargestellt.

Weitere Informationen siehe:

<http://www.metla.fi/eu/icp/phenology/index.htm>

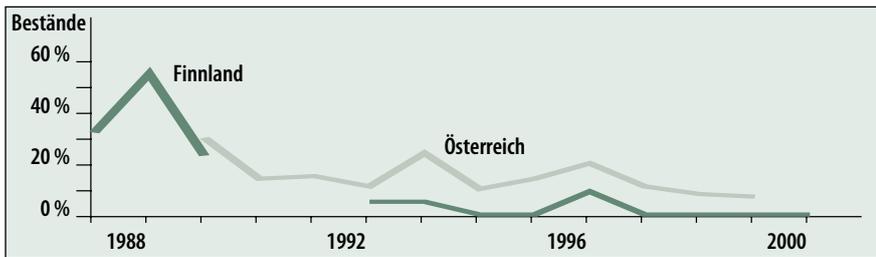


Abbildung 2-9: Anteil der Bestände mit einer Schwefelkonzentration von über 1,1 mgS/g in den Nadeln.

2.3 Chemische Zusammensetzung von Nadeln und Blättern als Indikator für Umweltveränderungen

Zusammenfassung

- Die Abnahme der Schwefeleinträge zeigt sich in der chemischen Zusammensetzung der Nadeln und Blätter von Bäumen. Dies gilt sogar für Länder wie Finnland und Österreich, wo die Schwefelkonzentrationen in den Baumnadeln in den letzten 15 Jahren ständig niedrig waren.
- Die Stickstoffkonzentrationen in Baumnadeln in diesen beiden Ländern blieben kontinuierlich auf einem niedrigen Niveau, doch geben die Entwicklungen in einigen Gebieten Anlass zur Besorgnis.

- Was die Beobachtungsflächen in diesen beiden Ländern betrifft, so kann man von einer ausgeglichenen Nährstoffbilanz sprechen.

Einleitung

Chemische Analysen von Baumnadeln und -blättern geben wertvolle Einblicke in die Baumernährung, die wiederum Rückschlüsse auf umweltbedingte Veränderungen ermöglicht. Seit 1987 wurde die chemische Zusammensetzung von Baumnadeln jährlich auf 36 finnischen und 71 österreichischen Level I-Flächen ermittelt. Diese Länder waren für die Bewertung ausgewählt worden, da sie über die umfassendsten Datensätze zur chemischen Zusammensetzung von Nadeln und Blättern verfügen.

Ergebnisse

In den letzten 15 Jahren wurden sowohl in Österreich als auch in Finnland nur geringe Schwefelkonzentrationen in den Baumnadeln verzeichnet. Doch selbst auf diesem niedrigen Niveau der Schwefel-Konzentrationen wurde eine weitere Abnahme festgestellt (Abb. 2-9). Dies ist ein deutliches Zeichen, dass die Programme zur Verringerung der Schwefelemissionen Erfolge zeigen. In einigen entlegenen Gebieten Finnlands sind die Schwefelkonzentrationen in den Nadeln auf ein Niveau gesunken, das normalerweise nur in Urwäldern zu finden ist. In Österreich dagegen wurden bei 7% der Proben Konzentrationen verzeichnet, die über den spezifischen nationalen Obergrenzen lagen.

Die Stickstoff-Konzentrationen, die in den meisten Teilen Finnlands und Österreichs gemessen wurden, waren weiterhin insgesamt gering. Dies gilt insbesondere für die österreichischen Wälder in den Alpenregionen. Bäume mit höheren Stickstoffkonzentrationen in den Nadeln waren häufig in der Nähe von Industriegebieten und landwirtschaftlich genutzten Flächen zu finden. In Anbetracht der normalen Alterung der erhobenen Bäume wäre bei konstantem Schadstoffeintrag jedoch ein Rückgang der Stickstoffkonzentrationen zu erwarten gewesen. Da ein solcher Rückgang nicht beobachtet werden konnte, liegt die Vermutung nahe, dass Stickstoff nun auch in entlegenen Gebieten in immer höherem Maße verfügbar ist. Eine erhöhte Verfügbarkeit von Stickstoff kann jedoch die Waldökosysteme beeinträchtigen.



Nadelprobenahme in finnischen (links) und österreichischen Wäldern (rechts)

Weiterführende Literatur:

Lorenz, M., V. Mues, G. Becher, C. Müller-Edzards, S. Luyssaert, H. Raitio, A. Fürst and D. Langouche, Forest Condition in Europe. Results of the 2002 Large-scale Survey. Technical Report. Europäische Kommission, UNECE 2003, Brüssel, Genf, 171 S.



Wasserentnahme aus verschiedenen Bodenhorizonten mit Hilfe von Lysimetern

3. LUFTVERSCHMUTZUNG UND SIMULATION DER LANGFRISTIGEN AUSWIRKUNGEN

Zusammenfassung

- Wenn die Schadstoffemissionen in Zukunft weiter entsprechend dem Göteborg-Protokoll verringert werden, wird dies den angewandten Modellen zufolge zu einer raschen Verbesserung der Bodenlösungsschemie führen. Dagegen wird eine Erholung der Bodenfestphase Jahrzehnte dauern.
- Die für rund 200 Intensivbeobachtungsflächen anhand dynamischer Modelle durchgeführten Berechnungen haben ergeben, dass in den Jahren von 1980 bis 2000 aufgrund starker Verringerungen der Schwefelemissionen ein rapider Rückgang der Sulfatkonzentrationen in der Bodenlösung erfolgte.
- Für die meisten Flächen sagt das Szenario einen Rückgang der Nitratkonzentrationen in den Böden bis zum Jahr 2010 voraus, sofern das Göteborg-Protokoll in allen Ländern in vollem Umfang umgesetzt wird.

Die größten Verringerungen werden auf den Flächen festzustellen sein, auf denen derzeit hohe Stickstoffkonzentrationen gemessen werden.

- Eine Verringerung potenziell toxischer Aluminiumkonzentrationen wird vor allem für solche Flächen prognostiziert, auf denen in den achtziger Jahren hohe Aluminiumkonzentrationen festgestellt wurden.

Einleitung

Die Luftverschmutzung hat einen entscheidenden Einfluss auf den Zustand der Wälder in Europa. Mit der Unterzeichnung des Göteborg-Protokolls haben sich die teilnehmenden Länder verpflichtet, die Emissionen von Schwefel, Stickoxiden und anderen Schadstoffen deutlich zu verringern. Auf diese Weise konnten die Schwefelemissionen in den letzten Jahrzehnten erheblich gesenkt werden (Abb. 3-1). Allerdings werden – wie

bereits im Vorjahresbericht dargelegt – bei den Stickstoff- und Säureeinträgen auf vielen Flächen weiterhin die kritischen Eintragsraten (Critical Loads) überschritten. Die Zeitreihen zu den gemessenen Luftschadstoffeinträgen sind ein wertvolles Hilfsmittel, mit dem der Erfolg der Luftreinhaltepolitik in Europa gemessen und die künftigen Handlungsfelder bestimmt werden können.

Das folgende Kapitel stellt verschiedene Anwendungen eines dynamischen Modells vor, das die Reaktionen der Böden auf die künftigen verringerten Einträge simuliert. Die Auswertungen wurden in enger Zusammenarbeit mit den Partnerprogrammen der Genfer Luftreinhaltekonvention, dem „ICP on Modelling and Mapping“ und dem „ICP on Integrated Monitoring“, vorgenommen. Die Ergebnisse sind ein Schritt auf dem Weg zur Realisierung des Ziels, dynamische Modelle nicht

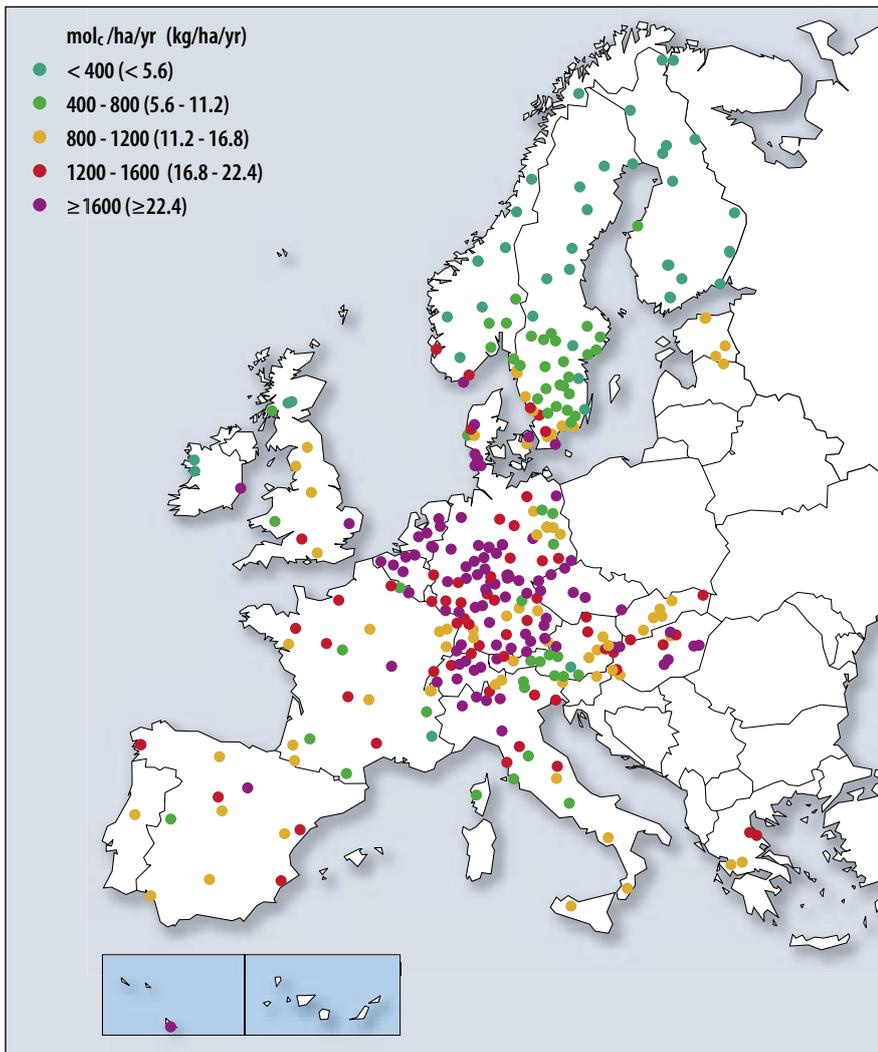


Abbildung 3-1: Gesamtstickstoffeintrag auf Level II-Flächen, 1998-2000. Der höchste Eintrag war in Mitteleuropa zu verzeichnen. Die Critical Loads, bei deren Überschreitung mit einer weiteren Stickstoffanreicherung im Boden zu rechnen ist, werden derzeit auf 92% der erhobenen Level II-Flächen überschritten. Die Critical Loads, bei deren Überschreitung mit einer Schädigung der Bäume zu rechnen ist, wurden auf 45% der Flächen überschritten. Aufgrund von Interaktionen im Kronendach werden die Gesamteinträge anhand von Messungen der sogenannten Kronentraufe im Bestand und der Freilanddepositionen auf nahe gelegenen unbewaldeten Flächen modelliert.

nur auf einzelnen Flächen, sondern auf europäischer Ebene anzuwenden.

Anwendung des Modells

Auf rund 200 Intensivbeobachtungsflächen werden sowohl der Stoffeintrag durch Depositionen als auch die Konzentrationen in der Bodenlösung in regelmäßigen Abständen gemessen. Auf diesen Flächen wurde die Bodenversauerung durch ein dynamisches Modell modelliert. So sollte geprüft werden, ob die gemessenen Bodenlösungskonzentrationen durch das Modell reproduziert werden können. Dabei wurden die vorliegenden Daten zur Optimierung bestimmter Parameter des Modells verwendet.



Sammelbehälter für feuchte Depositionen in Waldbeständen

Methoden

Kritische Eintragsraten (**Critical Loads**) sind bereits im Kurzbericht 2002 vorgestellt worden. Diese Schwellenwerte definieren die Langzeitbelastung, unterhalb derer keine signifikanten schädlichen Wirkungen zu erwarten sind. Überschreiten Schadstoffeinträge die jeweiligen kritischen Eintragsraten, so besteht die Gefahr einer Schädigung des Ökosystems. In diesem Fall müssen dann zum Schutz des Ökosystems Schritte zur Verringerung der Einträge eingeleitet werden.

Steady-State Modelle werden zur Berechnung der Critical Loads verwendet. Temporäre Veränderungen der Bodenchemie bleiben dabei unberücksichtigt.

Dynamische Modelle werden verwendet, um die Reaktionen der Bodenchemie auf veränderte Umweltbedingungen zu simulieren. Sie sind komplexer, da sie dynamische Bodenprozesse wie beispielsweise Kationenaustausch, Sulfatadsorption und Stickstoffbindung berücksichtigen.

Aluminium-Ionen können die Pflanzenwurzeln schädigen. Hohe Konzentrationen treten vor allem in sauren Böden auf. Daher gilt die Konzentration von Aluminiumionen in der Bodenlösung als ein Schlüsselindikator für Bodenversauerung.

Bei der **Bodenlösung** handelt es sich um das Wasser in den Bodenporen. Die jeweilige chemische Zusammensetzung wird durch die Depositionen beeinflusst. Über die Bodenlösung nehmen die Pflanzenwurzeln den größten Teil der benötigten Nährstoffe auf.

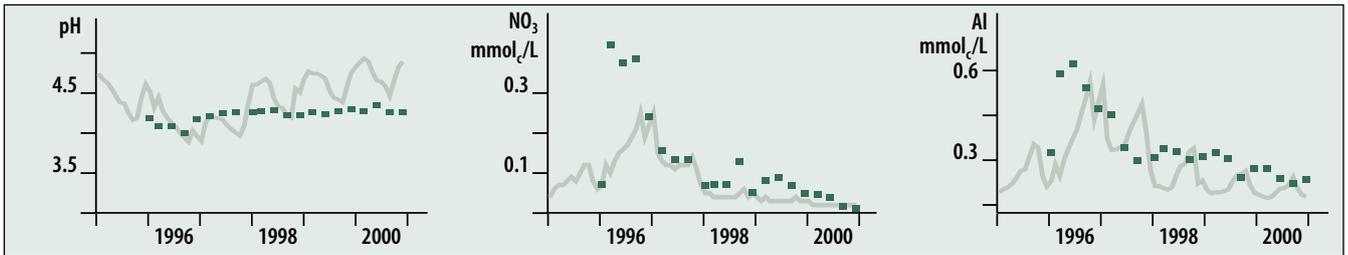


Abbildung 3-2: Beispiele für gemessene (Punkte) und simulierte (Kurven) pH-Werte sowie für die Konzentrationen von Nitrat (NO₃) und Aluminium (Al) in der Bodenlösung einer Intensivbeobachtungsfläche. Das Ergebnis der spezifischen Simulation ist für Aluminium gut, für den pH-Wert dagegen weniger zufriedenstellend.

Bei den meisten Flächen wurden zufriedenstellende bis gute Ergebnisse erzielt (Abb. 3-2).

Nach erfolgter Optimierung des Modells wurden für den Zeitraum 1970-2030 die Auswirkungen der erwarteten Veränderungen bei den Depositionen simuliert. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Modell – wenn es in der Lage ist, die Bodenlösungsmessungen für eine Reihe bereits vergangener Jahre zu reproduzieren – auch glaubhafte Ergebnisse bei einer Simulation künftiger Gegebenheiten liefern wird. Das Szenario der künftigen Depositionen legt die im Göteborg-Protokoll vereinbarten Emissionsverringerungen zugrunde.

Ergebnisse

Die Szenarioanalyse zeigt für alle simulierten Level II-Flächen (Abb.3-3) einen starken Rückgang der durchschnittlichen Sulfatkonzentration in der Bodenlösung. Dies ist auf erhebliche Verringerungen der Schwefel-emissionen in Europa zurückzuführen. Die Analyse verdeutlicht

ferner, dass eine Reduzierung der Stickstoffemissionen auch zu geringeren Nitratkonzentrationen in den Böden führen würde. Weitere Auswertungen deuten darauf hin, dass die größten Verringerungen auf den Flächen zu erwarten sind, die derzeit durch hohe Nitratkonzentrationen belastet sind. Bei einigen Flächen werden auch in Zukunft hohe Nitratkonzentrationen zu verzeichnen sein. Der Rückgang bei den Säureeinträgen wird die chemischen Eigenschaften der Flächen verbessern, da der pH-Wert erhöht und damit die Aluminiumkonzentrationen verringert werden. Dabei muss bedacht werden, dass sich diese Ergebnisse nur auf die chemischen Reaktionen des Bodenwassers beziehen. Die Bodenfestphase reagiert grundsätzlich langsamer, und Ergebnisse werden erst nach Jahrzehnten, in manchen Fällen sogar erst nach Jahrhunderten zu sehen sein.

Die geografische Verteilung der simulierten Sulfatkonzentrationen in der Bodenlösung der modellierten Gebiete verdeutlicht den im

Vergleich zu 1970 starken Rückgang im Jahr 2030 (Abb. 3-4). Sie zeigt auch große räumliche Unterschiede bei den SO₄-Konzentrationen in der Bodenlösung, wobei die höchsten Werte in Mitteleuropa zu verzeichnen sind.

Die geografische Verteilung der simulierten Aluminiumkonzentrationen zeigt vor allem, dass sich die Zahl der Flächen mit zu hohen Konzentrationen mit der Zeit deutlich verringert (Abb. 3-5). So lagen die Aluminiumkonzentrationen anfangs auf rund 20% der Flächen oberhalb eines kritischen Werts von 0,2 mmol/L. Die Simulationen zeigen eine deutliche Reduktion dieses Prozentsatzes auf 5%.

Weiterführende Literatur:

De Vries, W., G.J. Reinds, M. Posch, M. J. Sanz, G.H.M. Krause, V. Calatayud, J.P. Renaud, J.L. Dupouey, H. Sterba, M. Dobbertin, P. Gundersen, J.C.H. Voogd and E.M. Vel, 2003. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report. Europäische Kommission, UNECE 2003, Brüssel, Genf, 170 S.

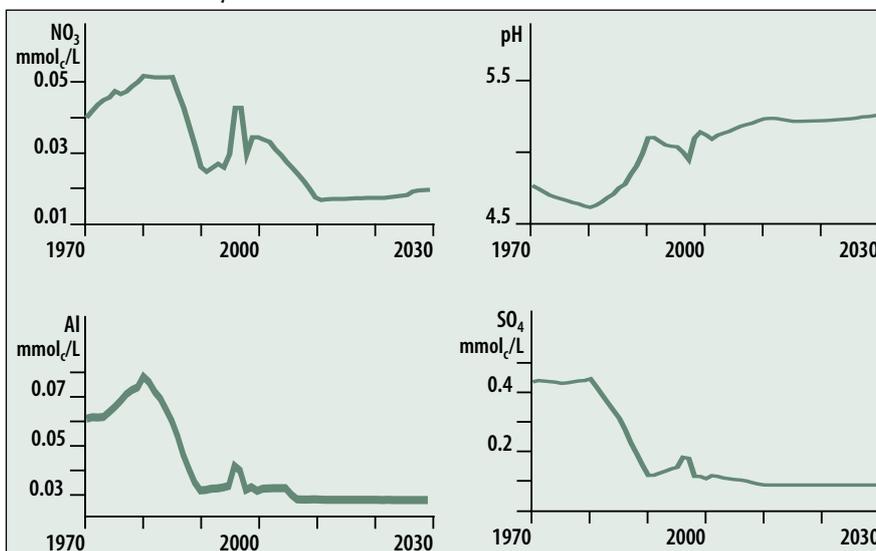


Abbildung 3-3: Simulation des mittleren pH-Werts sowie der Konzentrationen von Sulfat (SO₄²⁻), Nitrat (NO₃⁻) und Aluminium (Al) in der Bodenlösung auf 200 Intensivbeobachtungsflächen von 1970 bis 2030. Dabei wurden Emissionen entsprechend dem Göteborg-Protokoll zugrunde gelegt. Die starken Schwankungen der Kurven der Jahre 1996 bis 2000 erklären sich dadurch, dass für diesen Zeitraum jahresbezogene Daten und nicht wie für die übrigen Jahre Durchschnittswerte zugrundegelegt wurden.

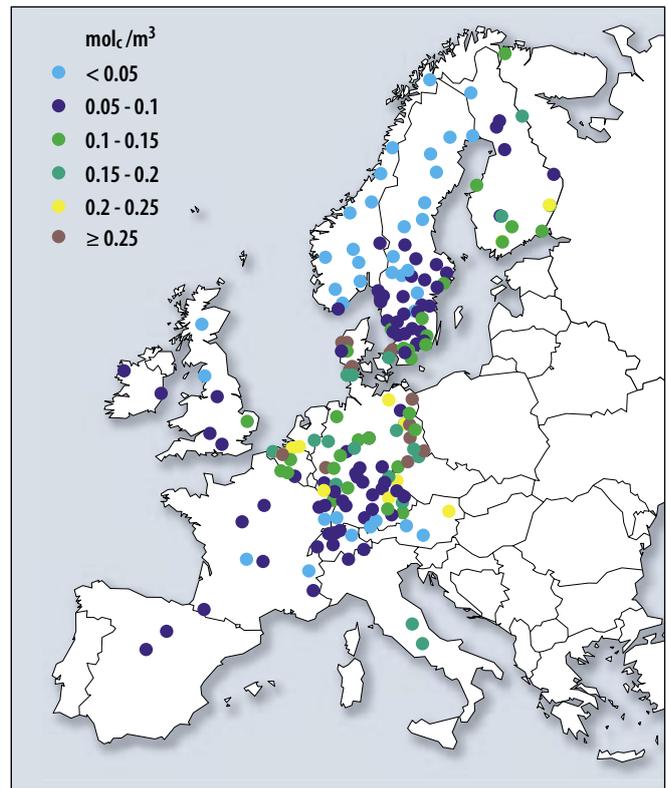
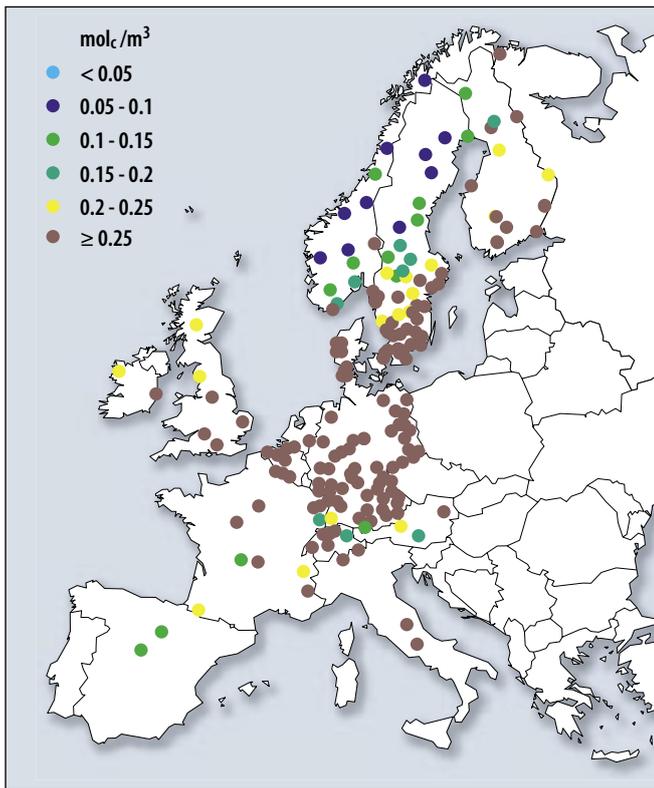


Abbildung 3-4: Simulierte Konzentrationen von Sulfat (SO_4) in der Bodenlösung auf Level II-Flächen in den Jahren 1970 (links) und 2030 (rechts)

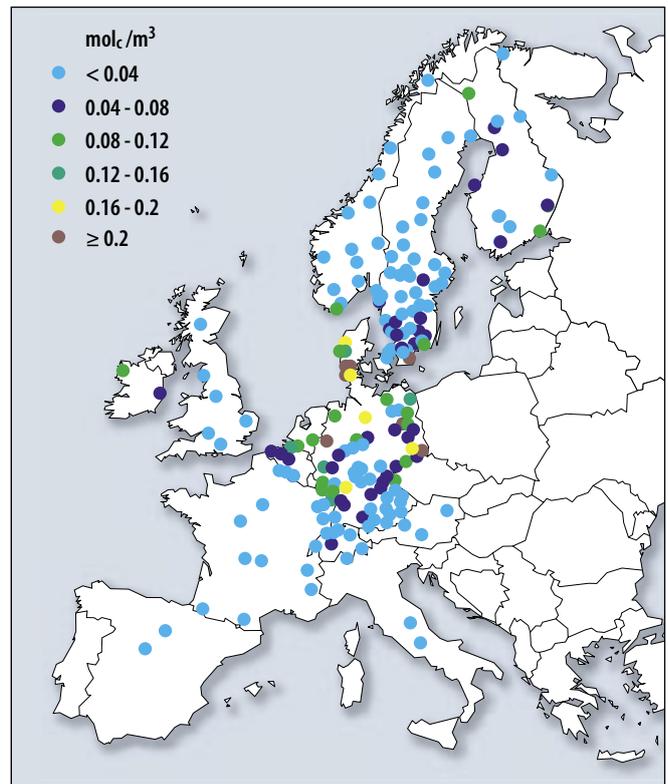
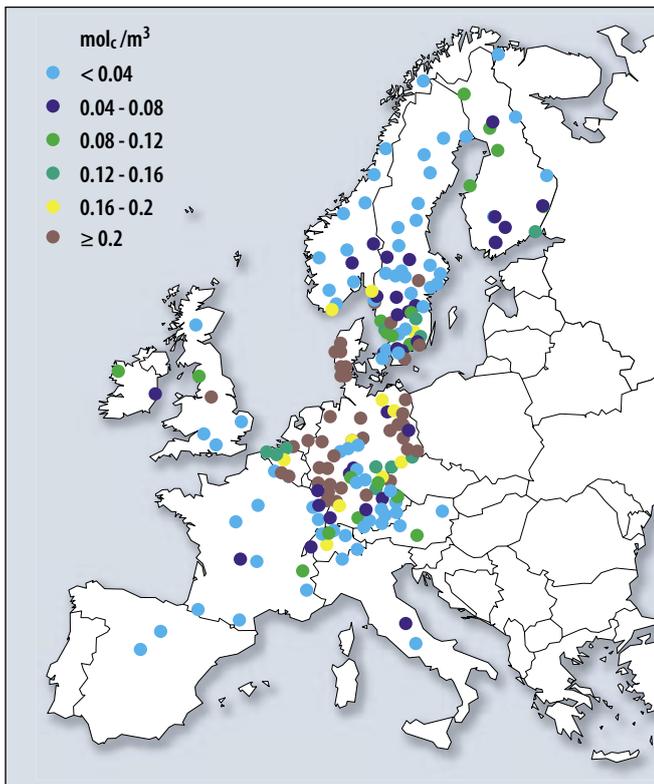


Abbildung 3-5: Simulierte Konzentrationen von Aluminium (Al) in der Bodenlösung auf Level II-Flächen in den Jahren 1970 (links) und 2030 (rechts)



Passivsammler in Spanien

4. OZONKONZENTRATIONEN IN WÄLDERN

Zusammenfassung

- Ozon wird heute als einer der Schadstoffe betrachtet, die Wälder am stärksten beeinträchtigen.
- Eine auf ausgewählten Flächen durchgeführte Testphase zeigt, dass die Überwachung von Ozonkonzentrationen auch in entlegenen Gebieten und über große Flächen machbar ist. Die ersten Ergebnisse bestätigen die derzeitigen Erkenntnisse. Demnach werden vor allem in Südeuropa besonders hohe Ozonkonzentrationen gemessen.
- Bei dem bisher vom Programm entwickelten System zur direkten Erfassung sichtbarer Ozonschäden handelt es sich um das erste dieser Art auf europäischer Ebene. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass auch die Buche als eine der Hauptbaumarten Mitteleuropas durch Ozon beeinträchtigt wird. Viele Pflanzen der

Bodenvegetation, von denen nicht bekannt war, dass sie gegenüber Ozon empfindlich sind, wiesen Ozonschäden auf.

Einleitung

Der weitreichende Einfluss von Luftschadstoffen auf Waldökosysteme ist seit vielen Jahren bekannt. Dies war auch einer der Hauptgründe für die Einrichtung des Monitoringprogramms. Entsprechend seinem Mandat hat das Programm in vielen Berichten umfassende Monitoringergebnisse vorgelegt, vor allem was die Einträge von Schwefel und Stickstoff betrifft (siehe www.icp-forests.org). Nach und nach wurde auf europäischer und auf internationaler Ebene erkannt, welche bedeutende Rolle in diesem Zusammenhang Treibhausgasen wie Ozon und Kohlendioxid zukommt. Im Jahr 2001 startete das EU/ICP Forests-Monitoringprogramm eine

Testphase, um die Möglichkeiten für ein Ozonmonitoring auf seinen meist entlegenen Waldflächen zu erkunden. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden auf europäischer Ebene die meisten Ozondaten in Stadtgebieten und Vorstadtbereichen erfasst. Die Testphase konzentrierte sich auf Luftkonzentrationsmessungen mit Hilfe von Passivsammlern und auf die Erfassung von sichtbaren Ozonschäden. Rund 100 Intensivbeobachtungsflächen in neun Ländern wurden in die Untersuchung einbezogen.

Passivsammler

Die getesteten Passivsammler haben sich als eine verlässliche und vergleichsweise kostengünstige Methode erwiesen, um Informationen über die Luftqualität zu erhalten. Dies gilt insbesondere für entlegene Waldgebiete, in denen keine anderen technischen Einrichtungen wie beispielsweise

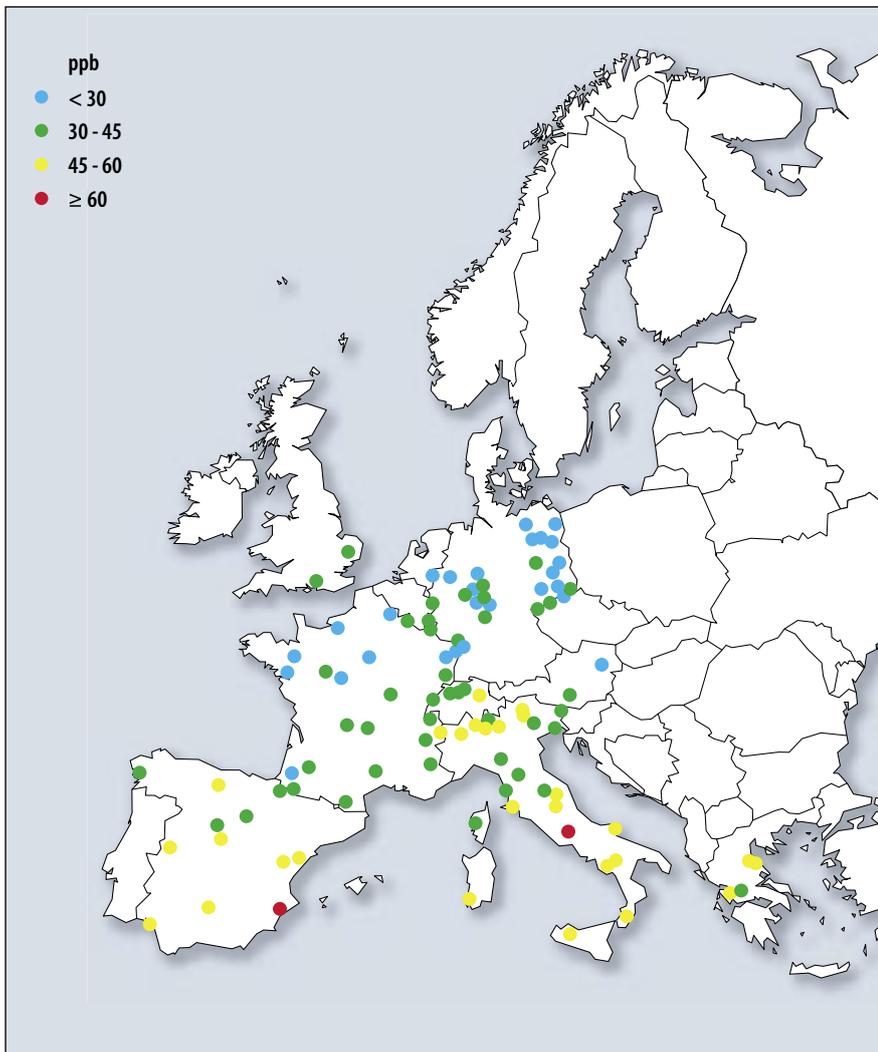


Abbildung 4-1: Durchschnittliche Ozonkonzentrationen vom 1. April bis zum 30. September 2001, gemessen im Rahmen einer Testphase durch Passivsammler auf ausgewählten Flächen.

kontinuierliche Messstationen vorhanden sind (Abb. 4-2).

Die Durchschnittskonzentrationen von April bis September 2001 waren in Südeuropa (Abb. 4-1) höher als in Mitteleuropa. 58% der spanischen und 63% der italienischen Flächen hatten über sechs Monate eine gewichtete Durchschnittskonzentration von 46-60 ppb. Auch in Griechenland und der Schweiz wurden vergleichsweise hohe Konzentrationen gemessen. In Deutschland, Frankreich, dem Vereinigten Königreich sowie in Österreich wiesen die Gebiete geringere Durchschnittskonzentrationen auf. Insgesamt waren die Ozonkonzentrationen 2001 im Vergleich zu den meisten Vorjahren jedoch generell recht gering.

Erfassung von sichtbaren Ozonschäden

Ozon hinterlässt keine stofflichen Rückstände, die mittels analytischer Verfahren nachgewiesen werden können. Aus diesem Grunde wurden im Jahr 2001 Nadeln und Blätter der Hauptbaumarten sowie die Bodenvegetation auf 72 Flächen in neun Ländern auf sichtbare Schäden untersucht. Es wurde eine Website eingerichtet, die u. a. eine Fotogalerie mit Beispielen für die Symptome einer Ozonschädigung von Nadeln und Blättern bereitstellt. Ziel war, das Erkennen von Ozonschäden zu erleichtern (<http://www.gva.es/ceam/ICP-forests>). Ferner wur-

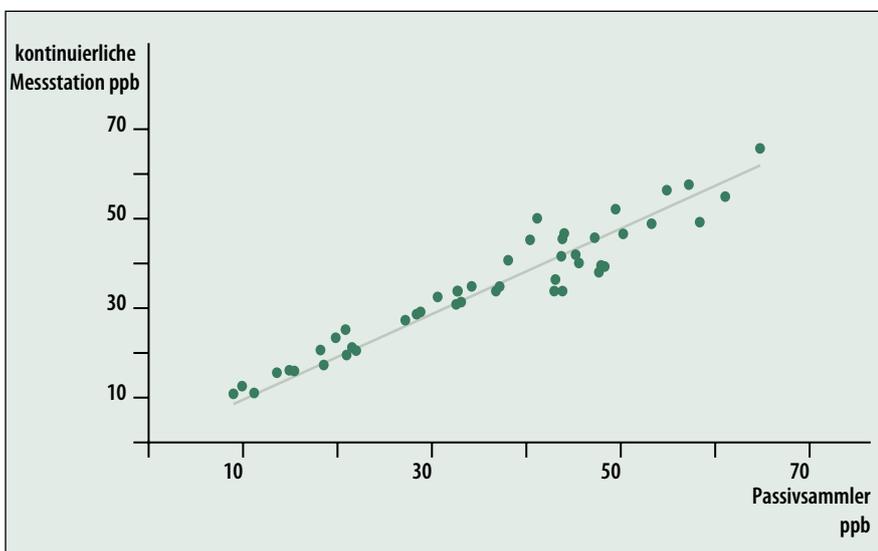


Abbildung 4-2: Vergleich der Ozonkonzentrationen, die zwei Wochen lang durch automatische und kontinuierliche arbeitende Messstationen und durch Passivsammler in Spanien gemessen wurden. Die enge Beziehung zwischen den gemessenen Konzentrationen zeigt, dass durch die Passivsammler verlässliche Ergebnisse erzielt werden können. Diese enthalten chemische Substanzen, die auf Ozon in der Luft reagieren. Nach einer bis vier Wochen werden die Sammler im Labor analysiert.



Sichtbare Ozonschäden an Blättern von Buche und Weißerle sowie an Aleppokiefernadeln. Die Unterscheidung der Symptome von denen anderer Schadstoffe erfordert umfangreiche Sachkenntnis.

den mehrere Lehrgänge veranstaltet, um das für diesen Bereich erforderliche Fachwissen aufzubauen und die Verfahren zu vereinheitlichen. Es wurden spezielle mikroskopische Methoden entwickelt, um die Symptome in Zweifelsfällen validieren zu können.

Auf 17 der erfassten Flächen wurde eine sichtbare Schädigung der Bäume verzeichnet. In Mitteleuropa konzentrierten sich die Untersuchungen auf die gemeine Buche. Bei dieser wichtigen Baumart wurden auf 24% der untersuchten Flächen Schäden festgestellt. Darüber hinaus wiesen viele Arten der Bodenvegetation, die bislang als ozonunempfindlich galten, sichtbare Ozonschäden auf.

Folgerungen und Ausblick

Im Rahmen der Testphase wurde auf europäischer Ebene ein Ozonmonitoringsystem für Wälder eingerichtet, das sich in der Praxis bewährt hat. In vielen Ländern konnte ein entsprechendes Fachwissen im Bereich der passiven Ozonmessung aufgebaut werden. Die Erfassung von sichtbaren Ozonschäden an den Hauptbaumarten sowie an der Bodenvegetation ist ein erster Schritt zur Einführung eines einzigartigen

europaweiten Systems, das sich auf validierte Feldbeobachtungen stützt. Durch diese Aufnahmen werden in vielen Ländern die Kenntnisse über ozonempfindliche Arten erweitert werden. Geplant ist, die Methoden zu verfeinern und die passiven Ozonmessungen fortzusetzen. Die aus den beiden Erhebungen gewonnenen Informationen sollen mit einem geografischen Informationssystem (GIS) verknüpft werden. Dies wird zu einem besseren Verständnis der Auswirkungen von Ozon auf die Waldvegetation beitragen und die Grundlage für die Kalibrierung der Modelle des EU/ICP Forests und anderer Programme im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention schaffen.

Weiterführende Literatur:

De Vries, W., G.J. Reinds, M. Posch, M. J. Sanz, G.H.M. Krause, V. Calatayud, J.P. Renaud, J.L. Dupouey, H. Sterba, M. Dobbertin, P. Gundersen, J.C.H. Voogd and E.M. Vel, 2003. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report. Europäische Kommission, UNECE 2003, Brüssel, Genf, 170 S.



Der Freiland-Ozonbegasungsversuch in Freising, Deutschland

Die globale Ozonsituation

- Schätzungen gehen davon aus, dass die Konzentrationen des oberflächennahen (troposphärischen) Ozons (O_3) seit der vorindustriellen Zeit um rund 35% angestiegen sind, wobei der Anstieg nicht in allen Regionen gleich stark war. 2001 wurde troposphärisches Ozon vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) - nach Kohlendioxid (CO_2 , siehe auch Kapitel 5) und Methan (CH_4) – als das dritt wichtigste Treibhausgas eingestuft.
- Während die Konzentrationen des oberflächennahen, troposphärischen Ozons ansteigen, ist gleichzeitig in den letzten zwanzig Jahren in einer Höhe von 15 bis 50 km eine Ausdünnung des Ozon in der Stratosphäre zu verzeichnen. Dieser Abbau wird vor allem durch anthro-

pogene Kohlenwasserstoffe verursacht und stellt eine Bedrohung für den natürlichen Schutzschild der Erdatmosphäre dar.

Ozonschäden

Bäume reagieren auf Ozon, wenn das Gas über die Spaltöffnungen in das Blatt eindringt. Im Blatt wird das Ozon dann umgewandelt und bildet eine Vielzahl zellschädigender Verbindungen, sogenannte freie Radikale. Wissenschaftler sind sich darüber einig, dass die aktuellen Ozonkonzentrationen in vielen Teilen Europas und Nordamerikas zu einer Schädigung der Nadeln und Blätter führen. So werden das Chlorophyll in den Blättern und Nadeln zerstört, die Photosynthese beeinträchtigt, die Blattalterung beschleunigt, das Wachstum verringert, die Kohlenstoffbindung verändert und

die Bäume anfälliger gegen Schädlinge. Allerdings reagieren die verschiedenen Baumarten wie auch einzelne Bäume einer Art äußerst unterschiedlich auf hohe Ozonkonzentrationen.

Ozonforschung

Die Wissenschaftler des EU/ICP Forests Programms kooperieren mit anderen Forschungseinrichtungen, u. a. bei folgenden beiden Experimenten:

Seit dem Jahr 2000 wird in einem Buchen-Fichten-Mischwald bei Freising (Deutschland) untersucht, welche Auswirkungen eine chronische Exposition gegenüber einer im Vergleich zur normalen Luftkonzentration verdoppelten Ozonbelastung auf erwachsene Bäume hat. Bislang wurden als Folge der Freiland-Ozonbegasung an den Buchenblättern sichtbare Symptome einer Schädigung und eine vorzeitige Blattalterung festgestellt. Die Fichten sind offensichtlich weniger ozonempfindlich. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe werden helfen, die Vielzahl der anhand junger Containerpflanzen gewonnenen Erkenntnisse zu interpretieren, die ansonsten nicht ohne Weiteres auf alte Bäume übertragen werden können.

Am „Aspen FACE“ Projekt (Free-Air Carbon Dioxide Enrichment) in Nord-Wisconsin (USA) sind Wissenschaftler aus Nordamerika und aus fünf europäischen Ländern beteiligt. Im Rahmen dieses Projekts werden die Auswirkungen erhöhter CO_2 -, O_3 - und $CO_2 + O_3$ -Konzentrationen auf einem Freiland-Forschungsgelände gemessen und mit denen der normalen Luftkonzentration verglichen. Die Ergebnisse der ersten fünf Jahre zeigen eindeutig, dass eine erhöhte Konzentration von CO_2 in der Luft (>200 ppm) das Baumwachstum beschleunigt. Bei erhöhten Konzentrationen von O_3 sind Schädigungen festzustellen, die von genetischen Störungen bis zu Schädigungen des Ökosystems reichen. Bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Konzentrationen beider Stoffe wird die günstige Wirkung von CO_2 durch die erhöhte Konzentration von O_3 vollständig aufgehoben.



Das internationale „Aspen FACE“-Experiment in Wisconsin, USA



Eichenaltbestand mit Buchen in Deutschland

5. DIE KOHLENSTOFFBINDUNG IN EUROPÄISCHEN WÄLDERN UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DEN KLIMAWANDEL

Zusammenfassung

- *Wälder nehmen Kohlenstoff aus der Atmosphäre auf. Die jüngsten Ergebnisse des Monitoringprogramms lassen den Schluss zu, dass sich der Nettoanstieg des in den europäischen Wäldern gebundenen Kohlenstoffs (Bäume und Boden) auf rund 0,1 Gigatonnen pro Jahr beläuft. Dies entspricht ca. 25 bis 50% der geschätzten Gesamtkohlenstoffsенke Europas.*
- *Stickstoffeinträge haben das Waldwachstum in den letzten 40 Jahren in weiten Teilen Europas beschleunigt. Den Berechnungen zufolge sind die Depositionen dadurch für 5% der gestiegenen Kohlenstoffaufnahme der Wälder verantwortlich.*
- *Die Gesamtkohlenstoffvorräte in den Bäumen sind wesentlich niedriger als die der Böden. Die jährliche Kohlenstoffzunahme im Holz der Bäume ist derzeit allerdings*

rund 5 bis 7 mal höher als in den Waldböden. Mit zunehmendem Alter der Waldbestände wird die Kohlenstoffbindung jedoch nachlassen, was die relative Bedeutung der Böden für die terrestrische Kohlenstoffsенke unterstreicht.

Einleitung

Die Kohlenstoffbindung der Wälder (Sequestrierung) verzögert den Anstieg der CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre und verlangsamt somit den Klimawandel. In diesem Zusammenhang müssen einige wichtige Fragen beantwortet werden:

- Wie viel Kohlenstoff wird durch die europäischen Waldökosysteme gebunden?
- Worauf ist die Zunahme der Nettokohlenstoffspeicherung in den letzten Jahrzehnten zurückzuführen?

Zur Kohlenstoffbindung liegen momentan völlig unterschiedliche Zahlen vor. Dies liegt größtenteils

an unterschiedlichen Methoden der Untersuchungen, teilweise aber auch an einer geringen Zahl von Flächen, auf denen die Untersuchungen basieren. Anthropogene Faktoren wie beispielsweise die Waldbewirtschaftung und der erhöhte Stickstoffeintrag in die Wälder haben unter Umständen einen großen Einfluss auf die Kohlenstoffbindung. Mögliche andere Faktoren sind die Zunahme der CO₂-Konzentrationen in der Luft und der generelle Temperaturanstieg. Die anhand von 120 Intensivbeobachtungsflächen und 6 000 Level I-Flächen gewonnenen Daten bieten einen hervorragenden Ausgangspunkt für die Beantwortung dieser Fragen.

Kohlenstoffbindung auf Intensivbeobachtungsflächen und Level I-Flächen

Die Ergebnisse der Untersuchungen auf den Intensivbeobachtungsflächen zeigen, dass die jährliche

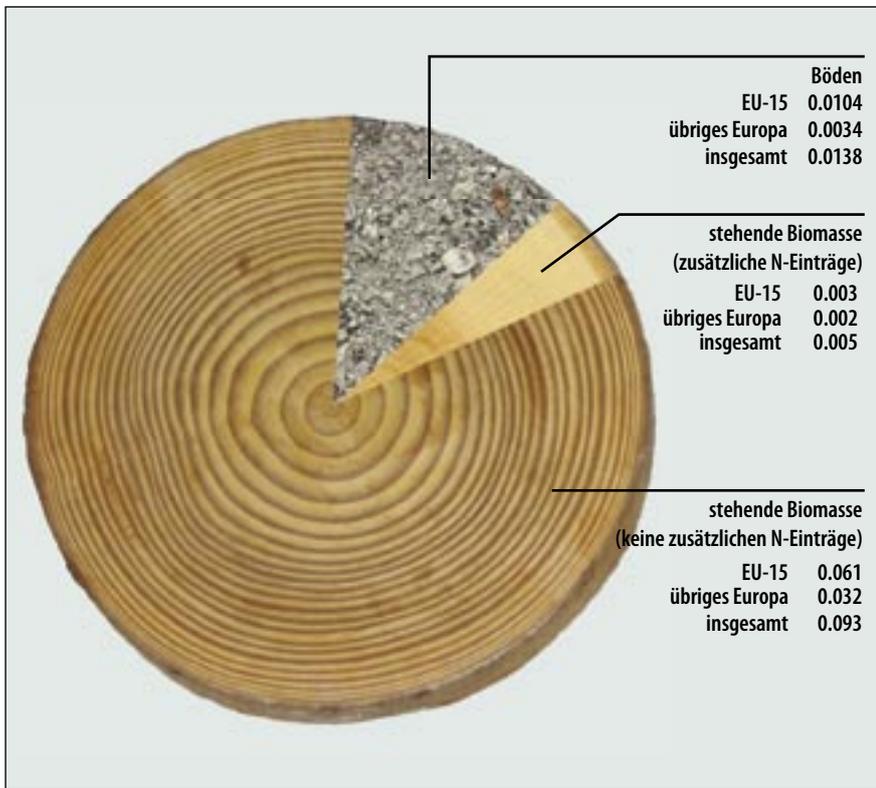


Abbildung 5-1: Jährliche Nettokohlenstoffbindung der stehenden Biomasse und der Böden in europäischen Wäldern (in Gt/ha/Jahr), abgeleitet von Intensivbeobachtungsflächen und Level I-Flächen. Der Anteil der Kohlenstoffbindung durch stehende Biomasse, der auf einen erhöhten Stickstoffeintrag zurückzuführen ist, ist vergleichsweise gering. Die Waldfläche für „Gesamteuropa“ ist in Anhang I definiert.

Kohlenstoffaufnahme der überirdischen Baumbiomasse in der Regel 5 bis 7 mal größer ist als die der Böden (Abb. 5-2). Wie zu erwarten war, nimmt die Kohlenstoffbindung durch die Bäume von Nord- in Richtung Mitteleuropa zu, was auf ein stärkeres Waldwachstum zurückzuführen ist. Die Auswertung für die Level I-Flächen ergibt ein ähnliches geografisches Muster (Abb. 5-3).

Kohlenstoffbindung in europäischen Wäldern und die Auswirkungen der Stickstoffeinträge

Modellberechnungen für 6 000 Level I-Flächen zeigen, dass sich die durch das Wachstum der Bäume verursachte Gesamtkohlentstoffaufnahme in den europäischen Wäldern in der Zeit von 1960 bis 2000 auf schätzungsweise 0,3 Gt/Jahr beläuft. Diese Zahl entspricht in etwa den Ergebnissen anderer Forschungsprojekte.

Berücksichtigt man, dass sich die Entnahme von Kohlenstoff (beispielsweise aufgrund von Holzernte, Windwurf und Waldbränden) in Europa schätzungsweise auf durchschnittlich zwei Drittel des gebundenen Kohlenstoffs beläuft, ergibt sich für die europäischen Wälder eine Nettokohlenstoffspeicherung von 0,1 Gt/Jahr. Der Beitrag der Stickstoffdeposition zu dieser jährlichen Kohlenstoffbindung in der überirdischen Baumbiomasse betrug 0,005 Gt/Jahr (Abb. 5-1). Folglich sind rund 5% der Kohlenstoffaufnahme auf die seit 1960 zu verzeichnende Zunahme der Stickstoffeinträge zurückzuführen. Damit hatten die Stickstoffeinträge in Europa insgesamt vergleichsweise geringe Auswirkungen auf die Kohlenstoffbindung durch die Bäume. In Gebieten mit hoher Stickstoffdeposition kann dieser Einfluss jedoch erheblich sein.

Für 120 Intensivbeobachtungsflächen, über die vergleichsweise umfangreiche Daten vorliegen, wurden die Gesamtkohlenstoffvorräte im Holz der Bäume und im Boden direkt berechnet. Ferner konnten auch statistische Beziehungen hergestellt werden, um die Gesamtvorräte auf 6 000 Level I-Flächen zu übertragen. Dabei wurde die Annahme zugrunde gelegt, dass diese Level I-Flächen repräsentativ für rund 2,0 Mio. km² Waldflächen in Europa sind (siehe Anhang I). Als Bezugsjahr für die Stickstoffdeposition wurde das Jahr 1960 gewählt. Auf dieser Grundlage wurden die Auswirkungen des zusätzlichen Stickstoffeintrags bis zum Jahr 2000 berechnet.

Auf den Intensivbeobachtungsflächen wurden die Veränderungen in den Kohlenstoffvorräten im Holz der Bäume direkt durch die Daten von Wiederholungsinventuren berechnet. Die Veränderungen bei dem im Boden gespeicherten Kohlenstoff wurden anhand der Stickstoffbindung (Eintrag minus Auswaschung), der Stickstoffaufnahme und einem C/N-Verhältnis berechnet. Von letzterem wird unterstellt, dass es auch bei unterschiedlichem Stickstoffeintragsniveau konstant ist.

Bei den Level I-Flächen wurde die Stickstoffdeposition von Modellen abgeleitet. Die Stickstoffaufnahme durch die stehende Biomasse wurde anhand von standortsspezifischen Ertragstafeln berechnet. Für die unterirdischen Kohlenstoffvorräte und deren Veränderungen wurde die Kohlenstoffbindung der Level I-Flächen zu den gemessenen C/N-Verhältnissen in Beziehung gesetzt. Diese Beziehung wurde von Level II-Flächen abgeleitet.

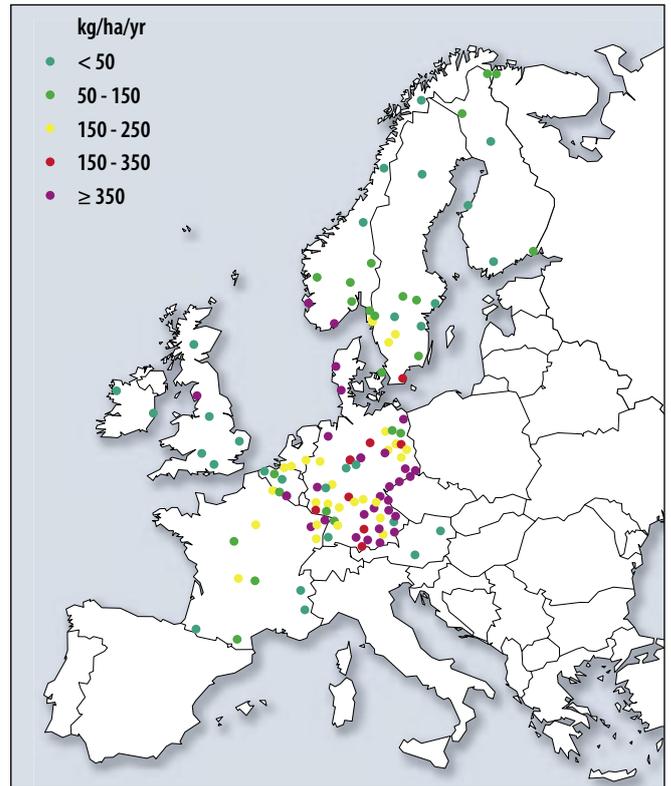
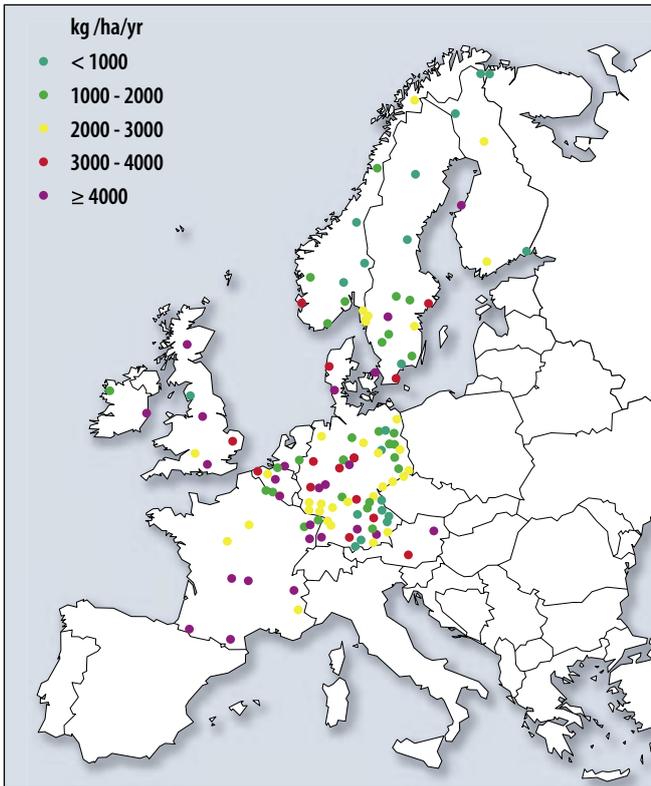


Abbildung 5-2: Berechnete jährliche Nettokohlenstoffspeicherung (kgC/ha/Jahr) in Bäumen (links) und Böden (rechts) auf 121 Intensivbeobachtungsflächen im Jahr 2000. Unterschiedliche Skalierungen der Legenden!

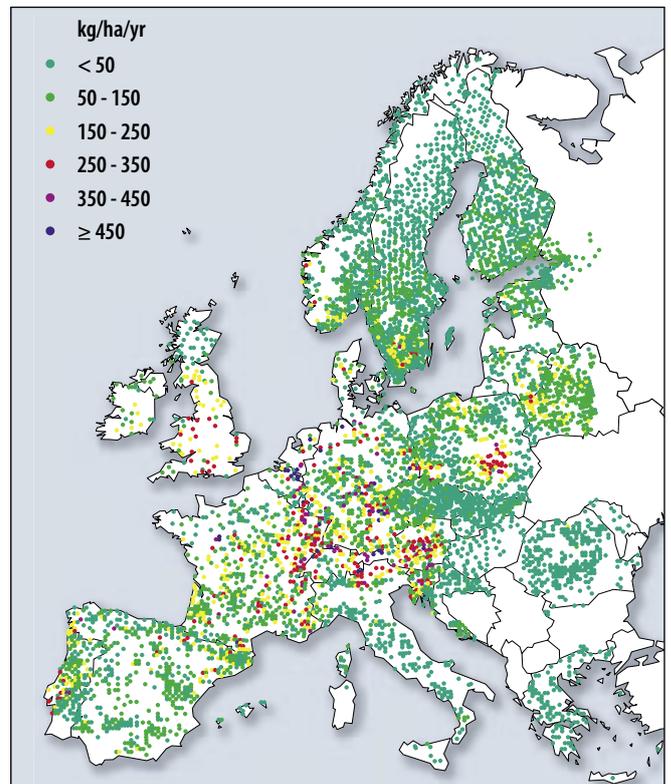
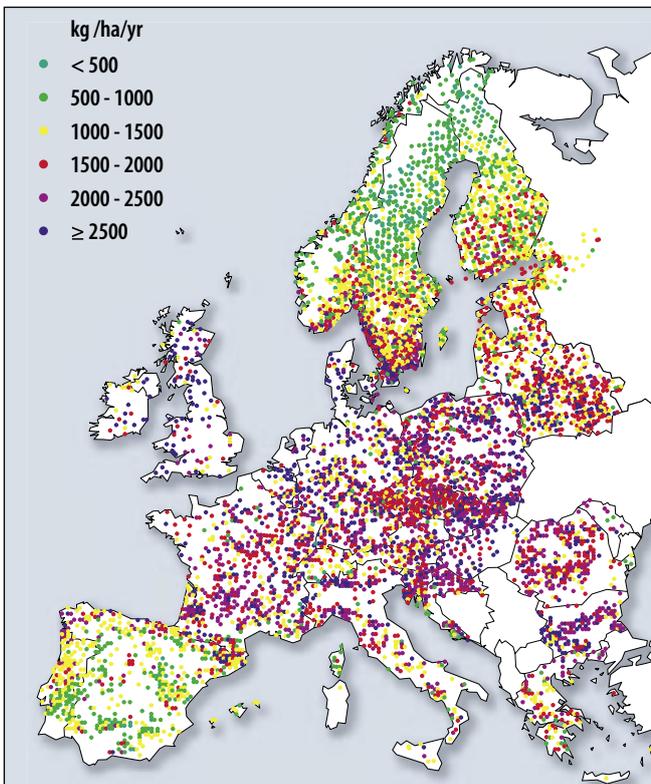


Abbildung 5-3: Berechnete jährliche Nettokohlenstoffspeicherung (kgC/ha/Jahr) in Bäumen (links) und Böden (rechts) auf 6 000 Level I-Flächen im Jahr 2000. Unterschiedliche Skalierungen der Legenden!



Bestände mit hohem Holzvolumen auf Level II-Flächen speichern bis zu 250 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar (oberes Bild). Dunkle Böden, die reich an organischen Substanzen sind, können bis zu 500 Tonnen Kohlenstoff je Hektar binden (unten). Die jährliche zusätzliche Kohlenstoffbindung in der stehenden Biomasse ist in der Regel höher, als dies bei den Böden der Fall ist. Die Kohlenstoffbindung in Böden erfolgt in der Regel langsamer und eine Zunahme kann in vielen Fällen erst nach Jahrzehnten gemessen werden.



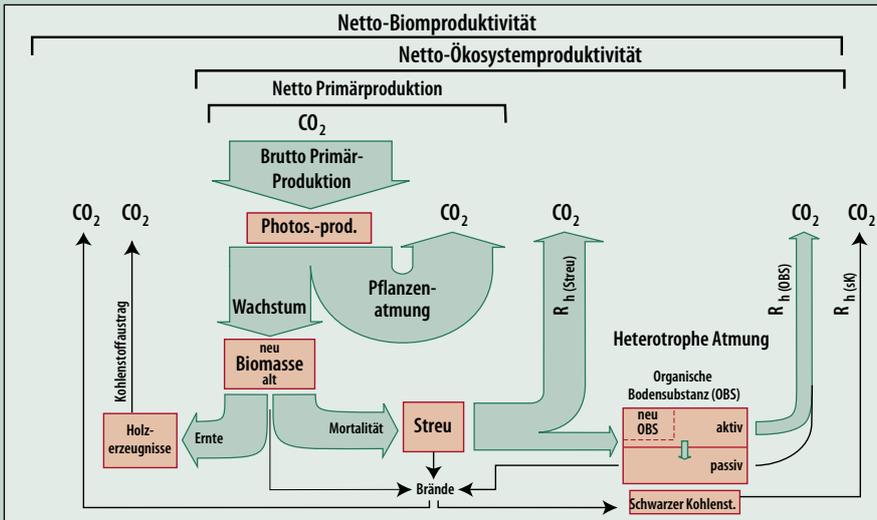
Die Kohlenstoffaufnahme des Bodens ist schwieriger zu berechnen. Eine erste Schätzung der Kohlenstoffspeicherung in den Böden von elf Gebieten, die im Rahmen des EU-geförderten „CANIF“-Projekts untersucht werden, geht von einer Kohlenstoffsinke von 0,128 GtC/Jahr aus. Vor kurzem errechnete der Forschungsverbund „CarboEurope“ (siehe Schwerpunktthema) für Europa sogar noch höhere Kohlenstoffsinken von bis zu 0,194 Gt auf einer Waldbodenfläche von rund 2 Mio. km². Die Berechnung der Nettokohlenstoffspeicherung anhand der Böden von 120 Intensivbeobachtungsflächen hat jedoch ergeben, dass im Jahr 2000 tatsächlich aber nur insgesamt 0,0138 Gt gebunden wur-

den, d. h. 10 mal weniger als angenommen. Diese große Diskrepanz macht deutlich, dass noch weitere Forschungsarbeiten erforderlich sind, um die Rolle der Waldböden bei der Kohlenstoffbindung zu klären.

Insgesamt dürfte der Einfluss der Stickstoffeinträge auf die Kohlenstoffspeicherung in den Bäumen und Waldböden gering sein. Geht man davon aus, dass erhöhte CO₂-Konzentrationen und steigende Temperaturen eine noch geringere Rolle spielen, so dürfte die verstärkte Kohlenstoffbindung der stehenden Biomasse in Europa darauf zurückzuführen sein, dass insgesamt weniger Holz entnommen wird als nachwächst. Diese Hypothese gilt es in den kommenden Jahren zu belegen.

Weiterführende Literatur:

De Vries, W., G.J. Reinds, M. Posch, M. J. Sanz, G.H.M. Krause, V. Calatayud, J.P. Renaud, J.L. Dupouey, H. Sterba, M. Dobbertin, P. Gundersen, J.C.H. Voogd and E.M. Vel, 2003. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report. Europäische Kommission, UNECE 2003, Brüssel, Genf, 170 S.



Kohlenstoffkreislauf. Die terrestrische Aufnahme von CO_2 wird durch die Netto-Biomproduktivität (NBP) bestimmt. Dabei handelt es sich um die Differenz zwischen der Netto-Ökosystemproduktivität (NEP) und der Entnahme von Kohlenstoff durch Holzernte und Waldbrände.

KOHLLENSTOFFBINDUNG

Kohlendioxid: Globale Situation, Implikationen, Forschung und politische Reaktionen

Ergebnisse des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zeigen:

- Nachweislich fand seit der vorindustriellen Zeit ein weltweiter Klimawandel statt. Seit 1750 hat sich die Kohlendioxid (CO_2)-Konzentration in der Atmosphäre global um rund 30% erhöht. Der Anstieg im vergangenen Jahrhundert ging in einer Geschwindigkeit vorstatten, die zumindest in den letzten 20 000 Jahren ihres Gleichen sucht.

- Der derzeitige Anstieg des CO_2 in der Luft ist auf durch den Menschen verursachte Emissionen zurückzuführen. Rund drei Viertel dieser Emissionen gehen auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe zurück. Für den Rest der Emissionen sind Veränderungen in der Bodennutzung - hauptsächlich Abholzung - verantwortlich.
- Allen berechneten Szenarien zufolge ist damit zu rechnen, dass die CO_2 -Konzentrationen wie auch die Durchschnittstemperaturen im 21. Jahrhundert weltweit weiter ansteigen werden.

Interaktionen im Kohlenstoffkreislauf

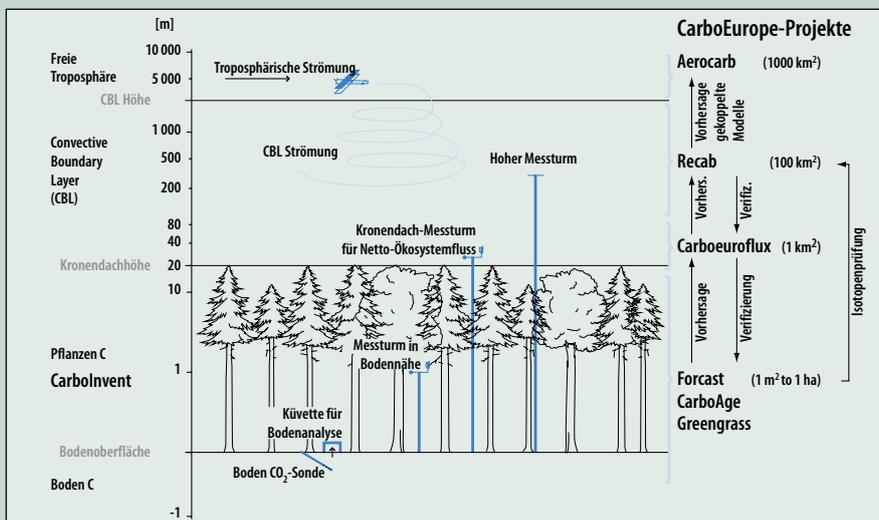
- Über die Photosynthese nehmen wachsende Pflanzen CO_2 auf. Sie nutzen den Kohlenstoff zum Aufbau von Biomasse und geben Sauerstoff an die Umgebung ab. Holz und Böden binden Kohlenstoff für lange Zeiträume; daher werden sie als effektive Kohlenstoffsinken betrachtet. Waldbewirtschaftung kann die Kohlenstoffspeicherung verstärken, indem sie biomassereiche Bestände erhält und die Böden schützt.
- Weltweit gesehen, stellen die Meere die wichtigste Kohlenstoffsinke dar. Allerdings sinkt ihre Kohlenstoffaufnahme mit steigenden CO_2 -Konzentrationen.

Kyoto-Protokoll

2002 hat die Europäische Gemeinschaft das Kyoto-Protokoll zur Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen ratifiziert und sich somit verpflichtet, ihre CO_2 -Emissionen bis zum Jahr 2012 im Vergleich zum Niveau der neunziger Jahre um 8% zu verringern. Die diesbezüglichen Verpflichtungen der einzelnen Unterzeichnerstaaten sind unterschiedlich.

CarboEurope

CarboEurope ist ein von der EU geförderter Forschungsverbund, der Methoden entwickelt, um mit Blick auf das Kyoto-Protokoll die Kohlenstoffbilanz Europas zu berechnen. Dabei wird der Kohlenstoff auf verschiedenen Ebenen gemessen und modelliert – von Messungen der troposphärischen CO_2 -Konzentrationen, über Messungen der Kohlenstoffflüsse oberhalb der Vegetationsoberfläche bis hin zu Messungen der Bodenprozesse. Die Daten des EU/ICP Forests fließen in das Projekt ein. Was die Gesamtkohlenstoffbilanz betrifft, gibt es noch immer keine sicheren Schätzungen. Allerdings deutet die umfassendste Zusammenstellung aller vorhandenen Informationen darauf hin, dass in Europa die Wälder die größte Kohlenstoffsinke sind.



Aufbau von CarboEurope



Cladonia chlorophaea ist eine Flechtenart, die in skandinavischen Nadelwäldern häufig anzutreffen ist.

6. DIE BIOLOGISCHE VIELFALT AUF INTENSIVBEOBACHTUNGSFLÄCHEN

Zusammenfassung

- Die Datenbank des Programms enthält wertvolle Informationen zu verschiedenen Aspekten der biologischen Vielfalt der Wälder, einschließlich Daten über die Bodenvegetation, Baumarten und –größen, das Bestandesalter und stehendes Totholz. Durch die Auswertung dieser Informationen in Kombination mit anderen Daten derselben Flächen, beispielsweise zu Deposition, Wetter oder biotischen Faktoren, kann das Programm einen wertvollen Beitrag zu den internationalen Diskussionen zur biologischen Vielfalt leisten.
- 2003 wurde eine Testphase des ICP Forests zur Entwicklung weiterer Erhebungsmethoden und Indizes gestartet. Ein weiteres Ziel ist, die Beziehungen zwischen wichtigen Faktoren der biologischen Vielfalt (z. B. Bestandesstruktur und Vegetation) zu untersuchen.

Einleitung

Seit der UNCED-Konferenz in Rio de Janeiro 1992 wird der biologischen Vielfalt der Wälder weltweit verstärkte Aufmerksamkeit geschenkt. Inzwischen wird weitgehend anerkannt, dass sie ein wichtiger Aspekt bei der Bewertung und dem Management von Ökosystemen ist. Dies steht auch im Einklang mit der Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa (MCPFE). Im Rahmen einer Studie des ICP Forests wurde untersucht, inwieweit die Daten, die aus dem Intensivmonitoring vorliegen, vor dem Hintergrund der Luftverunreinigungen zum Verständnis der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen beitragen können.

Bodenvegetation und Umwelteinflüsse

Neben den verschiedenen Baumarten ist die Bodenvegetation der

aussagekräftigste Indikator für die biologische Vielfalt auf Level II-Flächen. Unter Einsatz multivariater Statistik wurde die Beziehung zwischen Arten der Bodenvegetation, Stickstoffeinträgen und vielen anderen Umweltfaktoren erfasst. Statistisch gesehen haben 20 der 63 Arten, die auf mindestens 50 Flächen anzutreffen waren, eine signifikante Reaktion auf die Stickstoffdeposition gezeigt. Der Stechende Hohlzahn (*Galeopsis tetrahit*) ist eine der Arten, die insbesondere auf Flächen mit einer höheren Stickstoffdeposition auftritt. Die Bodenvegetation ist ein aussagekräftiger Bioindikator für verschiedene Umwelteinflüsse. Sie kann integrierte Informationen liefern über die Fruchtbarkeit des Bodens, den Säurestatus, den Stickstoffgehalt, die Verfügbarkeit von Wasser sowie über die klimatischen Verhältnisse und deren Veränderungen.

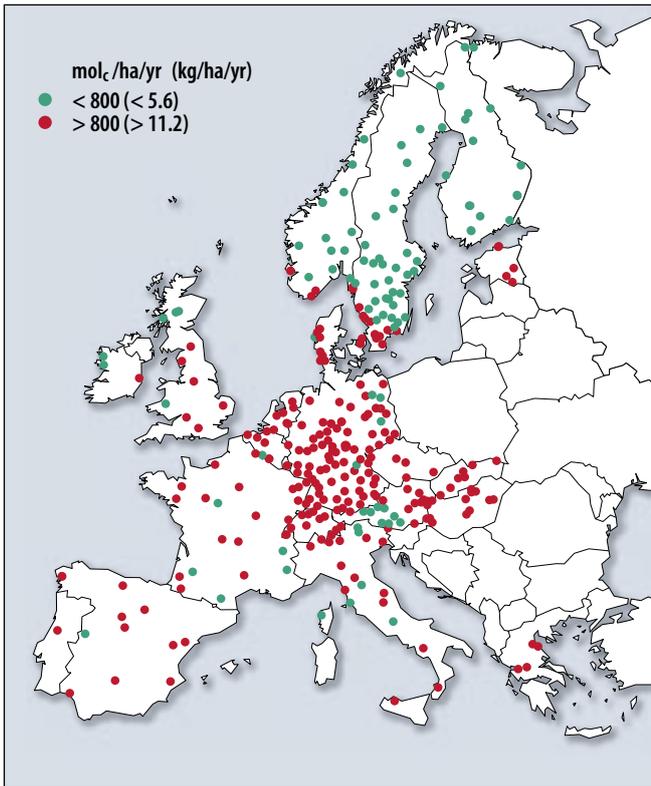


Abbildung 6-1: Gesamtstickstoffeintrag auf Level II-Flächen, 1998 - 2000. Modellwerte in kg/ha/Jahr.

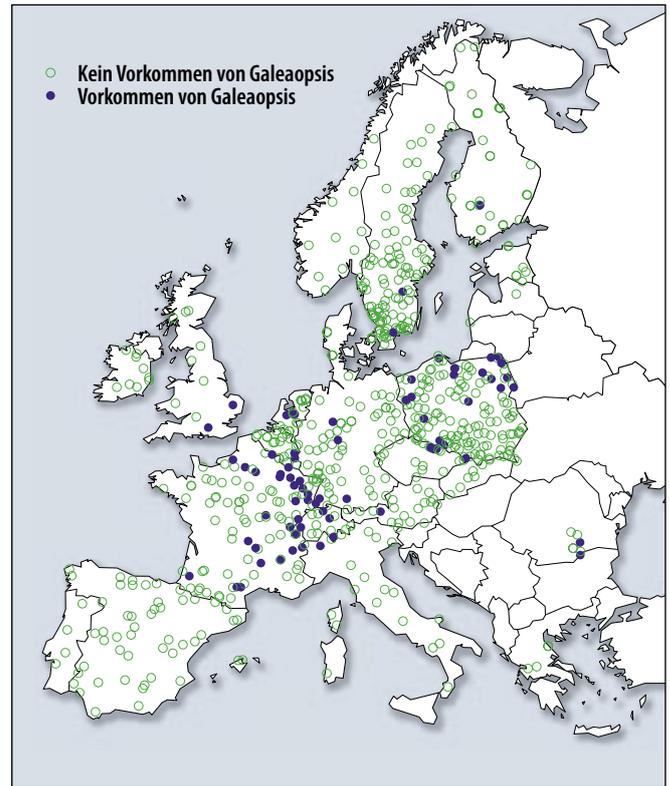


Abbildung 6-2: Vorkommen von Galeopsis tetrahit auf Level II-Flächen.

Verfügbare Parameter zur biologischen Vielfalt

Anhand der vorhandenen Daten wurden Parameter getestet, die Aspekte der biologischen Vielfalt auf fast allen 800 Level II-Flächen beschreiben. Dazu zählen die Artenzusammensetzung und die Bestandesstruktur. Letztere ist ein wichtiger Bestandteil und Indikator für die biologische Vielfalt von Wäldern. Das Alter des Bestandes ist eine wichtige strukturelle Information, da ältere Bestände in der Regel vielen Arten einen geeigneten Lebensraum bieten. Anhand der vorliegenden Daten kann auch die Streuung der Baumdurchmesser berechnet werden. Diese Information ist aus Sicht der biologischen Vielfalt von besonderem Interesse, da Bestände mit stärker variierenden Baumdurchmessern meist mehr ökologische Nischen bieten. Ein anderer Bestandesstrukturpara-



Stechender Hohlzahn gedeiht gewöhnlich auf nährstoffreichen Böden und blüht von Juni bis September.



Die Insel Zannone vor der tyrrhenischen Küste Italiens ist eine der ganz wenigen Gegenden in Südeuropa, in denen die Wälder kaum jemals direkt durch den Menschen beeinflusst wurden. Solche Enklaven stehen heute unter strengem Schutz und dienen als Bezugsflächen für die nachhaltige Bewirtschaftung anderer Waldgebiete. Dennoch hat sich auch die Flora dieser Insel in den letzten Jahrzehnten aufgrund veränderter klimatischer Bedingungen deutlich gewandelt.

meter, der anhand der vorhandenen Daten ermittelt werden kann, ist die Anzahl von überdurchschnittlich großen Bäumen und abgestorbenen Bäumen je Hektar. Ein Parameter für die Artenzusammensetzung ist die Anzahl verschiedener Baumarten und Pflanzen der Bodenvegetation.

Ausblick

Die Arbeitsgruppe „Biologische Vielfalt“ des EU/ICP Forests hat Vorschläge für weitere Erhebungen vorgelegt, die zur Erfassung der biologischen Vielfalt in den europäischen Wäldern beitragen können. Dazu zählen die Erfassung epiphytischer Flechten, eine verbesserte Erfassung der Bestandesstrukturen, die Einbeziehung der Bestandes-schichtung der Waldtypen und eine erweiterte Erfassung der Bodenvegetation und des Totholzbestands. Die Auswertung der Daten, wie auch die Entwicklung

spezifischer Indizes bzw. deren eventuelle Aggregation zu umfassenderen Indizes ist eine weitere wichtige Aufgabe der Experten des Programms. Darüber hinaus ist auch geplant, die Beziehungen zwischen den Schlüsselfaktoren für biologische Vielfalt (z. B. Bestandesstruktur und Vegetation) zu untersuchen und so zur Entwicklung von Indikatoren beizutragen, die auf eine größere Zahl von Flächen angewandt werden können. Mit Blick auf die Realisierung dieser Aktivitäten wurde von ICP Forests eine Testphase gestartet. Eine Zusammenarbeit zwischen verschiedenen internationalen Organisationen, die im Bereich der biologischen Vielfalt tätig sind, ist dabei unverzichtbar, wenn größtmögliche Synergien erzielt werden sollen.



7. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Hauptergebnisse

1. Die Wälder in Europa reagieren auf Veränderungen der Umweltbedingungen. Die Luftverunreinigung ist eine Ursache für Änderungen des Waldzustandes, die an verschiedenen Indikatoren zu erkennen sind:

- Der Nadel-/Blattverlust der wichtigsten Baumarten war 2002 unverändert hoch: ein Fünftel der erfassten Bäume wurde als geschädigt eingestuft. Der Nadel-/Blattverlust ist im Wesentlichen auf ungünstige Witterungsbedingungen, biotische Faktoren und Luftverunreinigung zurückzuführen.
 - Die Verringerung der Schwefel-deposition in den letzten Jahrzehnten hat einen Rückgang der Schwefelkonzentrationen in Nadeln von Kiefern und Fichten zur Folge.
 - Der frühzeitigere Austrieb und eine verlängerte Vegetationsperiode von Fichten werden mit den veränderten klimatischen Bedingungen in Verbindung gebracht.
2. Szenarioanalysen, die von Emissionsverringerungen entsprechend den

internationalen Übereinkommen ausgehen, prognostizieren einen Rückgang der Schwefel- und Stickstoffkonzentrationen in der Bodenlösung. Dagegen wird es sehr viel länger dauern, bis eine Erholung der Bodenfestphase eintreten wird. Dies bedeutet, dass die Waldökosysteme noch lange unter hohen Luftschadstoffeinträgen leiden werden.

3. Erste Auswertungen der auf den Waldflächen durchgeführten Ozonmessungen belegen hohe Ozonkonzentrationen in Südeuropa. Die Nadeln und Blätter einiger Hauptbaumarten wie beispielsweise der Buche wiesen sichtbare Ozonschäden auf. Aber auch einige Arten der Bodenvegetation, deren Ozonempfindlichkeit bisher nicht bekannt war, zeigten Schäden.
4. Die jährliche Nettokohlenstoffbindung im Holz der Bäume ist europaweit 5 bis 7 mal höher als die der Waldböden. Die Hochrechnung der Werte auf die gesamte Waldfläche Europas – bereinigt um die Entnahme von

Kohlenstoff durch Holzernte und Waldbrände – ergibt eine durchschnittliche Kohlenstoffaufnahme der Wälder von 0,1 Gigatonnen pro Jahr. Rund 5% der jährlichen Nettokohlenstoffbindung sind auf Stickstoffeinträge zurückzuführen, die das Waldwachstum anregen.

Waldzustand

Die derzeitigen Umweltbedingungen verändern die europäischen Wälder. ICP Forests und die EU betreiben eines der weltweit größten Biomonitoringnetzwerke, um diese Veränderungen zu quantifizieren und um zum Verständnis der Ursache-Wirkung-Beziehungen beizutragen.

Deposition

Die Luftverunreinigung ist eine der Ursachen für den sich verändernden Zustand der Wälder und ein Hauptbereich der Monitoringaktivitäten des Programms. Dieser Bericht verdeutlicht, dass die Bemühungen der letzten Jahrzehnte, die Schwefelemissionen zu verringern, erste Erfolge zeigen. Die



Wald in Norwegen

Szenarioanalysen, die sich auf das Göteborg-Protokoll zum Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung stützen, prognostizieren für die meisten Flächen auch einen Rückgang der Nitratkonzentrationen in der Bodenlösung. Allerdings nehmen die Luftschadstoffeinträge weltweit in vielen Regionen, in denen neue Industrien entstehen, weiterhin zu. Hier ist eine kontinuierliche Überwachung der Schadstoffeinträge durch Fachleute erforderlich. In diesem Zusammenhang wurden die Leistungen des ICP Forests und der EU von den Teilnehmern des dritten Waldforums der Vereinten Nationen ausdrücklich gewürdigt, und die von ihnen entwickelten Monitoringmethoden wurden anderen Regionen in der Welt empfohlen.

Ozon und Kohlenstoffbindung

Überschreitungen der Ozongrenzwerte und steigende Kohlendioxidkonzentrationen stellen eine Bedrohung für die Waldökosysteme dar. 2002 war der Anteil von Bäumen mit

geschädigten Kronen weiterhin hoch, und auf vielen Flächen wurden sichtbare Ozonschäden festgestellt. Es ist noch nicht klar, wie die Waldökosysteme langfristig auf die steigenden Konzentrationen von Treibhausgasen und den Klimawandel bzw. deren komplexen Interaktionen reagieren werden. Bereits jetzt konnten in Freilanduntersuchungen Interaktionen zwischen Kohlendioxid und Ozon nachgewiesen werden. Die in diesem Bericht dargelegten Ergebnisse zeigen einen Zusammenhang zwischen der Stickstoffdeposition und der Kohlenstoffbindung. Mit seinem einzigartigen System von Beobachtungsflächen und seiner Datenbank liefert das Programm eine solide Grundlage für die Umweltpolitik in diesen Bereichen.

Biologische Vielfalt

Verschiedene Indikatoren, die im Rahmen des Programms erfasst wurden, zeigen, dass die Waldbäume in unterschiedlicher Weise auf die sich ändernden Umweltbedingungen reagieren. Im Rahmen einer ICP Forests

Testphase zur biologischen Vielfalt werden neue Monitoringmethoden entwickelt. Neu erarbeitete Indikatoren werden dazu beitragen, die Dokumentation der biologischen Vielfalt der Wälder mit ihren unterschiedlichen Strukturen, Zusammensetzungen und Funktionen weiter zu verbessern.

Ausblick

Das Programm wird seine regelmäßigen Berichte über die Wälder in Europa fortsetzen. Es wird weiterhin politisch relevante Schlüsselinformationen zu Stressfaktoren wie der Luftverunreinigung liefern und in diesem Zusammenhang dringend benötigte Informationen über den Klimawandel und die biologische Vielfalt der Wälder vorlegen. Auf diese Weise werden die Monitoringaktivitäten auch in Zukunft eine Basis für Luftreinhalte- und Umweltpolitik sowie für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung bilden.

ANHANG I: WÄLDER, ERHEBUNGEN UND SCHADSTUFEN IN EUROPÄISCHEN LÄNDERN (2002)

Ergebnisse der nationalen Erhebungen (von nationalen Kontaktstellen übermittelt)

Teilnehmerstaaten	Waldfläche (x 1000 ha)	Waldflächen in %	Nationales Gitternetz (km x km)	Anzahl Probe- flächen	Anzahl Probe- bäume	Nadel-/Blattverlust aller Arten nach Schadstufen (aggregiert), nationale Erhebungen		
						0	1	2-4
Albanien	1028	35.8	10x10	299	8970	42.4	44.5	13.1
Belgien	691	22.8	4x4/8x8	132	3079	38.7	43.5	17.8
Bulgarien	3314	29.9	4x4/8x8/16x16	141	5303	24.1	38.8	37.1
Deutschland	10264	28.9	4x4/16x16	447	13534	35.1	43.5	21.4
Dänemark	468	10.9	7x7/16x16	20	480	61.5	29.8	8.7
Estland	2249	49.9	16x16	93	2169	45.9	46.5	7.6
Finnland	20032	65.8	16x16/24x32	457	8593	54.6	33.9	11.5
Frankreich	14591	26.6	16x16	518	10355	40.1	38.0	21.9
Griechenland	2512	19.5	16x16	75	1768	42.1	37.0	20.9
Irland	436	6.3	16x16	21	424	43.9	35.4	20.7
Italien	8675	28.8	16x16	258	7165	20.3	42.4	37.3
Kroatien	2061	36.5	16x16	80	1910	38.4	41.0	20.6
Lettland	2902	44.9	8x8	364	8682	19.8	66.4	13.8
Liechtenstein	8	50.0						
Litauen	1858	28.5	8x8/16x16	220	5162	16.4	70.8	12.8
Luxemburg	89	34.4						
Moldawien	318	9.4	2x2	480	11489	25.2	32.3	42.5
Niederlande	334	9.6	16x16	11	231	57.1	21.2	21.7
Norwegen	12000	37.1	3x3/9x9	1504	7421	35.0	39.5	25.5
Österreich	3878	46.2	8.7x8.7	264	7029	60.2	29.6	10.2
Polen	8756	28.0	unterschiedlich	1229	24580	8.8	58.5	32.7
Portugal	3234	36.4	16x16	145	4350	47.8	42.6	9.6
Rumänien	6244	26.3	4x4	4028	104366	62.7	23.8	13.5
Russ. Föderation	8125	73.2	unterschiedlich	183	4144	37.9	51.2	10.9
Schweden	23400	57.1	unterschiedlich	4180	16671	49.2	35.0	15.8
Schweiz	1186	28.7	16x16	49	1064	23.4	58.0	18.6
Serbien Montenegro			16x16	46	1104	80.8	15.3	3.9
Slowakische Rep.	1961	40.0	16x16	111	4207	17.3	57.9	24.8
Slowenien	1099	54.2	16x16	39	936	32.3	39.6	28.1
Spanien	11588	23.4	16x16	620	14880	24.2	59.4	16.4
Tschechische Rep.	2630	33.4	8x8/16x16	140	7013	11.6	35.0	53.4
Türkei	20199	25.9						
Ukraine	9316	15.4	16x16	49	1204	8.9	63.4	27.7
Ungarn	1804	19.4	4x4	1143	26921	38.1	40.7	21.2
Verein. Königreich	2156	8.9	zufällig	356	8532	27.3	45.4	27.3
Weißrussland	7845	37.8	16x16	407	9690	34.9	55.6	9.5
Zypern	298	32.2	16x16	15	360	30.8	66.4	2.8
INSGESAMT	197549		unterschiedlich	18124	333786			

Griechenland: ohne Macchia.

Serbien und Montenegro: nur Montenegro.
Schweden, Norwegen: gesonderte
Untersuchung zu Birken.

Russische Föderation: nur regiona-
le Erhebungen in den nordwestlichen
und zentraleuropäischen Teilen der
Russischen Föderation.

Einige Unterschiede im Niveau der
Schäden zwischen Staaten können zu-
mindest teilweise durch Unterschiede
in der Methodik verursacht sein. Die
Verlässlichkeit der Aussagen hinsicht-
lich der zeitlichen Entwicklungen wird
dadurch jedoch nicht beeinträchtigt.

ANHANG II: NADEL-/BLATTVERLUST ALLER BAUMARTEN (1991-2002)

Ergebnisse der nationalen Erhebungen (von den nationalen Kontaktstellen übermittelt)

Teilnehmerstaaten	Alle Baumarten Schadstufen 2-4												Veränd. in % -Punkten	
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2001 / 2002	2002
Albanien								9.8	9.9	10.1	10.2	13.1	2.9	
Belgien	17.9	16.9	14.8	16.9	24.5	21.2	17.4	17.0	17.7	19.0	17.9	17.8	-0.1	
Bulgarien	21.8	23.1	23.2	28.9	38.0	39.2	49.6	60.2	44.2	46.3	33.8	37.1	3.3	
Deutschland	25.2	26.4	24.2	24.4	22.1	20.3	19.8	21.0	21.7	23.0	21.9	21.4	-0.5	
Dänemark	29.9	25.9	33.4	36.5	36.6	28.0	20.7	22.0	13.2	11.0	7.4	8.7	1.3	
Estland	*	*	*	*	*	*	*	8.7	8.7	7.4	8.5	7.6	-0.9	
Finnland	16.0	14.5	15.2	13.0	13.3	13.2	12.2	11.8	11.4	11.6	11.0	11.5	0.5	
Frankreich	7.1	8.0	8.3	8.4	12.5	17.8	25.2	23.3	19.7	18.3	20.3	21.9	1.6	
Griechenland	16.9	18.1	21.2	23.2	25.1	23.9	23.7	21.7	16.6	18.2	21.7	20.9	-0.8	
Irland	15.0	15.7	29.6	19.7	26.3	13.0	13.6	16.1	13.0	14.6	17.4	20.7	3.3	
Italien	16.4	18.2	17.6	19.5	18.9	29.9	35.8	35.9	35.3	34.4	38.4	37.3	-1.1	
Kroatien		15.6	19.2	28.8	39.8	30.1	33.1	25.6	23.1	23.4	25.0	20.6	-4.4	
Lettland		37.0	35.0	30.0	20.0	21.2	19.2	16.6	18.9	20.7	15.6	13.8	-1.8	
Liechtenstein		16.0												
Litauen	23.9	17.5	27.4	25.4	24.9	12.6	14.5	15.7	11.6	13.9	11.7	12.8	1.1	
Luxemburg	20.8	20.4	23.8	34.8	38.3	37.5	29.9	25.3		23.4				
Moldawien			50.8		40.4	41.2				29.1	36.9	42.5	5.6	
Niederlande	17.2	33.4	25.0	19.4	32.0	34.1	34.6	31.0		21.8	19.9	21.7	1.8	
Norwegen	19.7	26.2	24.9	27.5	28.8	29.4	30.7	30.6	28.6	24.3	27.2	25.5	-1.7	
Österreich	7.5	6.9	8.2	7.8	6.6	7.9	7.1	6.7	6.8	8.9	9.7	10.2	0.5	
Polen	45.0	48.8	50.0	54.9	52.6	39.7	36.6	34.6	30.6	32.0	30.6	32.7	2.1	
Portugal	29.6	22.5	7.3	5.7	9.1	7.3	8.3	10.2	11.1	10.3	10.1	9.6	-0.5	
Rumänien	9.7	16.7	20.5	21.2	21.2	16.9	15.6	12.3	12.7	14.3	13.3	13.5	0.2	
Russ. Föderation				10.7	12.5						9.8	10.9	1.1	
Schweden	*	*	*	*	14.2	17.4	14.9	14.2	13.2	13.7	17.5	15.8	-1.7	
Schweiz	16.1	12.8	15.4	18.2	24.6	20.8	16.9	19.1	19.0	29.4	18.2	18.6	0.4	
Serbien Montenegro	9.8					3.6	7.7	8.4	11.2	8.4	14.0	3.9	-10.1	
Slowakische Rep.	28.5	36.0	37.6	41.8	42.6	34.0	31.0	32.5	27.8	23.5	31.7	24.8	-6.9	
Slowenien	15.9		19.0	16.0	24.7	19.0	25.7	27.6	29.1	24.8	28.9	28.1	-0.8	
Spanien	7.4	12.3	13.0	19.4	23.5	19.4	13.7	13.6	12.9	13.8	13.0	16.4	3.4	
Tschechische Rep.	45.3	56.1	51.8	57.7	58.5	71.9	68.6	48.8	50.4	51.7	52.1	53.4	1.3	
Türkei														
Ukraine	6.4	16.3	21.5	32.4	29.6	46.0	31.4	51.5	56.2	60.7	39.6	27.7	-11.9	
Ungarn	19.6	21.5	21.0	21.7	20.0	19.2	19.4	19.0	18.2	20.8	21.2	21.2	0.0	
Verein. Königreich	56.7	58.3	16.9	13.9	13.6	14.3	19.0	21.1	21.4	21.6	21.1	27.3	6.2	
Weißrussland		29.2	29.3	37.4	38.3	39.7	36.3	30.5	26.0	24.0	20.7	9.5	-11.2	
Zypern											8.9	2.8	-6.1	

Tschechische Republik: bis 1997 nur Bäume älter als 60 Jahre erfasst.

Frankreich: aufgrund methodischer Änderungen sind nur die Zeitreihen 1990-94 und 1997-2002 konsistent, jedoch nicht miteinander vergleichbar.

Deutschland: 1990 nur Angaben für die damalige Bundesrepublik Deutschland.

Griechenland: ohne Macchia.

Italien: aufgrund methodischer Änderungen sind nur die Zeitreihen 1989-96 und 1997-2002 konsistent, jedoch nicht miteinander vergleichbar.

Serbien und Montenegro: für das Jahr 2002 nur Montenegro.

Russ. Föderation: nur regionale Erhebungen

in den nordwestlichen und zentraleuropäischen Teilen der Russ. Föderation.

Vereinigtes Königreich: der Unterschied zwischen 1992 und den nachfolgenden Jahren ist im Wesentlichen auf die Anpassung der Erhebungsmethode an die der anderen Staaten zurückzuführen.

* = nur Nadelbäume bewertet

ANHANG III

Im Text genannte Hauptbaumarten

Aleppokiefer:	<i>Pinus halepensis</i>
Gemeine Buche:	<i>Fagus sylvatica</i>
Stieleiche:	<i>Quercus robur</i>
Weißerle:	<i>Alnus incana</i>
Steineiche:	<i>Quercus ilex</i>
Strandkiefer:	<i>Pinus pinaster</i>
Rotfichte:	<i>Picea abies</i>
Waldkiefer:	<i>Pinus sylvestris</i>
Traubeneiche:	<i>Quercus petraea</i>
Weißtanne:	<i>Abies alba</i>

Fotonachweis

D. Aamlid: S. 7, 10, 22, 23, 33 unten, 35, 38/39; E. Beuker: S. 20; A. Fischer: S. 31, R. Fischer: S. 13, 18, 30, 33 oben, 37; A. Fürst: S. 21 rechts; H.-D. Gregor: S. 6; K. Häberle: S. 29 oben; D. Karnosky: S. 29 unten; J. Kribbel: S. 36; M. Lorenz: S. 8/9; S. Meining: S. 19 rechts; M. Minaya: S. 26; E. Oksanen: S. 11, 21 links; M.J. Sanz: S. 28 rechts; M. Schaub: S. 28 links, Mitte; H. Schröter: S. 19 links/Mitte; W. Seidling: S. 14

Weitere Informationen sind erhältlich bei:

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft

PCC of ICP Forests

Dr. M. Lorenz, R. Fischer

Leuschnerstr. 91

D-21031 HAMBURG

Europäische Kommission

GD AGRI, Fl. 3

Rue de la Loi 130

B-1040 Brüssel

Internet:

<http://www.icp-forests.org> (ICP Forests)

<http://europa.eu.int/comm/agriculture> (Europäische Kommission)

<http://www.fimci.nl> (Forest Intensive Monitoring Co-ordinating Institute)

TEILNEHMERSTAATEN UND KONTAKTANSCHRIFTEN

- Albanien:** Umweltministerium, Abt. Biologische Vielfalt und Naturressourcenmanagement, E-Mail: cep@cep.tirana.al, Rruga e Durrës Nr. 27, Tirana.
- Belgien:** Wallonien, Ministère de la Région Wallonne, Div. de la Nature et des Forêts, M. C. Laurent, c.laurent@mrw.wallonie.be, Avenue Prince de Liège, 15, B-5000 Namur.
- Flandern:** Institut für Forstwirtschaft und Wildmanagement, Mr. Peter Roskams, E-Mail: peter.roskams@lin.vlaanderen.be, Gaverstraat 4, B-9500 Geraardsbergen.
- Bosnien und Herzegowina:** Federalno Ministarstvo Poljop. Vodop. Sum., Mr. Bajram Pescovic, Maršala Tita br. 15, Sarajevo.
- Bulgarien:** Ministerium für Umwelt und Wasser, Ms. Penka Stoichkova, E-Mail: pafmon@nfp-bg.eionet.eu.int, 136, Tzar Boris III blvd., BG-1618 Sofia.
- Dänemark:** Dänische Forst- und Landschaftsforschungsanstalt, Ms. Anne Marie Bastrup-Birk, E-Mail: abb@fsl.dk, Hörsholm Kongevej 11, DK-2970 Hörsholm.
- Deutschland:** Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft – Ref. 533, Herr Thomas Haußmann, E-Mail: thomas.haussmann@bmvel.bund.de, Postfach 140270, D-53107 Bonn.
- Estland:** Estländisches Zentrum für Waldschutz und Waldwirtschaft, Mr. Kalle Karoles, E-Mail: kalle.karoles@metsad.ee, Rõõmu tee 2, EE-51013 Tartu.
- Finnland:** Finnisches Waldforschungsinstitut, Mr. Hannu Raitio, E-Mail: hannu.raitio@metla.fi, Kaironimentie 54, FIN-39700 Parkano.
- Frankreich:** Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales, Mr. Jean Luc Flot, jean-luc.flot@agriculture.gouv.fr, 19, avenue du Maine, F-75732 Paris Cedex 15.
- Griechenland:** Institut für mediterrane Waldökosysteme, Mr. George Baloutsos, Mr. Anastasios Economou, E-Mail: oika@fria.gr, Terma Alkmanos, GR-11528 Athens-Illissia.
- Irland:** Coillte Teoranta, Research and Development, Mr. Pat Neville, E-Mail: neville_p@coillte.ie, Newtownmountkenedy, IRL- CO. Wicklow.
- Italien:** Ministerium für Landwirtschafts- und Forstpolitik, ConEcoFor, Mr. Davide De Laurentis, conecofor@corpofores.tale.it, Via Sallustiana 10, I-00187 Roma.
- Kanada:** Canadian Forest Service, Mr. Harry Hirvonen, E-Mail: hirvonen@nrcan.gc.ca, 580 Booth Street – 7th Floor, CDN-Ottawa, ONT K1A 0E4. Quebec: Ministère des Ressources naturelles, Mr. Rock Ouimet, rock.ouimet@mrn.gouv.qc.ca, 2700, Einstein, CDN-STE. FOY - Quebec G1P 3W8.
- Kroatien:** Sumarski Institut, Mr. Joso Gracan, E-Mail: josog@sumins.hr, Cvjetno Naselje 41, 10450 Jastrebarsko.
- Lettland:** Staatliche Forstverwaltung Lettland, Ms. Liene Suveizda, E-Mail: liene@vmd.gov.lv, 13. Janvara iela 15, LV-1932 Riga.
- Liechtenstein:** Amt für Wald, Natur und Landschaft, Mr. Felix Näscher, E-Mail: felix.naescher@awnl.llv.li, Dr. Grass-Strasse 10, FL-9490 Vaduz.
- Litauen:** Staatliches Institut für Forstinventur und Waldbewirtschaftung, Mr. Andrius Kuliesis, E-Mail: vmt@lvmi.lt, Pramonės ave. 11a, LT-3031 Kaunas.
- Luxemburg:** Administration des Eaux et Forêts, Jean-Pierre Arend, E-Mail: Jean-Pierre.Arend@ef.etat.lu, 16, rue Eugène Ruppert, L-2453 Luxembourg-Ville (Cloche d'Or).
- Moldawien:** Staatliche Forstbehörde, Mr. Dumitru Galupa, E-Mail: Galupa@moldovacc.md, 124 bd. Stefan Cel Mare, MD-2012 Chisinau.
- Niederlande:** Ministerium für Landwirtschaft, Naturmanagement und Fischerei, Mr. G. Grimberg, g.t.m.grimberg@eclnv.agro.nl, Postbus 30, Marijke wag 24, NL-6700 AA Wageningen.
- Norwegen:** Norwegisches Waldforschungsinstitut, Mr. Dan Aamlid, dan.aamlid@skogforsk.no, Høgskolevn. 12, N-1432 ÅS.
- Österreich:** Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, Mr. Ferdinand Kristöfel, ferdinand.kristoefel@fbva.bmlf.gv.at, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien.
- Polen:** Waldforschungsinstitut, Mr. Jerzy Wawrzoniak, E-Mail: j.wawrzoniak@ibles.waw.pl, Bitwy Warszawskiej 1920 nr. 3, PL-00973 Warszawa.
- Portugal:** Ministerio da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, Direcção Geral das Florestas, Divisão de Defesa e Protecção dos Arvoredos, Ms. Maria Barros, E-Mail: mbarros@dgf.min-agricultura.pt, Av. Joao Crisostomo 28-6°, P-1069-040 Lisboa.
- Rumänien:** Institut für Waldforschung und –bewirtschaftung, Mr. Romica Tomescu/ Mr. Ovidiu Badea, E-Mail: biometrie@icas.ro, Sos. Stefanesti nr. 128 sector 2, RO-72904 Bukarest.
- Russische Föderation:** Staatliche Universität St. Petersburg (SpbSU). Biologisches Forschungsinstitut, Ms. Natalia Goltsova, E-Mail: Natalia.Goltsova@pobox.spbu.ru, Oranienbaumskoe schosse 2, RUS-198504 Petrodvoretz.
- Schweden:** Schwedische Forstverwaltung, Mr. Sture Wijk, E-Mail: sture.wijk@svo.se, Vallgatan 6, S-551 83 Jönköping.
- Schweiz:** Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Mr. Norbert Kräuchi, E-Mail: kraeuchi@wsl.ch, Zürcherstr. 111, CH-8903 Birmensdorf.
- Serbien und Montenegro:** Institut für Forstwirtschaft, Mr. Radovan Nevenic, E-Mail: nevenic@Eunet.yu, Kneza Visislava street 3, YU-11000 Novi-Beograd.
- Slowakische Republik:** Lesnický výskumný ústav, Mr. Tomáš Bucha, E-Mail: tomas.bucha@fris.sk, T.G. Masaryka 22, SK-96092 Zvolen.
- Slowenien:** Gozdarski Institut Slovenije, Mr. Marko Kovac, E-Mail: marko.kovac@gozdis.si, Vecna pot 2, SLO-1000 Ljubljana.
- Spanien:** Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN), Mr. Sanchez Peña, E-Mail: gsanchez@mma.es, Gran Vía de San Francisco, 4, E-28005 Madrid.
- Tschechische Republik:** Forschungsinstitut für Forstwirtschaft und Wildmanagement (VULHM), Mr. Bohumir Lomsky, lomsky@vulhm.cz, Strnady 136, CZ-15604 Praha 516, Zbraslav.
- Türkei:** Ormançilik Arastirma Enstitüsü Müdürlüğü, Mr. Yasar Simsek, P.K. 24 Bahçelievler, TR-06561 Gazi-Ankara.
- Ukraine:** Ukrainische Forschungsanstalt für Forstwirtschaft und Waldverbesserung, Mr. Igor F. Buksha, buksha@uriffm.com.ua, Pushkinskaja 86, UKR-61024 Kharkiv.
- Ungarn:** Behörde für Waldwirtschaftsplanung, Mr. Andras Szepesi, E-Mail: szepesi.andras@aeszh.hu, Széchenyi u. 14, H-1054 Budapest 5.
- Vereinigte Staaten von Amerika:** Forest Health Monitoring Program, Forestry Sciences Laboratory, P.O. Box 12254, USA-Research Triangle Park, NC 27709.
- Vereinigtes Königreich:** Forest Research Station, Alice Holt Lodge, Wrecclesham, Mr. Andrew J. Moffat, E-Mail: andy.moffat@forestry.gsi.gov.uk, UK-Farnham-Surrey GU10 4LH.
- Weißrussland:** Staatliches Forstwirtschaftsunternehmen „Belgosles“, Herr V.Kastsjukevich, E-Mail: belgosles@open.minsk.by, 27, Zheleznodorozhnaja St., 220089 Minsk.
- Zypern:** Ministerium für Landwirtschaft, Naturressourcen und Umwelt, Mr. Andreas K. Christou, Publicity@cytanet.com.cy, P.O.Box 4157, CY-1414-Lefkosia.

