BAYERISCHE
STAATSFORSTVERWALTUNG

März 2003

37

LWF aktuell

Magazin für Wald, Wissenschaft und Praxis

Klimawandel und Nachhaltigkeit aus forstlicher Sicht

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Zentrum
Wald-Forst-Holz
Weihenstephan

VORWORT

SCHWERPUNKT

Aktueller Diskussionsstand zu Klimaänderungen 2
von Michaela-Maria Hirschberg

Klimaänderungen unter forstlichem Aspekt 8
von Michaela-Maria Hirschberg et al.

Anzeichen des Klimawandels in der Pflanzen- und Tierwelt 14
von Annette Menzel

Klimaveränderungen und Biotische Schäden im Wald 19
von Margret Feemers et al.

Welche waldbaulichen Konsequenzen werden derzeit diskutiert? 23
von Herbert Borchert und Christian Kölling

WALD * WISSENSCHAFT * PRAXIS

Nachhaltigkeit – ein moderner Begriff, der aus der Forstwirtschaft kommt 30
von Josef Miller

Wurzeln der Nachhaltigkeit 34
von Hans-Joachim Weimann

Nachhaltigkeit – eine Idee aus dem Mittelalter? 38
von Joachim Hamberger

KURZ & BÜNDIG

Veröffentlichungen der LWF 42

Persönliches 43

Kommen & Gehen, Termine/Veranstaltungen 44

LWF aktuell

MAGAZIN FÜR WALD, WISSENSCHAFT UND PRAXIS

IMPRESSUM
Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Verantwortlich: Olaf Schmidt, Präsident
Redaktion, Konzeption: Dr. Joachim Hamberger (jhh)
Layout, Gestaltung: Hildegard Naderer
Schlussredaktion: Dr. Joachim Hamberger, Dr. Alexandra Wauer
Druck: Druckerei Lerchl, Freising
Auflage: 6.000
Bezug: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF),
Am Hochanger 11, 85354 Freising
Tel. / Fax: 08161-71-4881 / -4971
URL: www.lwf.bayern.de
E-mail: redaktion@lwf.uni-muenchen.de oder poststelle@fo-lwf.bayern.de

ISSN 1435-4098

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische und elektronische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers. Insbesondere ist eine Einspeicherung oder Verarbeitung der auch in elektronischer Form vertriebenen Zeitschrift in Datensystemen ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.

Dem Wald zuliebe aus heimischem Holz chlorfrei gebleicht

Titelseite: Mitteleuropa vom Weltraum aus gesehen mit einem Tief über dem Atlantik.
Quelle: http://visibleearth.nasa.gov

Liebe Leserinnen und Leser,

im vorliegenden LWFaktuell-Heft Nr. 37 beschäftigen wir uns schwerpunktmäßig mit dem Klimawandel und den möglichen Auswirkungen auf die Forstwirtschaft. Im Rahmen eines kleinen ST-Projektes hat Frau Dr. Hirschberg die aktuelle Literatur und den Diskussionsstand zu Klimaänderungen erarbeitet und für das vorliegende LWFaktuell-Heft ausgewertet. Für uns als Forstleute sind v.a. die Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels auf das Waldwachstum und die dadurch induzierte Entwicklung von biotischen und abiotischen Schäden im Wald von großem Interesse. In den Schwerpunktbeiträgen dieses Heftes wird der aktuelle Diskussionsstand zu diesen Fragen dargestellt und unter verschiedenen Aspekten diskutiert, z. B. waldbauliche Konsequenzen. Die Autoren haben versucht, die Fragen „Welche Klimaänderungen sind im nächsten Jahrhundert zu erwarten“? und „Welche forstliche Relevanz haben diese für das Waldwachstum“? leicht lesbar und nachvollziehbar darzustellen.

Der zweite Teil des Heftes beschäftigt sich im Nachgang zu unserem Aktionstag „Rio + 10“ und dem „Tag der offenen Tür“ am 20. Oktober 2002 im Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan. Hier veröffentlichen wir die von Herrn Staatsminister Josef Miller gehaltene Rede sowie die Festansprache von Herrn Professor Hans-Joachim Weimann über die „Wurzeln der Nachhaltigkeit“. Ich hoffe, dass wir mit diesem Heft in eine Informationslücke stoßen und diese auch füllen können. Aus diesem Grund wünsche ich Ihnen bei der Lektüre dieses Heftes viele neue Erkenntnisse.

Ihr

Olaf Schmidt

Olaf Schmidt

VORWORT

„Unser Klima ändert sich“ - diese oder weit dramatischere Aussagen finden sich zur Zeit beinahe täglich in den Nachrichten und Zeitungen, meistens im Zusammenhang mit einem der augenscheinlich gehäuft auftretenden „Jahrhundertereignisse“. Auch wenn es wissenschaftlich nicht zulässig ist, einzelne extreme Witterungsereignisse als „Beweise“ für diese Aussage zu betrachten, ist sich doch die Wissenschaft ganz überwiegend einig, dass sich das Weltklima im 20. Jahrhundert um etwa 0,6 °C erwärmt hat und dass die Menschheit vor allem durch die Emission von Treibhausgasen dies ganz wesentlich verursacht hat. Alles deutet darauf hin, dass sich dieser Trend im 21. Jahrhundert verstärkt fortsetzen wird, solange nicht eine drastische Reduktion der klimawirksamen Treibhausgase erfolgt. Wissenschaftlich begründete Klimamodelle weisen, je nach dem zu Grunde gelegten Szenario für die weitere Entwicklung der Emission von Treibhausgasen, eine weite Spanne der weltweiten Erwärmung von +1,4 bis +5,8 °C bis etwa zum Jahr 2100 auf. Diese Unsicherheit erhöht sich noch für kleinräumigere Prognosen sowie auch für die Prognose anderer Klimaparameter, vor allem der Niederschläge.

Mit diesen sich verändernden Bedingungen, aber auch mit der Unsicherheit der Prognosen muss sich die Forstwirtschaft auseinander setzen. Das Klima ist neben dem Boden der wichtigste natürliche Standortsfaktor unserer Wälder. Sonnenstrahlung, Wärme und Wasserverfügbarkeit bestimmen das Wachstum. Klimatisch bedingte Risikofaktoren wie Stürme, Nassschneefälle oder Dürreperioden beeinflussen die Stabilität der Bestände sowie auch ihre Widerstandskraft gegenüber Schadorganismen. Klimaverschiebungen verändern die natürlichen Verbreitungsgebiete der Baumarten, die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Baumarten und damit ihre waldbauliche Anbaueignung.

Orkanschäden 1999 an der Waldklimastation im Scheppacher Forst, FoA Zusmarshausen

Die Forstwirtschaft muss in langen Planungszeiträumen denken und handeln und sich daher auf die bestehenden Risiken möglichst frühzeitig einstellen. Dabei gilt es vor allem, Risiken zu vermeiden und bestehende Risiken zu minimieren. Bei der Baumartenwahl sollten risikoträchtige Lösungen wie Reinbestände wenig angepasster Baumarten vor allem auf Standorten mit jetzt schon knapper Wasserverfügbarkeit vermieden werden zugunsten von risikoärmeren, stabilen Mischbeständen. Auch die Bestandespflege mit dem Ziel stabiler, gemischter Bestände dient dazu, klimatisch bedingte Risiken zu vermindern.

Hierzu will das vorliegende Schwerpunkt-Heft der LWFaktuell beitragen, indem es sieben Jahre nach dem ersten Schwerpunkt-Heft zu diesem Thema (Heft 7/1996) den aktuellen Stand des Wissens und der Diskussion über die Klimaänderung, ihre Ursachen und über die möglichen Auswirkungen auf die Wälder wieder zusammengefasst darstellt. Die Beiträge basieren auf einem Projekt, das am Sachgebiet Standort und Umwelt der LWF im Auftrag des Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten von September bis Dezember 2002 bearbeitet wurde.

Dr. M. Kennel und Prof. Dr. T. Preuhsler, LWF

Wie ändert sich unser Klima?

Aktueller Diskussionsstand zu Klimaänderungen

von Michaela-Maria Hirschberg*

Bereits seit den Anfängen der Forstwirtschaft ist der Einfluss des Klimas auf die Verbreitung der Baumarten und auf das Baumwachstum in der forstlichen Standorts- und Waldwachstumskunde bekannt. Im vorliegenden Artikel wird die mannigfaltige neuere Literatur zum Thema Klimaänderungen und Auswirkungen auf den Wald in Bayern zusammengefasst und die wichtigsten Erkenntnisse zusammengestellt.

Wenn Klimatologen vom Klimawandel sprechen, dann meinen sie eine langfristige Änderung des mittleren Wetters, wie er im Verlauf der Erdgeschichte mehrfach vorkam (CUBASCH und KASANG, 2000). Heute wird eine Klimanormalperiode von 30 Jahren für die Bildung des statistischen Mittelwertes zugrunde gelegt. Betrachtet man die globale Klimaentwicklung, so folgen die Veränderungen und Wechselwirkungen der Parameter, die das Klima bestimmen, unterschiedlichen Zeitskalen. Darin liegt eine der Hauptschwierigkeiten, unser Klimasystem richtig zu erfassen. Das Klimasystem ist ein gekoppeltes System aus den Untersystemen Atmosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre, Kryosphäre und Lithosphäre. Die Prozesse innerhalb sowie zwischen den einzelnen Sphären, angetrieben von der Solarstrahlung, bestimmen zusammen das Klima (Abb. 1).

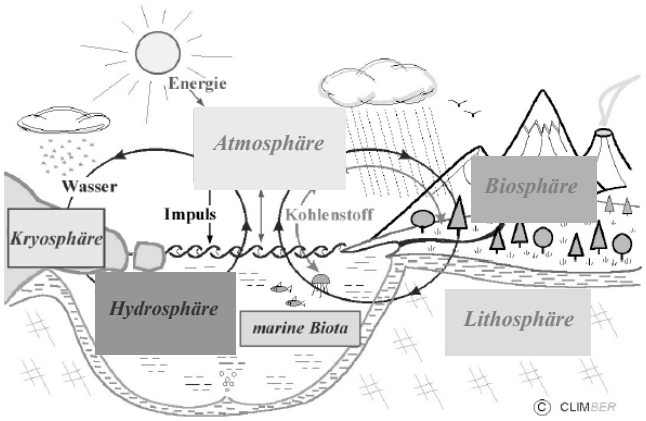

Abb. 1: *Das Klimasystem – die Untersysteme Atmosphäre, Hydrosphäre (Ozean und Wasserkreislauf), Kryosphäre (Eis und Gletscher), terrestrische Biosphäre (lebendige Organismen) und die Lithosphäre (Gesteins- und Bodenschicht) sind über Energie- und Stoffkreisläufe miteinander gekoppelt (verändert nach CLAUSSEN (2002)*

Die meteorologischen Messungen zeigen entscheidende Änderungen im globalen Klima im 20. Jahrhundert. Klimabestimmende Parameter wie Temperatur, Niederschlag, Schneebedeckung, die Ausdehnung von Land- und Meereis oder die Höhe des Meeresspiegels, die heutzutage in einem immer feineren Beobachtungsnetz erfasst werden, geben eindeutige Hinweise auf eine weltweite, aber regional durchaus unterschiedliche Erwärmung. So waren seit Beginn der instrumentellen Messungen (die erste Beobachtungsstation z. B. gibt es in Bayern seit 1781) die weltweiten bodennahen Durchschnittstemperaturen der Erde noch nie so hoch wie in den Jahren seit 1990. Die zehn wärmsten je gemessenen Jahre liegen alle im Zeitraum seit 1990.

Als Gründe für die Klimaänderungen gelten zum einen die Schwankungen natürlicher Faktoren wie Sonneneinstrahlung und Vulkanausbrüche, zum anderen Änderungen der Zusammensetzung der Atmosphäre durch die zunehmende anthropogene Verbrennung der fossilen Energieträger. Hierdurch werden Treibhausgase freigesetzt (s. Tab. 1), die die langwellige terrestrische Wärmestrahlung von der Erde in den Weltraum „blockieren“ und damit zu einer Erwärmung der Atmosphäre beitragen. So hat beispielsweise die Konzentration des wichtigsten Treibhausgases Kohlendioxid (CO_2) seit der vorindustriellen Zeit stark zugenommen.

* Dr. MICHAELA-MARIA HIRSCHBERG war bis 31.12.2002 Mitarbeiterin im Sachgebiet II Standort und Umwelt der LWF.

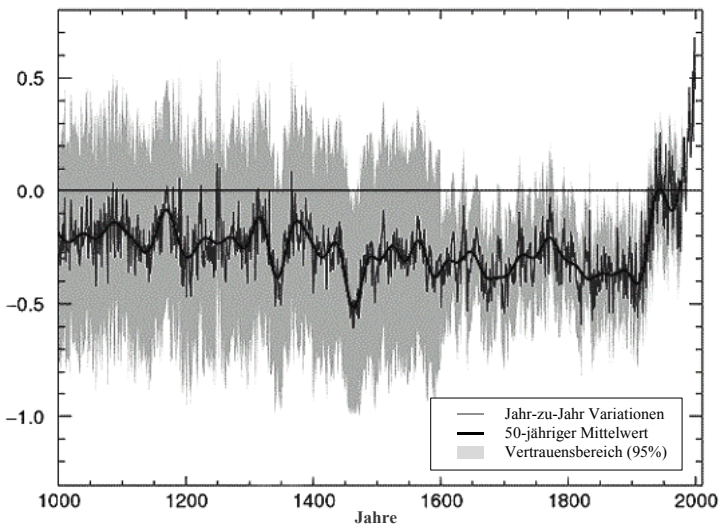

Abb. 2: *Abweichung der global gemittelten bodennahen Lufttemperatur [K] vom Mittel der Normalperiode 1961 – 1990 (Nulllinie) für die letzten 1000 Jahre (verändert nach JONES ET AL., in IPCC 2001).*

Einen abkühlenden Effekt haben die beim Verbrennungsprozess ebenfalls freigesetzten Staubteilchen und Aerosole, da sie einen Teil der eintreffenden Sonnenstrahlung unmittelbar in den Weltraum zurückstreuen und daneben die Wolkenbildung begünstigen. Im Folgenden werden die beobachteten Klimaänderungen des 20. und die Prognosen für das 21. Jahrhunderts auf den Ebenen Global - Europa - Bayern dargestellt.

Global

Im Jahre 1988 wurde durch die World Meteorological Organization (WMO) und die Vereinten Nationen (UN) ein internationales Gremium von führenden Wissenschaftlern, das INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE (IPCC), eingesetzt, das zu wissenschaftlichen und sozioökonomischen Problemen des Klimawandels Stellung beziehen, die Politik beraten und dazu Lösungsvorschläge erarbeiten soll. Das IPCC gibt regelmäßig Berichte heraus, welche von Wissenschaftlern, Politikern und Experten inzwischen als wichtige Standardinformationsquelle zum Thema Klimawandel genutzt werden. Im Jahre 1996 formulierte das IPCC im zweiten Sachstandsbericht: „Alle Befunde zusammen deuten auf einen erkennbaren menschlichen Einfluss auf das globale Klima“. Diese Aussage wurde im dritten Bericht 2001 des IPU verstärkt und bestätigt: „Eine zunehmende Zahl an Beobachtungen ergibt ein gemeinsames Bild einer wärmer werdenden Welt und anderer Änderungen im Klimasystem“ und „Es gibt neue und stärkere Beweise, dass der überwiegende Teil der über die letzten 50 Jahre beobachteten Erwärmung menschlichen Aktivitäten zugeordnet werden kann.“

Das zurückliegende 20. Jahrhundert

Der Frankfurter Meteorologe Prof. SCHÖNWIESE hat in einer ausführlichen Zusammenfassung die Klimatrends im Industriezeitalter (SCHÖNWIESE, 2002) diskutiert. Bei der Analyse der direkt gewonnenen Messdaten ergibt sich für die global gemittelte bodennahe Lufttemperatur eine

Tab. 1: *Anthropogene Emissionen der wichtigsten Treibhausgase und entsprechende atmosphärische Konzentrationen; vorindustrielle Werte stehen in Klammern (verändert nach SCHÖNWIESE 2002).*

Spurengas *(Symbol)*	Anthropogene Emissionen	Atmosphärische Konzentration	Treibhauseffekt	
			natürlich	anthropogen
Kohlendioxid (CO_2)	30 Gt/Jahr	370 (280) ppm	26 %	61 %
Methan (CH_4)	400 Mt/Jahr	1,7 (0,7) ppm	2 %	15 %
FCKW (F12)	0,4 Mt/Jahr	0,5 (0) ppb	–	11 %
Distickstoffoxid (N_2O)	16 Mt/Jahr	0,31 (0,28) ppm	4 %	4 %
Ozon (O_3)	~0,5 Gt/Jahr	~25 ppb	< 8 %	< 9 %
Wasserdampf (H_2O)	rel. gering	2,6 (2,6) %	60 %	Indirekt

Gt: Mrd Tonnen; Mt: Mio Tonnen; ppm: 10^{-6} Volumenanteile ; ppb: 10^{-9} Volumenanteile

Erwärmung von 0,6 K (0,2 K). Dieser Trend wird von zahlreichen Fluktuationen überlagert, die sich auf Nord- und Südhalbkugel ähneln. Betrachtet man die Stockwerke der Atmosphäre, lässt sich für die gesamte Troposphäre seit 1960 eine Erwärmung um ca. 0,2 - 0,4 K erkennen, wohingegen sich die Stratosphäre abkühlt (um bis zu -2,7 K auf der Südhemisphäre). In der Nordhemisphäre fallen starke Erwärmungen über den Kontinenten sowie Abkühlungen im Bereich des Nordatlantiks auf. Zusätzlich sind die Tagesamplituden über Land (0,2 K / Jahrzehnt) kleiner geworden, was zu einer Verlängerung der frostfreien Jahreszeit in mittleren und hohen Breiten geführt hat.

Das Trendverhalten des globalen Niederschlags ist aufgrund der geringeren räumlichen Repräsentanz sowie der höheren Messfehlerbelastung weniger eindeutig. Im 20. Jahrhundert haben die Niederschläge (überlagert von Fluktuationen) über den Kontinenten in den mittleren bis hohen Breiten der Nordhemisphäre (mit Ausnahme von Ostasien) um 0,5 bis 1 % pro Jahrzehnt zugenommen (IPCC, 2001). In Regionen, in denen der Niederschlag insgesamt zugenommen hat, ist die Häufigkeit von schweren und extremen Niederschlagsereignissen um 2 - 4 % gestiegen. Hingegen gibt es keine Hinweise, dass Häufigkeit und Stärke von tropischen und außertropischen Stürmen, die ebenfalls Niederschläge bringen, zugenommen haben.

Der Meeresspiegel ist während der letzten 100 Jahre um 1 bis 2 mm jährlich angestiegen, wobei die durchschnittliche Erhöhung im 20. Jahrhundert größer war als im vorangegangenen Jahrhundert. Insgesamt hat sich der Meeresspiegel im Laufe des 20. Jahrhunderts um 15 cm (+/- 5 cm) angehoben.

Der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre ist um mehrere Prozent pro Jahrzehnt parallel mit der zunehmenden Erwärmung der Troposphäre gestiegen.

Die Wolkenbedeckung hat im 20. Jahrhundert in mittleren und hohen geographischen Breiten um bis zu 2 % zugenommen.

Seit 1960 ist die Ausdehnung der Schneebedeckung auf der Nordhemisphäre um etwa 10 % zurückgegangen. Weltweit ziehen sich die Gletscher in den Bergregionen seit Mitte des 19. Jahrhunderts zurück. Obwohl die Temperaturen in den Tropen seit 1980 nur schwach angestiegen sind, ist auch dort ein schneller Rückzug der Gletscher zu verzeichnen. Die Ausdehnung der arktischen Meereisdecke im Frühjahr und Sommer hat seit 1950 um 10 bis 15 % abgenommen, die Eisdicke ist in dieser Periode sogar um 40 % geschrumpft. In der Antarktis wurde dagegen eine geringfügige Vergrößerung der Meereisfläche festgestellt.

Modellprognosen für das 21. Jahrhundert

Im Rahmen des IPCC wurden Simulationen mit 19 globalen Klimamodellen für den Zeitraum 1990 bis 2100 zusammengestellt, um die Klimaentwicklung im 21. Jahrhundert abschätzen zu können. Dazu wurden für zukünftige Emissionen von Treibhausgasen und sich daraus ergebende Treib-

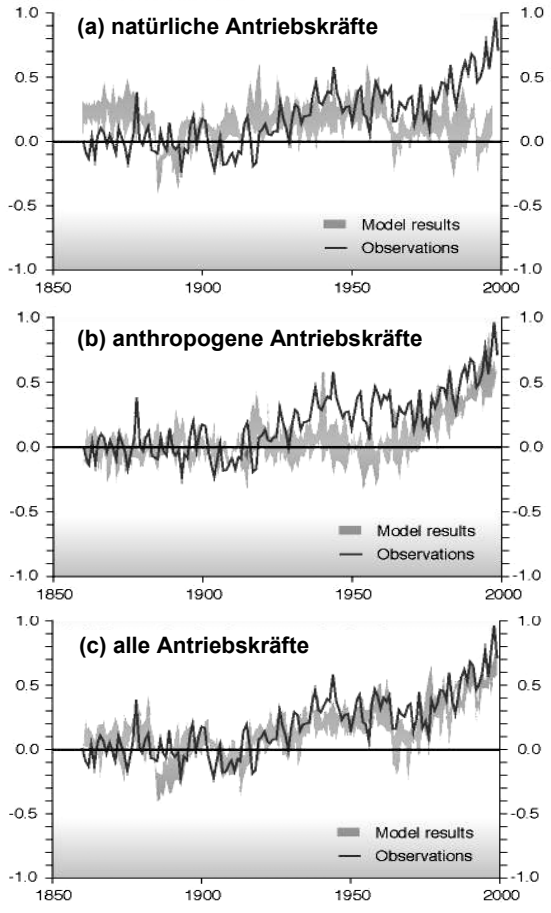

Abb. 4: *Simulation der jährlichen globalen Mitteltemperatur 1860 – 2000: Modelle, ——— Beobachtung. Dargestellt sind die Abweichungen [K] vom Mittelwert der gültigen Klimanormalperiode (1961 – 1990): (a) nur natürliche Antriebskräfte (solare Aktivität und Vulkanismus), (b) nur anthropogene Antriebskräfte (Treibhausgase und Sulfataerosol), (c) natürliche und anthropogene Antriebskräfte (verändert nach IPCC 2001).*

hausgas- und Aerosolkonzentrationen 35 verschiedene Szenarien entwickelt. Dabei wurden auch die Effekte von Ozon und weniger gut verstandenen Mechanismen, wie Änderungen der Landnutzung oder Einträge von Stäuben, einbezogen. Modellergebnisse für das 20. Jahrhundert wurden mit Messergebnissen verglichen, um die Modellqualität zu überprüfen und ihre Unsicherheiten zu reduzieren. Abb. 4 zeigt das Ergebnis einer solchen Modellstudie. Allein mit natürlichen Antriebskräften wie veränderte solare Aktivität und Vulkanismus (a), oder nur durch den Anstieg der Treibhausgase (b) lässt sich der gemessene Temperaturanstieg nicht modellieren. Unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren (c) zeigt sich dagegen eine gute Übereinstimmung von Klimasimulation und Wirklichkeit.

Die Zusammenfassung aller Modellergebnisse geht von einer globalen Erwärmung von 1,4 - 5,8 K für das 21. Jahrhundert aus (IPCC, 2001). Generell werden sich die Landmassen weiterhin stärker als der Ozean erwärmen, besonders in den nördlichen hohen Breiten. Der global gemittelte Wasserdampfgehalt, die Evaporation und die Niederschläge werden ebenfalls weiter zunehmen.

Wie sich das Klima ändert

Wissenschaftler des IPCC halten es für sehr wahrscheinlich, dass im 21. Jahrhundert extreme Ereignisse auf nahezu allen Landmassen häufiger auftreten. Dabei werden sich auch Anzahl und Temperatur der heißen Tage erhöhen. Die Winter werden weniger kalt und es wird weniger Frosttage geben. Die Temperatur der Frosttage wird nicht die derzeitigen Minima erreichen. Es werden mehr Starkniederschlagsereignisse auftreten. Durch die Temperaturerhöhung wird es im Inneren großer Landmassen vermehrt zu Trockenheit kommen, damit verbunden wird ein hohes Risiko für Dürren sein.

Die Schneebedeckung der Permafrostgebiete und die Ausdehnung der Meereisflächen werden genauso wie Gletscher und Eiskappen auf der Nordhemisphäre weiter zurückgehen. Antarktische Eismassen scheinen infolge von erhöhtem Niederschlag an Masse zuzunehmen.

Der vorhergesagte Meeresspiegel wird bis 2100 um bis zu 88 cm steigen, wobei er sich um ca. 2-4 mal rascher erhöhen wird als im 20. Jahrhundert.

Natürliche großräumige Klimaoszillationen scheinen zukünftig weder an Häufigkeit noch in ihrem Ausmaß und ihrer räumlichen Ausdehnung stark zuzunehmen. Andererseits ist es wahrscheinlich, dass sich die Stärke des Monsunniederschlags erhöhen wird, bedingt durch das Ansteigen der Temperatur.

Die Modelle sagen eine Abschwächung der großräumigen ozeanischen Meeresströmungen voraus, d.h., dass der Transport warmen Wassers in nördliche Breiten schwächer wird. In manchen Modellsimulationen kommt es zu einem völligen Zusammenbruch der ozeanischen Zirkulation im 22. Jahrhundert.

Europa im 20. Jahrhundert

Die Analyse von SCHÖNWIESE 2002 stütz sich auf den IPCC-Bericht, auf Klimatrendatlanten für Europa und Deutschland sowie auf eigene Untersuchungen. Darin werden die Veränderungen auf regionaler Ebene betrachtet, um Aussagen über die tatsächlichen Klimaänderungen zu treffen. Wichtige Punkte sind dabei die räumliche Repräsentanz und die Messfehlerbelastung der Einzelmessungen, die der Analyse zugrunde liegen. Als Beispiel für die regionalen Unterschiede zeigt die Abb. 3 (siehe rückwärtiger Umschlag) den statistisch ermittelten Trend der Jahresmittelwerte der Lufttemperatur auf einem 3° x 3°-Gitter über den Zeitraum 1981 - 1999, dem Zeitraum der stärksten Erwärmung im 20. Jahrhundert. Mittel- und Nordeuropa weisen genauso wie der nördliche Atlantik eine starke Erwärmung auf.

Generell ist das Jahresmittel der bodennahen Lufttemperatur im Zeitraum der letzten Klimanormalperiode 1961 - 1990 in Europa signifikant um 0,5 - 1 K angestiegen. Maxima sind auf der iberischen Halbinsel und in Mitteleuropa mit Werten von ca. 1 K zu finden. Betrachtet man einzelne Jahreszeiten, so finden sich hohe Zunahmen im Frühling in Russland (> 1,5 K), im Herbst in Portugal, Dänemark und Norddeutschland und im Winter auf der iberischen Halbinsel. Im Sommer sind die Zunahmen weniger eindeutig.

Das Bild der beobachteten regional-jahreszeitlichen Trends des Niederschlags in Europa ist erheblich komplizierter. Die räumliche Repräsentanz und die Güte der Messwerte sind deutlich fehlerbehafteter als die Temperaturmesswerte und damit

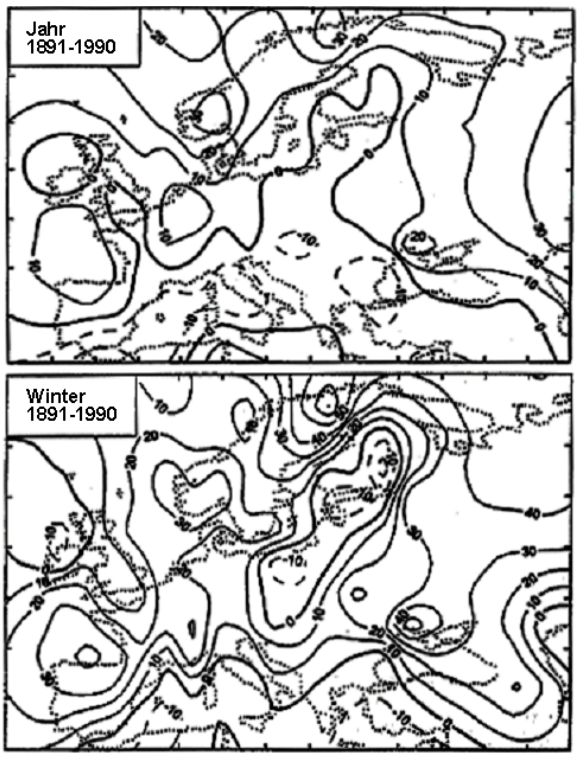

Abb. 5: Lineare Trends der Jahressummen des Niederschlags in Europa von 1891 – 1990 [%]: (oben) Jahressummen des Niederschlags, (unten) Winterniederschlag (verändert nach SCHÖNWIESE, (2002).

unsicherer. Generell sind im 20. Jahrhundert Zunahmen in Nordwest- und Osteuropa von über 30 % zu beobachten. Im Mittelmeerraum zeigt sich dagegen eine Abnahme der Niederschläge. Zunahmen von 30 % in Spanien, 40 % in der Ukraine und bis zu 50 % in Nordskandinavien stehen Abnahmen von bis zu 50 % im östlichen Mittelmeerraum gegenüber.

Regional wechseln sich Zunahmen und Abnahmen des Niederschlags im Jahresverlauf ab und zeigen eine hohe räumliche Variabilität im Winter.

Vorhersagen für das 21. Jahrhundert in Europa

Die Temperaturänderungen werden in großen Teilen Europas nicht nur durch den Anstieg der Treibhausgase, sondern ebenso durch den abkühlenden Effekt der zunehmenden Aerosole bestimmt (IPCC, 2001). Generell sagen die Modelle des IPCC Zunahmen der Wintertemperaturen voraus, besonders in den hohen, borealen Breiten.

Die meisten Modelle zeigen ein Anwachsen des Niederschlags in Europa, begründet durch den höheren Wasserdampfgehalt bei höherer Lufttemperatur. Der Winterniederschlag wird in hohen Breiten um bis zu 20 % zunehmen. Im Sommer sind die Vorhersagen für Europa nicht einheitlich. Einige Modelle prognostizieren eine Abnahme des Niederschlags im Mittelmeergebiet sowie in Zentral- und Osteuropa, andere zeigen eine Zunahme. In Nordeuropa errechnen die meisten Modelle eine Zunahme des Sommerniederschlags.

Rückblick für Bayern

Klimaänderungen in Bayern wurden vor allem im Rahmen des Bayerischen Klimaforschungsprogramms (BAYFORKLIM, 1990 - 1998) untersucht und in einem neuen „Klimaatlas von Bayern“ dokumentiert.

In Bayern hat sich die bodennahe Lufttemperatur in den letzten 100 Jahren erhöht, vor allem sind die Winter wärmer geworden. Im Frühling und Sommer wurde ein Rückgang der Niederschläge beobachtet. Winterniederschläge haben dagegen zugenommen. Die Nebelhäufigkeit hat im Bergland zu-, im Flachland dagegen überwiegend abgenommen. Die Häufigkeit von Wolken und die Trübung der Atmosphäre durch Aerosolteilchen haben zugenommen.

Ausblick für Bayern

Prognosen für das 21. Jahrhundert wurden mit Hilfe regionaler Klimamodelle für die Klimanormalperiode 2071 - 2100 und doppelter CO_2-Konzentration erstellt. Bei stetigem Anstieg der CO_2-Konzentration wird eine Verdoppelung allerdings schon Mitte des 21. Jahrhunderts erwartet. Eines der wichtigsten Ergebnisse dieser Studien war, dass sich die Klimabedingungen in den einzelnen Regionen Bayerns in der Zukunft nicht gleichartig verändern werden, sondern dass z. B. bei den Lufttemperaturen ein deutliches Süd-Nordgefälle erwartet wird. Die im Folgenden dargestellten Prognosen des BAYFORKLIM für das 21. Jahrhundert stellen den Kenntnisstand Mitte der 1990er Jahre dar, in denen die neuesten Ergebnisse des IPCC noch nicht berücksichtigt wurden.

Im Sommer berechnen die Modelle eine Temperaturerhöhung von bis zu 6 K im Bodenseegebiet und in der westlichen Oberpfalz, geringere Erwär-

mungen dagegen in Nordbayern (3 - 4 K im Mittel). Im Winter muss man von einer Temperaturzunahme unter 1 K ausgehen, wobei sich der Bodenseeraum und das Alpenvorland stärker erwärmen.

Der Niederschlag wird im Winter vor allem in Südwestbayern mit Werten bis zu 50 % deutlich zunehmen, aber in Franken und im Bayerischen Wald abnehmen. Die Niederschläge verschieben sich weiter in das Frühjahr hinein. Die Variabilität der Winterniederschläge wird zunehmen, im Sommer ist vor allem im Süden mit Abnahmen zu rechnen. Insgesamt wird die Niederschlagsmenge in den Sommermonaten um bis zu 50 % sinken. Auch die Anzahl der Tage mit Niederschlag sowie die Häufigkeit von Starkniederschlägen wird im Sommer abnehmen. Da sich mit dem veränderten Niederschlagsverhalten auch die Zu- und Abflüsse ändern werden, rechnet man mit einer Häufung von Hochwasserereignissen im Spätwinter. Im Sommer werden dagegen die Anzahl und Dauer von Trockenperioden größer.

Die Schneehöhen werden, obwohl sie in einigen Gebieten zunehmen können, in den höheren Teilen der Mittelgebirge erheblich abnehmen. Auch die alpinen Gletscher werden zurückgehen.

Fazit

Der anthropogen verursachte Klimawandel wird in der Zukunft weiter voranschreiten. Global werden wir mit einer Erwärmung zu rechnen haben, wobei sich die Kontinente stärker als die Ozeane erwärmen werden.

Im regionalen Maßstab ist das Bild der zukünftigen Klimaänderungen kompliziert. Die meisten Modelle prognostizieren für die Wintermonate ein Anwachsen der Mitteltemperatur in Europa, vor allem in Nordeuropa. Die Niederschlagsvorhersage ist weit unsicherer. Der Winterniederschlag wird in hohen Breiten bis zu 20 % zunehmen. Im Sommer werden in weiten Teilen Europas wenig Änderungen zu beobachten sein und die Variabilität des Niederschlags wird abnehmen.

In Bayern werden vor allem die Winter im Südwesten wärmer und niederschlagsreicher als im übrigen Bayern. In Franken und im Bayerischen Wald werden die Winterniederschläge zurückgehen. Im Sommer wird die Temperatur stark ansteigen, überproportional im Bodenseeraum. In ganz Bayern wird die Niederschlagsmenge in den Sommermonaten um bis zu 50 % abnehmen. Im Spätwinter rechnet man mit einer Häufung von Hochwasserereignissen, wohingegen im Sommer die Anzahl und Dauer von Trockenperioden größer werden. Extreme Ereignisse werden zunehmen.

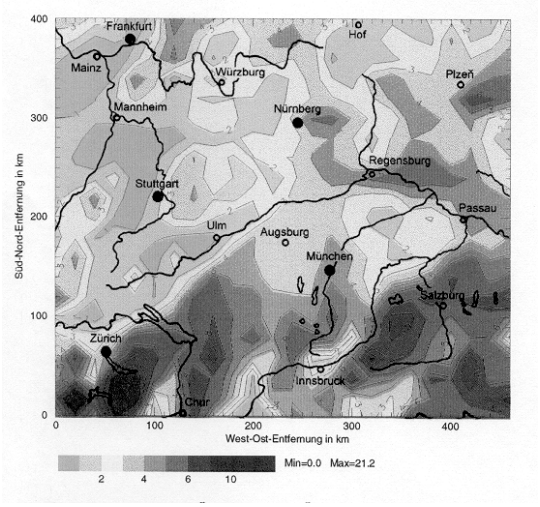

Abb. 6: *Differenz der Häufigkeiten [%] von Tagen mit Niederschlagsmengen >20 mm/Tag in Bayern. Verglichen werden Werte des veränderten prognostizierten Klimas für das 21. Jahrhundert mit heutigen Niederschlagshäufigkeiten (verändert nach BayFORKLIM (1999)).*

Literatur

CUBASCH, U. und KASANG, D. (2000): Anthropogener Klimawandel. 1. Auflage, 3-124.

CLAUSSEN, M. (2002): Das Klimasystem. http://www. pik-potsdam.de/~claussen/lectures/klimasystem.pdf

IPCC (1996): Climate Change 1995 -- The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 1-572.

IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 1-881.

SCHÖNWIESE, C. D. (2002): Beobachtete Klimatrends im Industriezeitalter: Ein Überblick global/Europa/ Deutschland. Berichte aus dem Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt/Main, 106, 1-93.

BAYFORKLIM (1999): Klimaänderungen in Bayern und ihre Auswirkungen. Bayerischer Klimaforschungsverbund (ed.), Abschlußbericht, 1-90.

BAYFORKLIM (1996): Klimaatlas von Bayern. Bayerischer Klimaforschungsverbund (ed.), München, 1-105.

Was ändert sich für den Wald?

Klimaänderungen unter forstlichem Aspekt

von Michaela-Maria Hirschberg, Martin Kennel, Annette Menzel, Stephan Raspe[*]

Die Mitteltemperatur hat sich im letzten Jahrhundert deutlich erwärmt und hat in den Wäldern bereits messbare Wirkungen gezeigt. In Bayern sagen die Prognosen der regionalen Klimamodelle im 21. Jahrhundert für die Winter geringfügige Erwärmungen voraus, der Niederschlag hingegen wird kräftig zunehmen. Im Südwesten soll es wärmer und noch niederschlagsreicher als im übrigen Bayern werden. Im Sommer wird die Temperatur in ganz Bayern stark ansteigen, überproportional wiederum im Südwesten, der Niederschlag wird zurückgehen. Mögliche Reaktionen des Ökosystems Wald auf dadurch resultierende veränderte Standortfaktoren sollen anhand von Forschungsergebnissen zum Thema diskutiert werden.

Obwohl die ökologischen Ansprüche der Hauptbaumarten in Bayern gut bekannt sind, muss man im Rahmen der prognostizierten Klimaänderungen nun die Wirkung der einzelnen Klimafaktoren wie

- Änderungen im Strahlungsangebot,
- Zunahme der CO_2-Konzentration,
- Erwärmungen und
- veränderter Niederschlag

abschätzen und das Wachstumsverhalten der Bäume unter diesen veränderten Standortbedingungen untersuchen.

Licht

Die terrestrischen Ökosysteme und das Klimasystem sind über den Austausch von Kohlendioxid (CO_2) zwischen Vegetation, Boden und der Atmosphäre eng miteinander verbunden. Wechselwirkungen zwischen dem CO_2-Gehalt der Luft und dem Lichtangebot haben eine besondere Bedeutung für die Reaktion der Pflanzen auf steigende CO_2-Konzentrationen. In einer Laborstudie (KRIEBITZSCH ET AL., 1999) wurden verschiedene Rotbuchen-Provenienzen erhöhtem CO_2 und unterschiedlichen Lichtverhältnissen ausgesetzt. Man konnte zeigen, dass die nahezu verdoppelte CO_2-Konzentration nur bei höchstem Lichtangebot zu Wuchssteigerungen von 38 % (Blattfläche) bzw. 44 % (Blatttrockengewicht) führte (Abb. 1).

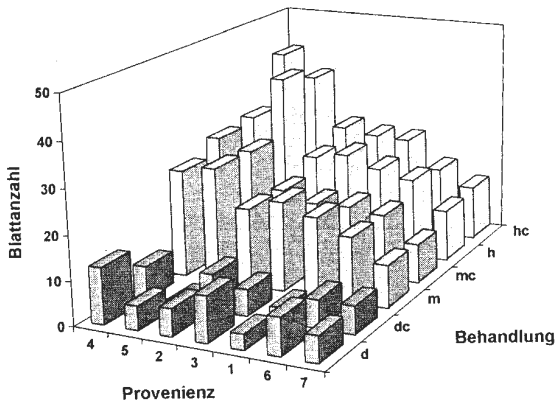

Abb. 1: *Mittlere Blattanzahl je Pflanze der sieben Provenienzen in Abhängigkeit vom Licht: h) volle Einstrahlung, m) Reduktion auf 17 %, d) Reduktion auf 3 % und der CO_2-Konzentrationen: 350 ppm und (c) 650 ppm. (verändert nach KRIEBITZSCH et al. 1999)*

CO_2 - Kohlendioxid

Wälder sind Kohlenstoffspeicher im Kreislauf der Natur. Sie wirken derzeit als Kohlenstoffsenken, da genutztes Holz dem Kohlenstoffkreislauf entzogen wird.

Der in den 10,7 Millionen ha Wald Deutschlands in Boden und Biomasse gespeicherte Kohlenstoffvorrat wird auf 2 Gt C geschätzt, wovon sich etwa zwei Drittel im Boden und ein Drittel in der Vegetation befinden. Ob diese C-Vorräte auch in

[*] Dr. MICHAELA-MARIA HIRSCHBERG war bis 31.12.2002 Mitarbeiterin im Sachgebiet II Standort und Umwelt der LWF, Dr. MARTIN KENNEL und Dr. STEPHAN RASPE sind Mitarbeiter im Sachgebiet II Standort und Umwelt der LWF. PD Dr. ANNETTE MENZEL ist Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ökoklimatologie der Technischen Universität München.

Zukunft bleiben werden, wurde im Rahmen des dritten Sachstandsberichts des Intergovernmental Panel on Climate Change untersucht (IPCC, 2001). Nach Modellberechnungen, die allein den CO_2-Anstieg der Atmosphäre berücksichtigen, nimmt die gesamte terrestrische Biosphäre bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts weltweit 3,6 - 8,7 Gt C pro Jahr zusätzlich auf. Bei Berücksichtigung auch des klimatischen Wandels fällt die Aufnahme von Kohlenstoff um 21 - 43 % geringer aus. Die meisten Modelle zeigen für die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts nur noch eine jährliche Nettoaufnahme von 2 - 4 Gt C, ein Modell sogar eine Abgabe von 0,4 Gt C voraus.

Wachstumstrends

Höhere Temperaturen steigern nicht nur die Wachstumsraten der Bäume und damit die CO_2-Aufnahme sondern auch die Respirationsraten von Kohlenstoff. Damit begrenzt ein höherer CO_2-Gehalt die Wachstumsstimulation. In einem Schweizer Modellversuch wurde während vier Jahren die Entwicklung von jungen Fichten und Buchen unter erhöhtem Angebot an CO_2 und Stickstoff beobachtet (BRUNOLD ET AL. 2001). Die Ergebnisse zeigen, dass die künftige Entwicklung des Waldes standorts- und baumartenspezifisch ist. Fichten nehmen im Gegensatz zu den Buchen sowohl auf kalkreichem wie auf saurem Boden mehr CO_2 auf und wachsen schneller. Deshalb wird angenommen, dass sie gegenüber Buchen konkurrenzstärker werden. Das erhöhte CO_2-Angebot wirkte nur am Anfang positiv auf das Wachstum der Bäume. Es wird vermutet, dass danach eine Sättigung der Bäume mit CO_2 eintrat. Das hohe CO_2-Angebot führte zudem zu ungünstigen Veränderungen im Holz und Blattgewebe.

Berechnungen für eine CO_2-Steigerung bei sonst gleichbleibenden Klimabedingungen (BAYFORKLIM, 1999) führte für verschiedene Bestände im Fichtelgebirge unabhängig vom Bodenwassergehalt zu einer vermehrten Nettophotosynthese und verminderter Bestandestranspiration. Letztere wurde durch physiologische Adaptation weiter reduziert. Abb. 2 zeigt die berechnete CO_2-Fixierung und die Transpiration für verschiedene Waldtypen für das heutige Klima und für ein zukünftiges Klima mit verdoppeltem CO_2. Durch den Einfluss erhöhter CO_2-Konzentrationen am Nachmittag kommt es offenbar zu einer Wassereinsparung, da die stomatäre Leitfähigkeit und die Transpiration eingeschränkt werden. Da gleichzeitig die Photolyse ansteigt, nimmt die Effizienz der Ausnutzung von Wasser und Licht zu.

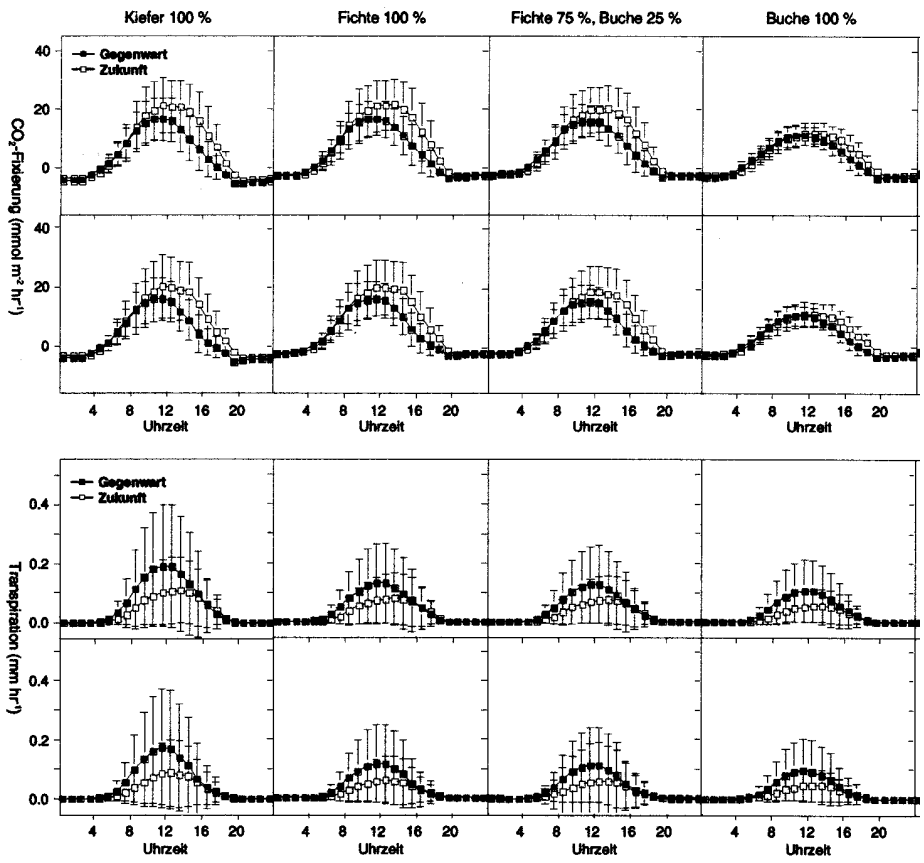

Abb. 2: Berechneter Tagesgang der CO_2-Fixierung (oben) und der Transpiration (unten) im „Kronendach" verschiedener Waldtypen in 865 m (jeweils obere Bildreihe) und 1360 m (jeweils untere Bildreihe); dargestellt sind Werte für das heutige Klima (schwarze Punkte) und für ein verdoppeltes CO_2-Klima (weiße Punkte) im Juni (verändert nach BAYFORKLIM 1999).

KOSLOWSKI ET AL. (1991) geben für Laubbäume als günstigsten Temperaturbereich für die optimale Nettophotosynthese einen Bereich von 15 - 25°C, für Nadelbäume von 10 - 25°C an. Erst bei einer Temperaturzunahme über dieses Optimum hinaus steigt die Atmung bei zunächst gleichbleibender Bruttophotosynthese stark an, so dass dies zu Kohlenstoffverlusten in der Pflanze führt. GRACE (1988) beschreibt bei einem Anstieg von 1 K eine Zunahme der Pflanzenproduktion um 10 %. Nach SAXE ET AL. (2001) ist eine Erwärmung von 2 K noch nutzbringend für die Bäume, obwohl man dabei individuelle Unterschiede berücksichtigen muss. Die ausreichende Wasserversorgung hat unter Feldbedingung mehr Einfluss auf die Nettophotosynthese als die Temperatur und führt damit zu Wachstumsreaktionen. Durch Düngungs- und Bewässerungsexperimente konnten enorme Produktionszuwächse erreicht werden (BENSON ET AL., 1992).

Studien mit einem Waldwachstumssimulator, der positionsabhängig und standortssensitiv das Wachstum von Einzelbäumen simuliert, wurden für verschiedene Behandlungsstrategien auf Bestandesebene durchgeführt (PRETZSCH 2002). Dabei wurde getestet, wie sich das Waldwachstum in einem geänderten Klima verhalten würde. Klimaparameter werden für ein zukünftiges Klima mit einer Temperaturzunahme von 2 K, einer Niederschlagsabnahme von 10 % während der Vegetationszeit zusammen mit einer Verlängerung der Vegetationsperiode von 10 Tagen angesetzt. Abb. 3 zeigt die simulierten Veränderungen der Oberhöhe repräsentativer Fichtenbestände in Bayern im Alter von 100 Jahren unter gegenwärtigem und zukünftigem Klima. Die Baumhöhen der Fichte werden 40 m nicht mehr übersteigen. Die Fichte zeigt in Gebieten, in denen sie sich dann am Rand ihrer ökologischen Amplitude befindet, deutliche Wachstumsrückgänge (Tab. 1).

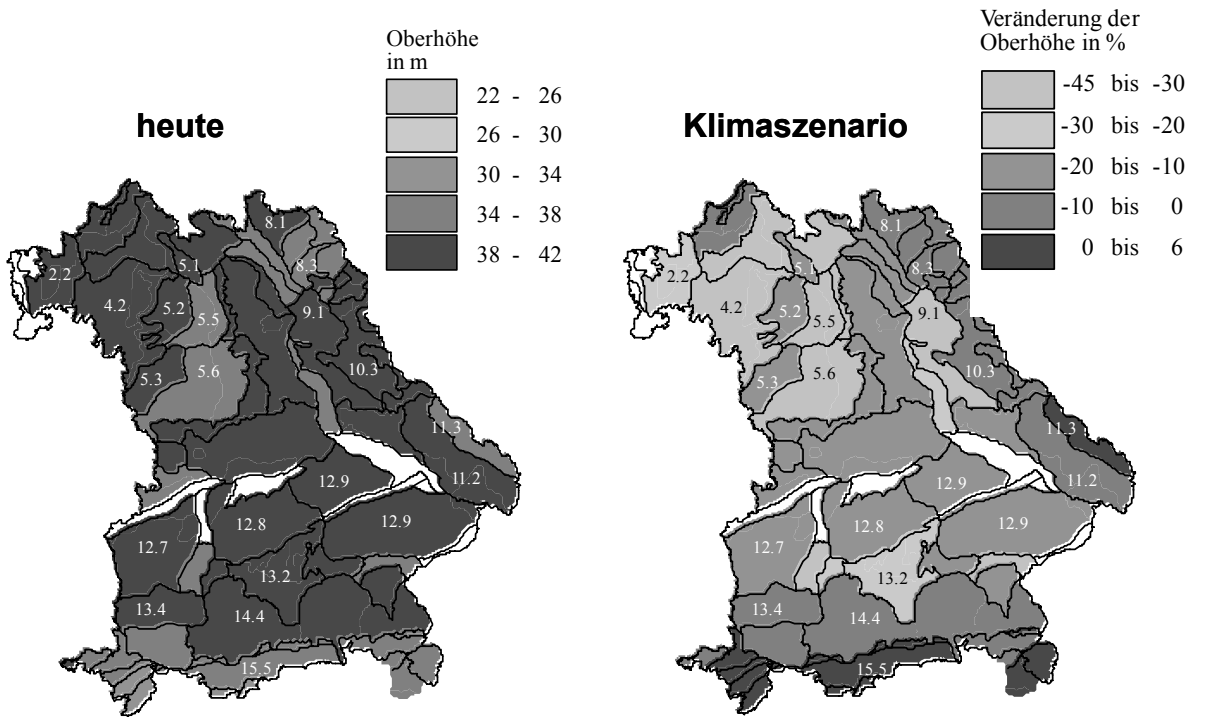

Abb 3: *Oberhöhe h_{100} repräsentativer Fichtenbestände in den bayerischen Wuchsbezirken im Alter von 100 Jahren unter gegenwärtigen Klimabedingungen (links) und Reaktion der Oberhöhe auf Klimaveränderungen (rechts); unterstellt wurde ein Anstieg der Temperatur in der Vegetationszeit um 2°C, ein Rückgang des Niederschlags in der Vegetationszeit um 10 % und eine Verlängerung der Vegetationszeit um 10 Tage (verändert nach PRETZSCH 2002).*

Tab 1: Sensitivität der Fichte gegenüber Klimaänderungen; h_{100} ist die Mittelhöhe im Alter von 100 Jahren. Für jede Wuchsregion ist die prozentuale Abnahme des Oberhöhenwachstums (ho_{100}), der durchschnittliche Gesamtzuwachs im Alter 100 (dGZ_{100}) und der durchschnittliche Wertzuwachs im Alter 100 ($dGZW_{100}$) angegeben (verändert nach PRETZSCH und ĎURSKÝ 2002).

Wuchsregion	h_{100}	Klimaänderung prozentuale Änderung verglichen mit heutigem Klima		
		ho_{100}[%]	dGZ_{100}[%]	$dGZW_{100}$[%]
Bayerischer Wald Oberpfälzer Wald Frankenwald	27,9	0	2	2
Schwäbisch-Fränkische Alb	30,7	-8	-17	-36
Alpenvorland	32,4	-28	-29	-33
Schwäbisch-Bayerische Jungmoräne und Molassevorberge	27,8	-27	-28	-34
Bayerische Alpen	27,8	-13	-24	-40

Vergleichsrechnungen für die Kiefernbestände in Bayern zeigen in allen bayerischen Wuchsbezirken bei gleichbleibenden Niederschlagsverhältnissen und ansteigenden Temperaturen positive, jedoch insgesamt geringe Änderungen des Höhenwachstums und des durchschnittlichen Gesamtzuwachses.

Bei Fichte waren bei einer Temperaturerhöhung von 2 K und Rückgang des Niederschlages um 10 % Abnahmen der Wuchsleistung von bis zu 45 % festzustellen. Im Gegensatz dazu reagiert die Kiefer dank ihrer breiten ökologischen Amplitude mit geringeren Wuchseinbußen besonders auf sommertrockenen oder nährstoffarmen Standorten. KÜSTERS (2002) stellt aber insgesamt fest, dass die Kiefer auch bei zunehmenden Temperaturen und niedrigeren Niederschlägen während der Vegetationszeit in der Lage ist, zu überleben und trotzdem weiterhin befriedigende Massenleistungen zu erbringen.

Ein anderer Weg, um die Auswirkungen von Klimaänderungen in der Zukunft zu studieren liegt im Studium der Prozesse in der Vergangenheit. Im Rahmen des Bayerischen Klimaforschungsprogramms wurde anhand von Pollendiagrammen für die letzten 7.000 - 13.000 Jahre die Zusammensetzung des Bergmischwalds und die Verbreitung des Schneeheide-Kiefernwaldes (Calamagrostio-Pinetum) im Werdenfelser Land untersucht (BAYFORKLIM, 1999). Bei langfristigen Schwankungen der jährlichen Mitteltemperatur um 1 - 2 K ergab sich als wichtigstes Ergebnis, dass auf solchen Extremstandorten der lichte Kiefern- und Latschenwald erhalten blieb trotz natürlicher Konkurrenz von den in der Zwischenzeit eingewanderten Fichten, Tannen und Buchen. Auf die Baumartenzusammensetzung konnte ein nur geringer Einfluss des Klimas trotz einer Abtrocknungsphase zwischen 1.800 v. Chr. und 250 n. Chr. festgestellt werden.

Wasserhaushalt

Das Wachstum wird in starkem Maße vom Bodenwassergehalt und von der Verfügbarkeit der Nährstoffe beeinflusst. Eine Klimaänderung kann in einigen Gebieten zu Trockenheit führen und damit zu geringerem Bodenwassergehalt. Der Bodenwassergehalt reagiert sehr schnell auf Veränderungen der Menge und der Verteilung von Niederschlägen sowie Temperaturänderungen, die sich auf die Evapotranspiration auswirken.

Modellberechnungen auf grundwasserfernen Standorten aus Brandenburg ergaben eine Verminderung der Versickerung bei Temperaturanstieg und Niederschlagsrückgang (SUCKOW ET AL., 2002 und LASCH ET AL., 2001). Unabhängig von der Art der Bewirtschaftung führte dies zu einem Rückgang der Versickerungsraten und damit der Grundwasserneubildung aufgrund des steigenden Transpirationsbedarfs.

Auswirkungen auf den Bodenwassergehalt wurden im Rahmen des Bayerischen Klimaforschungs-

programms mit einem Wasserhaushaltsmodell untersucht. Eine große Schwierigkeit dieser Art Modelle besteht darin, dass die gewählten Parametrisierungen für einzelne Wuchsgebiete immer noch zu grob sind und es damit zu widersprüchlichen Ergebnissen kommen kann. Für einen mittelalten Fichtenbestand im Werdenfelser Land ergaben Abschätzungen für eine zukünftiges Klima mit doppelter CO_2-Konzentration als „schlechtestem Fall" einen leichten Rückgang der mittleren Transpiration von 311 mm/Jahr auf 266 mm/Jahr sowie eine Zunahme der Trockenstresstage von 2 auf 69/Jahr.

In Freilandversuchen wurden verschiedene Rotbuchen-Provenienzen auf ihre Sensitivität gegenüber Trockenstress untersucht. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Bäume einiger Standorte Regelmechanismen zur Kompensation von Trockenstress ausbilden (SCHRAML und RENNENBERG, 2002).

Mittels dendroökologischer Untersuchungen an den Baumarten Fichte, Tanne und Buche konnte anhand von Klimadaten die langfristige Wuchsreaktion auf die sich jährlich ändernden, witterungsabhängigen Wachstumsbedingungen untersucht werden (BAYFORKLIM, 1999). Dazu wurden tägliche Wasserbilanzen abgeschätzt. Der Radialzuwachs im Zeitraum von 1880 - 1995 war vor allem dann beeinträchtigt, wenn Wassermangel zu Zeiten der Reservestoffspeicherung im Hoch- und Spätsommer des Vorjahres auftrat. Zu Wachstumseinbrüchen im Trockenjahr selbst kam es nur in extremen Jahren, wenn der Wassermangel schon früh einsetzte.

Nährstoffe

Ein Klimaänderung wird aber nicht nur den Wasserhaushalt der Ökosysteme sondern auch ihren Nährstoffhaushalt beeinflussen.

Wenn sich die Bedingungen für das Pflanzenwachstum durch Erwärmungen und eine weiter mit CO_2 angereicherte Atmosphäre verbessern, gehen die Bodennährstoffe verstärkt zurück (SHAVER ET AL., 1992). Die Verfügbarkeit der Nährstoffe ändert sich, wenn sich die Umsetzung und Mineralisierung ändert, was Auswirkungen auf die Bodenmikroorganismen hat. Bei extremer Trockenheit verändern sich auch die Bodenbildungsprozesse und damit die Bildung sekundärer Minerale. Im Rahmen einer Untersuchung des Stickstoffhaushalts von Gebirgswaldböden wurden verschiedenen Bodenmonolithe (Rohhumus RH bzw. Moder MO) in ein um 2 K wärmeres Klima verbracht (BAYFORKLIM, 1999). Als Ergebnis konnte man feststellen, dass schon eine Erwärmung von 1 - 2 K die Stickstoff-Mineralisation und die Nitrifikation beschleunigt.

Eine erhöhte Temperatur führt zu erhöhter Transpiration und gegebenenfalls zu Wassermangel in der Pflanze. Niederschlagsdefizite bedingen Versauerungsschübe im Boden und damit Schäden im Wurzelbereich.

Vor allem durch die Intensivierung der Landwirtschaft und durch die Zunahme des Straßenverkehrs steigt die Stickstoffversorgung derart, dass das Wachstum der Waldbäume in Mitteleuropa nicht mehr durch Stickstoffmangel limitiert ist. Heutige Stickstoffeinträge bewegen sich zwischen 5 - 100 kg/ha/Jahr. In den Wäldern Bayerns wurden Stickstoffeinträge von 8 bis 28 kg/ha/Jahr beobachtet (KÖLLING und NEUSTIFTER, 1997). Sie erreichen damit etwa 50 % des jährlichen bestandsinternen Stickstoffkreislaufes mit Nadelfall und übertreffen damit deutlich den Bedarf, der für den reinen Holzaufbau nötig ist.

Fazit

Als Fazit lässt sich herausstellen, dass schon viele Beiträge über Auswirkungen von Klimaänderungen existieren, aber ein integraler Ansatz im regionalen Maßstab für Bayern aus wissenschaftlicher Sicht noch etwas verfrüht ist. In den letzten Jahren wurden allerdings viele interdisziplinäre Ansätze entwickelt und im Rahmen von Sensitivitätsstudien getestet.

Generell sind die Ergebnisse in Deutschland beziehungsweise Bayern noch zu vereinzelt und nicht auf alle Gebiete übertragbar.

Modellsimulationen sagen für das 21. Jahrhundert bis etwa 2050 eine Zunahme der Senkentätigkeit der Wälder um 3,6 - 8,7 Gt C/a und eine Abnahme auf 2 - 4 Gt C/a in der zweiten Jahrhunderthälfte voraus.

Als Konsequenz der Untersuchungen ist festzustellen, dass die Umsetzung und Speicherung von atmosphärischem CO_2 in der Biosphäre stark von den Lichtverhältnissen abhängt. Unter dem Einfluss erhöhter CO_2-Konzentration kommt es

allerdings zu einer Wassereinsparung durch verminderte Transpiration und Leitfähigkeit und damit zu einer zunehmenden Effizienz der Ausnutzung von Wasser und Licht.

Fichten können vom zunehmenden CO_2-Angebot profitieren. Bei verändertem wärmeren und niederschlagsarmen Klima zeigen sie jedoch einen Rückgang in der Oberhöhe und im Gesamtzuwachs. Abschätzungen für den Wasserhaushalt unter verändertem Klima ergaben einen leichten Rückgang der Transpiration und eine Zunahme der Trockenstresstage.

Obwohl auch die Kiefer auf die Klimaänderungen reagiert, ist sie in der Lage, weiterhin befriedigende Massenleistungen zu erbringen. Auf armen sandigen Standorten muss man mit einem Rückgang der Versickerungsraten und damit der Grundwasserneubildung aufgrund des steigenden Transpirationsbedarfs rechnen.

Fichte, Tanne und Buche reagieren auf Wassermangel zu Zeiten der Reservestoffspeicherung erst im Folgejahr. Bei extremer Trockenheit werden die Stickstoff-Mineralisation und die Nitrifikation beschleunigt. Stickstoffeinträge in bayerische Wälder erreichen etwa 50 % des internen Umsatzes und übertreffen den Bedarf für den Holzaufbau.

Literatur

BAYFORKLIM (1999): Klimaänderungen in Bayern und ihre Auswirkungen. Bayerischer Klimaforschungsverbund, Abschlußbericht, München, 1-90.

BENSON, M. L. ET AL. (1992): Dynamics of stem growth of Pinus radiata as affected by water and nitrogen supply. Forest Ecology and Management, 52, 117-137.

GRACE, J. (1988): Temperature as a determinant of plant productivity. 91-107.

IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 1-881.

KÖLLING, C. und NEUSTIFTER, H. (1997): Stickstoffeintrag in Wäldern und Nitratkonzentration im Sickerwasser. AFZ/Der Wald, 20/1997, 1107-1110.

KOZLOWSKI, T. T. et al. (1991): The physiological ecology of woody plants. San Diego, Academic Press.

KRIEBITZSCH, W. U. ET AL. (1999): The influence of elevated CO_2 on growth parameters of various provenances of European beech (Fagus sylvatica L.) at different irradiance. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 118, 51-65.

KÜSTERS, E. (2002): Wachstumstrends der Kiefer in Bayern. Dissertation, TU München, 1-187.

LASCH, P. ET AL. (2001): Regional impact assessment on forest structure and functions under climate change - the Brandenburg case study. Forest Ecology and Management, 162, 73-86.

PRETZSCH, H. (2002): Application and evaluation of the growth simulator SILVA 2.2 for forest stands, forest estates and large regions. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 121, 28-51.

SAXE, H. ET AL. (2001): Tree and forest functioning in response to global warming. New Phytologist, 149, 369-399.

SCHRAML, C. und RENNENBERG, H. (2002): The different reactions of beech tree (Fagus sylvatica L.) ecotypes to drought stress. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 121, 59-72.

SHAVER, R. G. ET AL. (1992): Global Change and the carbon balance of arctic ecosystems. BioScience, 42, 433-441.

SUCKOW, F. ET AL. (2002): Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Grundwasserneubildung. In: Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 4, 36-51.

BayFORKLIM

Im Bayerischen Klimaforschungsverbund BayFORKLIM kooperieren in intensiver interdisziplinärer Zusammenarbeit bayerische Universitäten, Großforschungsinstitute und Fachbehörden mit dem Ziel,

„Klimaänderungen in Bayern und ihre Auswirkungen auf Mikroorganismen, Pflanzen, Tiere und den Menschen“

zu untersuchen. BayFORKLIM steht gleichzeitig auch für das Bayerische Klimaforschungsprogramm, das zur Verfolgung dieser Ziele definiert wurde und zu dem verschiedenste Disziplinen wie Meteorologie, Physik, Biologie, Chemie, Hydrologie, Geographie, Medizin sowie Land- und Forstwissenschaft beitragen.
Die finanzielle Förderung erfolgt durch vier Bayerische Staatsministerien.
Die Grundzüge des regionalen und lokalen Klimas werden vielfach durch die Topographie und die Landnutzung beeinflusst. Diese variieren gerade in Bayern außerordentlich, deshalb sind im Freistaat auch differenziertere Klimaveränderungen und Auswirkungen zu erwarten als in anderen Bundesländern.
Zur vorsorgenden Entwicklung von Vermeidungs- und Anpassungsstrategien auf regionaler Basis soll BayFORKLIM die naturwissenschaftlichen Grundlagen schaffen.

jhh

Die Vegetationsperioden verlängern sich

Anzeichen des Klimawandels in der Pflanzen- und Tierwelt

von Annette Menzel[*]

In der Phänologie werden jahreszeitlich wiederkehrende Erscheinungen in der Pflanzen- und Tierwelt beobachtet wie zum Beispiel Austrieb und Blüte von Pflanzen oder die Wiederkehr von Zugvögeln im Frühjahr. Diese Phänomene, auch phänologische Phasen genannt, stehen zum Teil in engem Zusammenhang mit Umweltfaktoren wie der Lufttemperatur. Sie sind deshalb besonders sensible Indikatoren für allmähliche Veränderungen des Klimas und zeigen positive wie negative ökologische Auswirkungen des Klimawandels auf. Andere Reaktionen in der Pflanzen- und Tierwelt wie die Veränderung von Arealen und Verbreitungsgebieten, insbesondere ihre Verschiebung in Richtung Pole und höhere Lagen sowie die Veränderung der Zusammensetzung und der Dynamik der Ökosysteme sind ebenfalls bekannt. Der Eintritt von phänologischen Phasen ist aber der geradlinigste Prozess, um die Folgen der Klimaerwärmung aufzuspüren und soll deshalb im Mittelpunkt des folgenden Beitrages stehen.

Beobachtungen in Europa und Nordamerika

In den letzten vier bis fünf Jahrzehnten werden Frühlingsaktivitäten wie die Eiablage oder der erster Gesang von Vögeln, die Rückkehr von Zugvögeln, das Erscheinen von Schmetterlingen, das Laichen von Amphibien sowie der Austrieb und die Blüte von Pflanzen früher beobachtet als in der Zeit zuvor. Mittlerweile existiert eine Vielzahl von Studien, die eine durchschnittliche Verfrühung von Blattentfaltung und Blüte um 1,4 bis 3,1 Tage pro Dekade in Europa bzw. um 1,2 bis 2,0 Tage (im Einzelfall auch 3,8 Tage) pro Dekade in Nordamerika festgestellt haben (WALTHER ET AL. 2002).

Die Auswertung der Daten der in den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts mit geklonten Bäumen und Sträuchern angelegten Internationalen Phänologischen Gärten in Europa war dabei ein wichtiger Meilenstein. Anhand der Beobachtungen an diesen genetisch identischen Pflanzen konnte für große Regionen in Europa gezeigt werden, dass sich der Zeitpunkt von Blattentfaltung und Blüte in den letzten 30 Jahren im Mittel um rund sechs Tage verfrüht hat, während sich Herbstphasen wie Blattverfärbung oder Blattfall im selben Zeitraum fast überall um durchschnittlich 4,8 Tage verspäteten, folglich die Vegetationsperiode um rund elf Tage länger geworden war (MENZEL und FABIAN 1999).

Beobachtungen in Deutschland

Im phänologischen Beobachtungsnetz des Deutschen Wetterdienstes werden seit 1951 kontinuierlich zahlreiche Phasen an wildwachsenden Pflanzen, landwirtschaftlichen Kulturen, Wein sowie Obstbäumen von interessierten Naturliebhabern beobachtet. Die Auswertung dieser Daten zeigt, dass standortsangepasste Pflanzen ähnlich reagieren wie die Klone in den Internationalen Phänologischen Gärten und dass sich in Deutschland die Vegetationsperiode wichtiger Laubbäume zwischen 1951 und 2000 um bis zu 2,3 Tage pro Dekade verlängert hat (MENZEL 2002). Bestimmt man die mittlere Verlängerung der Vegetationsperiode nur für die letzten 30 Jahre, so ergibt sich mit ca. 10 Tagen ein ähnlicher Wert wie für die Internationalen Phänologischen Gärten in Europa.

Die ersten Phasen im Frühjahr - wie die Blüte von Schneeglöckchen oder Forsythie - verfrühen sich dabei mit bis zu 3,2 Tagen pro Dekade (1951-2000) stärker als beispielsweise der Austrieb von

[*] PD Dr. ANNETTE MENZEL ist Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ökoklimatologie der Technischen Universität München.

Bäumen im Mai (1,7 Tage/Dekade bei Hängebirke, 1,6 bei Roßkastanie, 0,8 bei Rotbuche, 1,2 bei Stieleiche, 1,3 bei Maitrieb der Fichte) oder die Blüte von Obstbäumen (0,9 Tage/Dekade bei Süßkirsche, 1,1 bei Apfel) (vgl. Abb. 4). Die Ergebnisse an einzelnen Beobachtungsstationen variieren, insbesondere im Herbst, wie in den Karten der zeitlichen Trends in Abb. 1 ersichtlich.

Bedeutung sind. In Europa hat sich über die letzten 30 Jahre der Zeitpunkt der Laubverfärbung um 0,3 bis 1,6 Tage pro Dekade verspätet. Unter Berücksichtigung des Frühjahrs verlängerte sich hieraus die Vegetationsperiode um bis zu 3,6 Tage pro Dekade in den letzten drei bis fünf Jahrzehnten (WALTHER ET AL. 2002, MENZEL 2002).

Abb. 1: *Die Trends für Laubentfaltung (a) und Laubverfärbung (b) bei der Hängebirke (Betula pendula) in Deutschland, beobachtet zwischen 1951 und 2000 in mindestens 30jährigen Reihen*

a) Stationen mit Verspätungen □ (positiver Trend), Stationen mit Verfrühungen ○, (hellgrau schwach negativer, dunkelgrau stark negativer Trend // <> -0.2 Tage / Jahr), große Symbole: Stationen mit signifikanten Trends

b) Stationen mit Verspätungen □ (positiver Trend), Stationen mit Verfrühungen ○, große Symbole: Stationen mit signifikanten Trends

Herbstphasen

Herbstphasen wie Laubverfärbung und Laubfall tendieren zu späteren Eintrittsterminen. Diese Veränderungen variieren jedoch stärker und sind weniger einheitlich ausgeprägt als im Frühjahr. Das liegt unter anderem daran, dass bei den Herbstphasen neben der Temperatur, die nahezu ausschließlich den Eintritt des Frühjahrs steuert, auch andere Einflussgrößen, wie z. B. Wasserstress von

Andere beobachtete Phänomene

Die in Europa und Nordamerika beobachtete verlängerte Vegetationsperiode stimmt sehr gut überein mit Veränderungen, die man anhand von Vegetationsindizes aus Satellitenbildern für die mittleren und höheren Breiten der Nordhalbkugel abgeleitet hat (MYNENI ET AL. 1997, ZHOU ET AL. 2001). Auch aus dem Jahresgang des CO_2-Gehalts mit seinem winterlichen Maximum auf der

Nordhalbkugel lässt sich ein früherer Eintritt des Frühjahrs ableiten, denn die Abnahme zum sommerlichen Minimum tritt heute sieben Tage früher ein als noch 1960 (KEELING ET AL. 1996). Die Höhe dieser jährlichen Schwankungen in den CO_2-Messreihen und den Vegetationsindices aus Satellitendaten belegen auch eine verstärkte pflanzliche Aktivität während der Vegetationsperiode. Aufzeichnungen über das Auftauen und Zufrieren von Flüssen und Seen weisen ebenfalls auf eine fortschreitende Ausdehnung der warmen Jahreszeit bzw. der frostfreien Periode hin.

vorangehenden Winters und Frühjahrs gesteuert. Man kann dies in Experimenten oder anhand von Modellen zeigen, beispielsweise für den Austriebszeitpunkt von Pflanzen. Diese Informationen erlauben dann auch eine Abschätzung der Veränderungen unter verschiedenen Szenarien der zukünftigen Klimaentwicklung. Aber auch anhand von einfachen statistischen Analysen kann man nachweisen, dass die Vorverlegung des Frühjahrs eine Reaktion auf veränderte Temperaturbedingungen und damit wahrscheinlich eine ursächliche Folge der globalen Erwärmung ist.

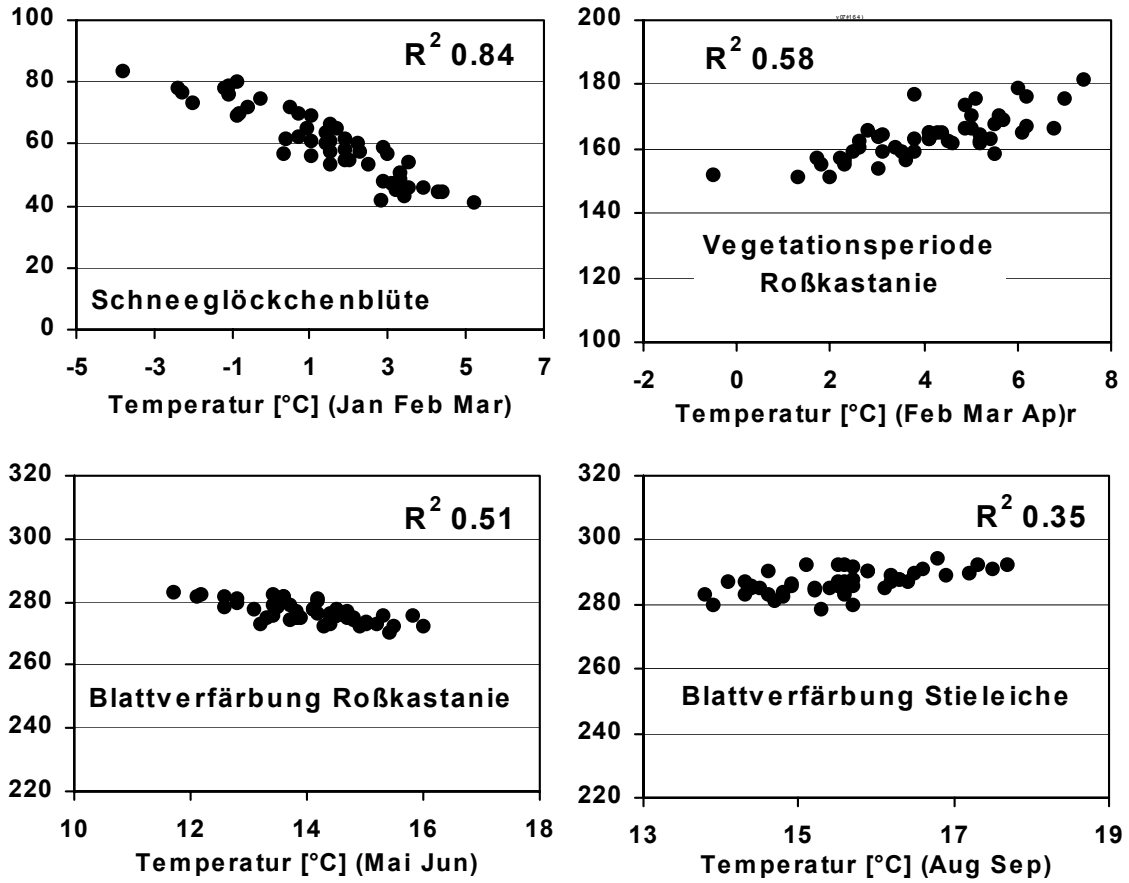

Abb. 2: Zusammenhang zwischen den mittleren Eintrittszeitpunkten von Schneeglöckchenblüte, Blattverfärbung von Roßkastanie und Stieleiche sowie der Dauer der Vegetationsperiode von Roßkastanie (nach oben aufgetragen als Tage seit Jahresbeginn bzw. Tage) und entsprechenden Monatsmitteltemperaturen (nach MENZEL 2002)

Zusammenhang mit Temperatur und anderen Umweltfaktoren

Pflanzen sind „integrierende Messinstrumente" der gesamten Witterung. Insbesondere Frühjahrs- und Sommerphasen in den mittleren und hohen Breiten sind stark von der Lufttemperatur des

Für Deutschland konnte anhand von Monatsmitteln der Lufttemperatur und der mittleren Eintrittstermine gezeigt werden, dass für Frühjahr- und Sommerphasen die Lufttemperaturen bis zu drei Monate vor deren Eintritt ausschlaggebend sind und bis zu 90 Prozent der Variation erklären. Die untersuchten Phasen verfrühen sich zwischen

2,5 und 6,7 Tagen pro Grad Celsius Erwärmung im Frühjahr. Der Zeitpunkt der herbstlichen Laubverfärbung in Deutschland dagegen ist wesentlich schlechter durch Umweltfaktoren zu erklären, sogar zwei entgegengesetzt gerichtete Temperaturfaktoren wirken: Ein warmer Spätsommer verzögert, höhere Temperaturen im Mai und Juni verfrühen dagegen die Laubverfärbung. Die Länge der Vegetationsperiode in Deutschland lässt sich je nach untersuchter Laubbaumart etwa zur Hälfte mit den Monatsmitteltemperaturen von Februar bis April erklären (Abb. 2).

Veränderungen in der Tierwelt

Die phänologische Reaktion von Pflanzen auf veränderte Temperaturen spiegelt sich auch im Tierreich wider. In Abb. 3 sind die Ergebnisse phänologischer Beobachtungen an Vögeln und Pflanzen sowie mittlere Frühjahrstemperaturen in Deutschland gegenübergestellt. Andere Beispiele aus der Tierwelt betreffen beispielsweise die Erstbeobachtung von Schmetterlingen oder das Laichen verschiedener Amphibienarten (z. B. des Laubfrosches), die an vielen Stellen nun früher beobachtet werden. Eine Vielzahl von Vogelarten in Europa und Nordamerika brütet im Mittel 6 bis 14 Tage früher als noch vor 30 Jahren. Bei den Zugvogelarten in unseren Breiten wird in den letzten Jahrzehnten ein zunehmend späterer Wegzug, ein früherer Heimzug, eine Verkürzung der Zugstrecken oder häufigeres Überwintern im Brutgebiet beobachtet. So kommen Zugvögel nun um 1,3 bis 4,4 Tage pro Dekade früher an (WALTHER ET AL. 2002).

Der Einfluss der Temperatur auf Frühjahrsaktivitäten im Tierreich konnte an zahlreichen Beispielen untersucht werden. Bei Zugvögeln spielt zusätzlich der Temperaturverlauf auf der Wanderroute eine Rolle. Die Reaktion der Vögel auf die Temperatur wird durch Tageslänge, genetische Regulationsmechanismen sowie die Populationsgröße und -dichte verändert. Deshalb ist die Reaktion bei Langstreckenziehern komplexer, von denen einige Arten keine Reaktion bzw. auch Verspätungen zeigen. Daneben dehnen südeuropäische Tierarten zunehmend ihre Verbreitungsgebiete nach Mitteleuropa aus und wandern in Mitteleuropa ein (z. B. Delta-Lehmwespe, Feuerlibelle).

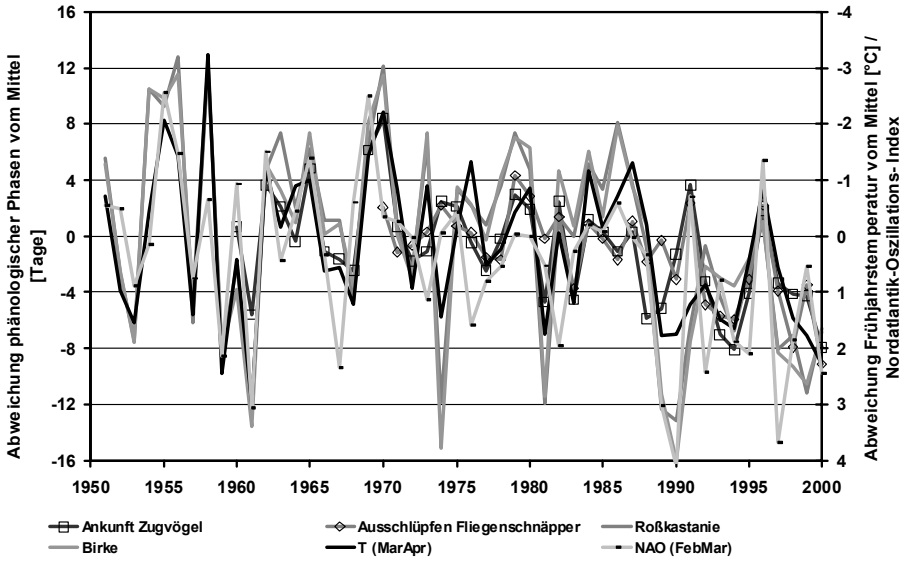

Abb. 3: *Beispiele für die Reaktion von Flora und Fauna auf die Klimaerwärmung in Deutschland (nach WALTHER ET AL. 2002)*

Unsicherheiten

Phänologische Beobachtungen hängen natürlich von der subjektiven Einschätzung und Genauigkeit der jeweiligen Beobachter ab. Zeitliche Veränderungen sind stark vom zugrundeliegenden Untersuchungszeitraum abhängig. So können längere Reihen, die beispielsweise das ganze letzte Jahrhundert abdecken, auch Zeiträume mit verspätetem Eintreten umfassen. Nicht alle Arten und Untersuchungsstandorte weisen gleichgerichtete Reihen auf. Nicht alle Veränderungen sind gleichermaßen statistisch signifikant wie die Beispiele der Abb. 1 zeigen. Kleinere Beobachtungsungenauigkeiten, unterschiedliche Untersuchungszeiträume, biologische Variabilität und Störeinflüsse der übrigen Umweltfaktoren (z. B. städtische Wärmeinseln) sorgen dafür, dass pflanzenphänologische Beobachtungen von Ort zu Ort variieren. Dies erkennt

man aber erst bei der Analyse vieler Stationen bzw. ganzer Netzwerke.

Trotz Unsicherheiten und regionaler Abweichungen besteht kein Zweifel an dem engen Zusammenhang zwischen Temperatur und Frühjahrsphasen. Phänologische und klimatologische Extremjahre entsprechen sich weitgehend. Die Frühjahre mit früheren Aktivitäten in der Pflanzen- und Tierwelt seit 1989 stellen, neben einigen anderen Jahren mit extrem früher Pflanzenentwicklung, wie 1977 oder 1926, eine Besonderheit im 20. Jahrhundert dar.

Ökologische Folgen

Die zeitlichen Verschiebungen variieren deutlich innerhalb eines Jahres. In vielen Studien wird beobachtet, dass sich Blüte oder Austrieb im Erstfrühling mehr verfrühen als die Phasen des Vollfrühlings. Abb. 3 zeigt die mittleren Änderungen (1951-2000) einzelner Phasen in Deutschland im Jahresverlauf. Aber auch unterschiedliche Reaktionen von Pflanzen verschiedener taxonomischer Gruppen und Arten sind bekannt. Eine Auswertung der ersten Blüte von 385 britischen Pflanzenarten zeigte neben einer Verfrühung im letzten Jahrzehnt große Unterschiede zwischen den Arten. So verfrühten sich einjährige Arten tendenziell mehr als mehrjährige und Insektenblütler mehr als Windblütler (FITTER und FITTER 2002). Diese Unterschiede in der Reaktion von Art zu Art werden die Struktur von Pflanzengemeinschaften verändern. Ökologische Konsequenzen könnten auch auftreten, wenn etwa Pflanzen ungleich von der verlängerten Wuchsperiode profitieren oder unterschiedlich durch Spätfröste im Frühjahr gefährdet sind. Der Beginn der frostfreien Periode in Deutschland (1951-2000) hat sich aber im Mittel stärker verfrüht als der Austriebszeitpunkt von Bäumen (siehe Abb. 4), so dass das Risiko von Spätfrostschäden nicht gestiegen sein dürfte. Die verlängerte Vegetationsperiode könnte sich, ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung vorausgesetzt, auch positiv auf das Pflanzenwachstum auswirken. So ist sie, neben der „Düngung“ durch höhere Stickstoff- und Kohlendioxidgehalte in der Atmosphäre, eine der möglichen Ursachen für die europaweit beobachtete Steigerung der jährlichen Zuwächse an Biomasse.

Die Konkurrenz zwischen Arten kann sich auch in der Tierwelt verschieben, etwa im Wettbewerb

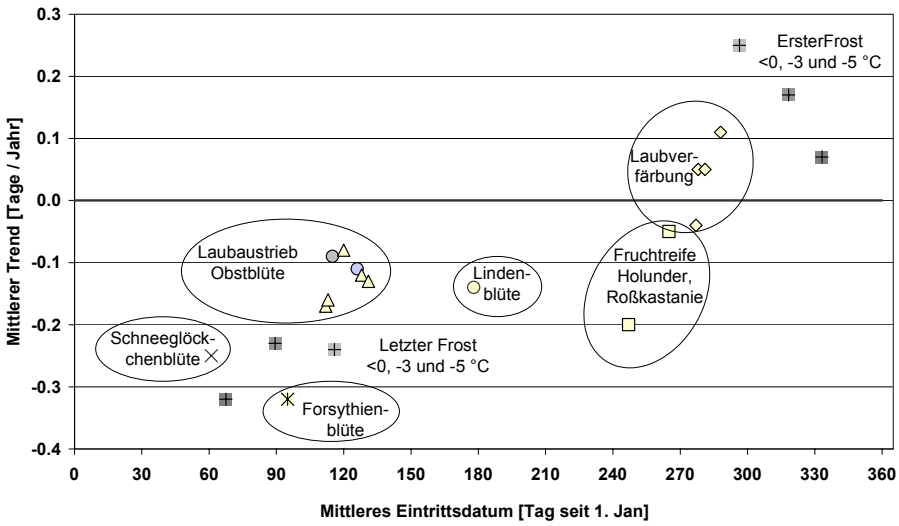

Abb. 4: *Mittlere Trends ausgesuchter phänologischer Phasen (nach MENZEL 2002) und des letzten bzw. ersten Frostes (nach MENZEL ET AL., submitted) in Deutschland*

um die besten Brutplätze, bei dem Standvögel und Kurzstreckenzieher durch stärkere Veränderung ihrer Rückkehrzeiten im Vorteil wären. Phänologische Änderungen können vielfältige Auswirkungen in Ökosystemen haben, etwa über Nahrungsketten oder Bestäubung. Das Zusammenspiel zwischen Blühzeitpunkt und Vorhandensein bestäubender Insekten, zwischen Aufbrechen der Knospen bei der Eiche und Schlüpfen der Raupen des Kleinen Frostspanners oder zwischen Brutzeitpunkt und maximaler Nahrungsverfügbarkeit bei der Kohlmeise sind Beispiele, wo die enge Synchronität in Ökosystemen gestört werden könnte (WALTHER ET AL. 2002).

Literatur

Das Literaturverzeichnis kann bei der Verfasserin angefordert werden.

Waldschutz

Klimaveränderungen und Biotische Schäden im Wald

von Margret Feemers, Markus Blaschke, Ulrich Skatulla, Hans-Jürgen Gulder[*]

Eine Aussage über die Entwicklung der Schadinsekten und ihrer Lebensbedingungen im Laufe der nächsten 50-70 Jahre ist sehr unsicher. Zwar kennen wir für etliche forstschädliche Insekten einige Voraussetzungen, unter denen sich eine Massenvermehrung entwickeln kann, aber für keinen der bei uns wichtigen Forstschädlinge sind bisher alle bedeutsamen Einflussfaktoren und Wechselwirkungen bekannt.

Entwicklungsprognose für Schadinsekten

Der Massenwechsel von Insekten wird durch komplizierte Wechselwirkungen verschiedener Einflussfaktoren gesteuert.

Tab. 1: *Einflussfaktoren für den Massenwechsel von Insekten (beispielhaft)*

Abiotisch	• Temperatur • Niederschlag • Luftfeuchtigkeit • Sonnenscheindauer • Tageslänge
Biotisch	• Parasitoide • Pathogene • Räuber • Konkurrenzverhalten • Nahrungsqualität • Fertilität

Da wir diesbezüglich weder auf historische Erfahrungen noch auf aktuelle, umfassende Erkenntnisse zurückgreifen können, sind gesicherte Aussagen nicht möglich. Es können nur sachlich begründete Hypothesen über die mögliche Entwicklung der forstlichen Schadinsekten bei den im Klimamodell unterstellten Veränderungen gemacht werden.

Im Folgenden leiten wir mögliche/wahrscheinliche zukünftige Entwicklungen aus der Kenntnis über derzeitige Verbreitungs- und potenzielle Massenvermehrungsgebiete verschiedener forstlicher Großschädlinge ab.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass zumindest bei den Insektenarten, die im Boden überwintern, um so weniger Gefahr einer Massenvermehrung besteht, je höher die Bodentemperatur und die Bodenfeuchtigkeit v.a. im Winter ist. Unter diesen Bedingungen kommt es zu einem deutlichen Anstieg der Infektion durch insektenpathogene Pilze.

Kiefernschädlinge

(Kieferneule, Kiefernspanner, Kiefernbuschhornblattwespe): Typisch für diese Arten ist, dass sie die längste Phase ihres Lebens als Puppe bzw. Kokon im Boden verbringen (ca. 3/4 ihrer gesamten Lebensdauer). Es ist bekannt, dass die Temperatur-, v.a. aber die Feuchtigkeitsverhältnisse im Boden entscheidend für die Überlebensrate dieser Stadien sind. Insektenpathogene Pilze führen bei zunehmender Bodenfeuchte und -temperatur (insbesondere in den Herbst- und Wintermonaten) zu hohen Mortalitätsraten.

Der prognostizierte Anstieg der Winterniederschlagsmenge und die leicht ansteigenden Wintertemperaturen werden sich daher auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Puppenstadien eher ungünstig auswirken. Die mild-feuchten Winter im Nordwesten Deutschlands oder auch in den Niederlanden sind ein Grund dafür, dass dort die genannten Kieferninsekten nicht oder kaum zur Massenvermehrung kommen.

Für die Wintermonate sagt das Klimamodell eine eher winterwarme und winterfeuchte Witte-

[*] Dr. MARGRET FEEMERS, MARKUS BLASCHKE und Prof. Dr. ULRICH SKATULLA sind Mitarbeiter, HANS-JÜRGEN GULDER ist Leiter des Sachgebietes V Waldökologie und Waldschutz der LWF.

rung voraus. In den bayerischen Kieferngebieten ist daher unter den genannten Bedingungen eher mit einem Rückgang der Gefährdung durch die o. g. Kieferngroßschädlinge zu rechnen.

Andere Kieferninsekten, wie z. B. der Pinienprozessionsspinner, der heute v.a. in wärmeren Regionen Südeuropas vorkommt und bei einer Klimaerwärmung evtl. auch in Bayern auftreten könnte, erreicht kein Kalamitätsniveau mit bestandesbedrohenden Fraßschäden, sondern ist primär als Hygieneschädling bekannt (Allergien beim Menschen durch Gifthaare), ähnlich wie der Eichenprozessionsspinner.

Nonne

Trocken-warme Sommerwitterung während der Flug- und Fraßzeit würde sich zunächst günstig auf die Eiablage und die Raupenentwicklung auswirken. Doch betrachtet man die Gebiete, in dem die Nonne derzeit zur Massenvermehrung kommt, so zeigt sich, dass es sich hierbei v.a. um insgesamt kühlere Kiefern- und Fichtenwälder (Tertiäres Hügelland, Oberpfälzer Wald, Oberpfälzer Becken- und Hügelland) oder um deutlich kontinental geprägte Regionen mit kalten und eher trockeneren Wintern handelt (z. B. Brandenburg, Polen). In den atlantisch getönten Gebieten im Westen und Nordwesten Europas oder auch in wärmeren Regionen (Südeuropa) spielt die Nonne weder in Fichten- noch in Kiefernwäldern eine wesentliche Rolle.

Abb. 1: *Nonne*

Borkenkäfer

Bei den Borkenkäfern, insbesondere beim Buchdrucker, zeigt sich bereits heute, dass diese Art in Deutschland grundsätzlich überall auftritt, wo die Fichte - die am besten geeignete Wirtsbaumart - vorhanden ist. Der Buchdrucker hat also ein sehr breites klimatisches Spektrum, das für seine Entwicklung gut geeignet ist. Warm-trockene Sommer wirken sich fördernd auf die Populationsentwicklung aus (raschere Entwicklung, mehr Generationen); feucht-warme Winter sind - ähnlich wie bei den Kieferninsekten - für im Boden überwinternde Käfer eher ungünstig, für die Stammüberwinterer dürfte dieser Einfluss weniger negativ sein. Während höhere Niederschläge im Winter für eine gute Wasserversorgung der Fichte im Frühjahr und damit für eine geringe Befallsdisposition sorgen, bedeuten trockene Sommer eine erhöhte Disposition der Fichte zum Zeitpunkt der Begründung der Geschwisterbruten und der 2. Generation.

Für die Entwicklung einer Borkenkäfermassenvermehrung ist allerdings zunächst das Vorhandensein von bruttauglichem Material (z. B. Schneebruch- oder Sturmwurfholz) Voraussetzung. Weiterhin benötigt der Buchdrucker dann zum Zeitpunkt seiner Schwärmzeiten optimale Witterungsbedingungen. Insgesamt ist zu erwarten, dass sich durch die prognostizierten Klimaänderungen die äußeren Bedingungen für den Buchdrucker eher verbessern. Die Schwärmzeit im Frühjahr - und damit die Beendigung der Winterdiapause - könnte bei einem früheren Vegetationsbeginn früher einsetzen. Durch höhere Sommertemperaturen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass der Buchdrucker regelmäßig mehr als zwei Generationen pro Jahr ausbilden kann. Erfahrungen aus mitteleuropäischen wärmebegünstigten Gebieten (z. B. Rheinebene, Burgenland) zeigen bei Jahresdurchschnittstemperaturen von 9,5 - 10° C und Jahresniederschlägen von 500 mm, dass die Fichte dort wegen massivem Borkenkäferbefall kaum ein Alter von 40 - 60 Jahren erreicht (BLACEK, 1996). Wenn im Fichten-Wirtschaftswald aber auch in Zukunft das Prinzip der „sauberen Waldwirtschaft“ eingehalten wird und die Sturm- oder Schneebruchhäufigkeit nicht deutlich zunehmen, muss es nicht zwangsläufig zu umfangreicheren Massenvermehrungen kommen als heute.

Laubbaumschädlinge

Das Verbreitungs- und Gradationsgebiet des Eichenwicklers reicht bis nach Nordafrika, so dass auch diese Art bereits heute ein weites klimatisches Spektrum abdeckt.

Abb. 2: *Eichenprozessionsspinner*

Für den Eichenwickler ist die zeitliche Korrelation zwischen Eiraupenschlupf und Austrieb der Eiche für eine erfolgreiche Entwicklung von entscheidender Bedeutung. Die Eiräupchen dürfen nicht zu früh schlüpfen (Knospen müssen mindestens angetrieben sein) und es darf nicht zu Spätfrostschäden kommen. Es ist nicht zu erwarten, dass diese Korrelation durch die Klimaveränderung beeinflusst wird. Da die Entwicklung bereits im Juni (Eiablage) abgeschlossen ist, hat die Sommerwitterung einen geringeren Einfluss auf diese Wicklerart als z. B. auf den Schwammspinner.

Die eher wärmeliebenden Schmetterlinge an Laubbäumen, v.a. an Eichen (Schwammspinner, Eichenprozessionsspinner), können zunächst durch wärmere und trockenere Sommer eher begünstigt werden. Zum einen könnte sich das Verbreitungsareal in Bayern ausweiten (allerdings nur unter der Voraussetzung, dass sich dort auch die Baumartenzusammensetzung zu Gunsten der Eiche verändert) und zum anderen könnte sich die Populationsdichte auf einem höheren Niveau einpendeln als heute. Es ist allerdings auch zu erwarten, dass sich die Populationsdichte der verschiedenen Parasitoide erhöhen wird. V.a. deren Imagines reagieren während ihrer Eiablagezeit sehr empfindlich auf häufige Niederschläge und würden somit durch trockene Sommer begünstigt. Es ist denkbar, dass z. B. der Schwammspinner bei konstant wärmeren und trockeneren Sommern bei uns regelmäßig in einer höheren Dichte als heute auftritt, dass es aber aufgrund der Dichteregulation durch Parasitoide nicht häufiger zu Kalamitäten kommt.

Es kann also selbst bei wärmeliebenden Insektenarten nicht davon ausgegangen werden, dass diese bei einer Klimaerwärmung auf Dauer stärker zur Massenvermehrung neigen.

Es besteht aber die Gefahr, dass durch Klimaerwärmung sich süd- und südosteuropäisch vorkommende Insektenarten auch nach Mitteleuropa ausbreiten und hier evtl. Schäden an Bäumen und in Wäldern hervorrufen könnten. Als Beispiel sei der Amerikanische Bärenspinner (*Hyphantria cunea*) genannt (BOGENSCHÜTZ, 1996).

Schlussfolgerung – tierische Schädlinge

Insgesamt ist festzustellen, dass einzelne oder mehrere trockene und warme Jahre in Folge zwar durchaus förderlich für die Entwicklung von Insektenkalamitäten (insbesondere bei blatt- und nadelfressenden Arten) sind, dass daraus aber nicht geschlossen werden darf, dass dies gleichermaßen auch für eine dauerhafte Klimaerwärmung gilt.

Die Kiefernschädlinge (Kieferneule, Kiefernspanner, Kiefernbuschhornblattwespe) werden auf Grund der zu erwartenden milderen und niederschlagsreicheren Winter eher seltener zur Massenvermehrung kommen als heute; auch bei der Nonne ist die Wahrscheinlichkeit einer Zunahme der Kalamitätshäufigkeit gering. Bei den wärmeliebenden Laubbaumschädlingen könnte es vorübergehend zu häufigeren Kalamitäten kommen. Da in Folge aber auch deren Parasitoide zunehmen werden, ist zu erwarten, dass sich die Populations-

Abb. 3: *Fraßbild eines Buchdruckers*

dichte auf einem etwas höheren Niveau als heute einpendeln wird. Auf die Borkenkäfer werden sich v.a. der frühere Vegetationsbeginn und die wärmeren und trockeneren Sommer positiv auswirken. Eine Zunahme von Schneebruch- und/oder Windwurfschäden würde die Voraussetzung für die Entwicklung von Borkenkäfermassenvermehrungen begünstigen.

Klimaveränderung und pilzliche Schaderreger an Bäumen

Durch die kurze Generationsfolge vieler parasitischer Pilze von ein bis zwei Jahren - im Verhältnis zu den oft über 100 Jahren bei ihren Wirtspflanzen - dürften sie sich relativ kurzfristig möglichen klimatischen Veränderungen anpassen können (BLACEK ET AL. 1996). Schließlich können Pilze auch über die luftverbreiteten Sporen relativ schnell neue Territorien gewinnen.

Die Entwicklung der Pilze an ihrem Standort wird von vielen Faktoren bestimmt. Darunter spielen die Temperatur und insbesondere die Feuchtigkeitsbedingungen eine entscheidende Rolle.

Betrachtet man die Verteilung von parasitischen Pilzarten auf unserer Erde, so zeigt sich, dass die Luftfeuchtigkeit zur Zeit der Sporenreife für viele Pilzarten (z. B. Kiefernschütte *Lophodermium seditiosum*, Rußige Douglasienschütte *Phaeocryptopus gaeumannii*) den entscheidenden limitierenden Faktor darstellt.

Wirkung höherer Sommertemperaturen

Auch unter den Pilzen haben einige Arten ihre speziellen Nischen gefunden. So verursacht der Erreger des **Diplodia-Triebsterbens** *Sphaeropsis sapinea* in Ländern der südlichen Hemisphäre spürbare Schäden an den Trieben zahlreicher Koniferen. Im Gegensatz zu Mitteleuropa, wo er praktisch nur die jüngsten Triebe zu infizieren vermag, tritt er in wärmeren Regionen auch an der Rinde von Ästen und Stämmen auf, was zu wesentlich stärkeren Schäden führen kann (BUTIN 1996).

Von der **Lecanosticta-Nadelbräune** der Kiefer ist die Bildung von leichteren, gut windtransportablen Sporen der Hauptfruchtform nur aus den wärmeren aber vor allem auch feuchteren Lagen der Südstaaten der USA bekannt. Im Gegensatz dazu treten in den nördlicheren Regionen der USA nur die auf Regen- und Nebeltropfen für den Transport angewiesenen Sporen der Nebenfruchtform auf. Dadurch ist die Ausbreitung hier deutlich stärker gebremst.

Auch von der **Dothistroma-Nadelbräune** der Kiefer sind aus wärmeren Regionen erhebliche Schäden in Kiefernkulturen bekannt.

Wirkung milder Winter

Für andere Arten haben die Temperaturverhältnisse während des Winters eine große Bedeutung. So überdauern einige **Phytophthora-Arten** einen milden Winter sehr viel besser. Bei mehreren milden Wintern in Folge könnten sich diese Arten möglicherweise sehr viel stärker vermehren.

Andere Pilze, exemplarisch sei hier der **Schwarze Schneeschimmel** erwähnt, haben sich an die besonderen Verhältnisse unter der Schneedecke angepasst. Sie werden sicherlich bei einer Klimaerwärmung an Bedeutung verlieren.

Schlussfolgerung – pilzliche Schädlinge

Der Zustand der Wirtsbäume spielt für die Infektion von Pilzkrankheiten eine nicht zu unterschätzende Rolle. So sind durch Wasserstress beeinflusste Bäume stärker durch eine Infektion gefährdet als optimal wasserversorgte. Z. B. reagieren Fichten auf schlecht wasserversorgten Standorten oder Eichen bei Grundwasserabsenkungen äußerst empfindlich.

Aussagen, ob bestimmte Pilzarten künftig größere Probleme in Wäldern verursachen werden, sind spekulativ und nur mit größter Vorsicht zu treffen, da genaue Untersuchungen hierzu fehlen.

Literatur

BLACEK, R. (1996): Aktueller Wissensstand über eine mögliche Klimaerwärmung, LWFaktuell Nr. 7

BOGENSCHÜTZ, H. (1996): Die Bedeutung eingeschleppter Insektenarten für die Forstwirtschaft Südwestdeutschlands, in Gebietsfremde Tierarten, ecomed 314 S.

BUTIN, H. (1996): Krankheiten der Wald- und Parkbäume: Diagnose, Biologie, Bekämpfung, 3. neubearb. und erw. Aufl., Stuttgart, Thieme, 261 S.

Wachsen Palmen bald am Chiemsee?

Welche waldbaulichen Konsequenzen werden derzeit diskutiert?

von Herbert Borchert und Christian Kölling*

Im Mittelpunkt der Diskussionen über waldbauliche Konsequenzen steht die Frage, ob bei der Verjüngung von Wäldern bereits heute in der Baumartenwahl die Auswirkungen der Klimaänderung berücksichtigt werden sollen. Bleiben Klimaänderungen in der waldbaulichen Planung unberücksichtigt, könnten bald in manchen Waldgebieten auf großer Fläche unangepasste Bestände stehen.[1] *Geht man dagegen vom schlimmsten Fall, deutlich höheren Temperaturen und geringeren Niederschlägen aus, und das Klima entwickelt sich mit höheren Niederschlägen günstiger als angenommen, dann würden sich überzogene Umbaubemühungen mit trockenheitsresistenten Baumarten als Fehlinvestitionen erweisen. Mit der hier vorgestellten Literaturstudie soll der Stand der gegenwärtigen Forschung wiedergegeben werden.*

Die Entscheidung eines Waldbesitzers für die eine oder andere Baumart hängt selbstverständlich von seinen Zielen ab. Hier wird angenommen, dass neben dem grundlegenden Ziel, den Wald zu erhalten, auch das betriebliche Ziel besteht, aus dem Wald ein möglichst sicheres Einkommen zu erwirtschaften.

In der Literatur werden zwei Wege der Baumartenwahl unterschieden. Die eher traditionelle Methode der Förster/innen orientiert sich an der **standortsbezogenen Anbaueignung** der Baumarten, die infolge der Klimaänderung nun einem Wandel unterliegen kann. Nach dem zweiten Ansatz wird die **natürliche Waldgesellschaft** als Anhalt verwendet. „Grundlage dieses Konzepts ist die Annahme, dass naturnahe Ökosysteme stabiler gegenüber Störungseinflüssen sind.“[2]

Baumarten wählen, die an den Standort angepasst sind

LINDNER (1999 a u. b) empfiehlt, ökologische Indizes, wie z. B. die Temperatursumme während der Vegetationszeit, als Maß für die Anpassung einer Baumart an bestimmte Klima- und Standortsbedingungen zu verwenden. „Mit solchen Indizes lassen sich Wachstumsbedingungen eingrenzen, unter denen eine Baumart förderungswürdig ist.“[3] So lautet auch die Empfehlung von FELBERMEIER,[4] „die klimatische Belastbarkeit von Baumarten aus dem gegenwärtigen Zusammenspiel von Wald und Klima abzuleiten.“ Kennen wir aus Klimaprognosen z. B. die erwartete künftige Temperatursumme für ein Gebiet, können wir anhand der Indizes die geeigneten Baumarten auswählen. Dabei darf aber die Bedeutung der jeweiligen Bodenverhältnisse (Wasserspeicherkapazität und Anschluss an das Grundwasser) nicht vernachlässigt werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass Veränderungen in der Wasserverfügbarkeit grundsätzlich bedeutsamer sind als Temperaturänderungen. „Die Wasserverfügbarkeit scheint ein Schlüssel-Umweltfaktor bei der Vorhersage darüber zu sein, wie sich die Waldstruktur und Artenzusammensetzung an die künftige Klimaänderung anpassen wird.“[5,6] Der Wasserhaushalt von Waldbäumen ergibt sich nicht allein aus den fallenden Niederschlägen, sondern er resultiert aus dem komplizierten Wechselspiel von Niederschlag, Bodenspeicherung und Verdunstung. So bedeutet mehr Niederschlag nicht zwangsläufig einen verbesserten Wasserhaushalt, wenn dieser Niederschlag nicht gespeichert wird oder wenn sich der Verdunstungsanspruch der Atmosphäre gegenläufig ändert. Aufgrund der höheren Temperaturen wird die Transpiration der Wälder auf jeden Fall steigen. Nur wenn die Niederschläge soweit zunehmen, dass die höhere Verdunstung ausgeglichen wird, und nur, wenn diese

* Dr. HERBERT BORCHERT ist Mitarbeiter im Sachgebiet III Waldbau und Forstplanung, Dr. CHRISTIAN KÖLLING ist Mitarbeiter im Sachgebiet II Standort und Umwelt der LWF.

zusätzlichen Niederschläge auch im Boden gespeichert werden können, wird die Wasserversorgung nicht verschlechtert.[7] Außerdem ist es notwendig, die saisonale Verteilung der Niederschläge zu kennen, um die Auswirkungen auf das Ökosystem vorherzusagen. „Weil unter den geänderten Klimabedingungen ein großer Teil des im Boden verfügbaren Wassers bereits im Winter und Frühjahr verdunstet ist, wird die Verdunstung der Bäume von Juli bis September durch den Bodenwassergehalt viel stärker begrenzt“, so die Ergebnisse einer Studie von HERBST und HÖSSMANN (1998) an einem 100-jährigen Buchenbestand in Norddeutschland. Daher ist es wohl zweckmäßig, wie von HEINING 1996 skizziert, die Anbaueignung der Baumarten unter geänderten klimatischen Bedingungen sehr differenziert standortspezifisch einzuschätzen.

Dieser Methode, die Anbaueignung unter geänderten Klimaverhältnissen als Kriterium der Baumartenwahl zu verwenden, kann entgegengehalten werden, dass sie die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Arten ignoriert. Allerdings lassen sich die Konkurrenzverhältnisse durch die steuernde Hand der Förster/innen regulieren. „Die Klimaplastizität der Baumarten lässt sich (...) erhöhen, wenn durch menschliche Hilfestellungen die für die natürliche Arterhaltung kritische Verjüngungs- und Jugendphase überbrückt wird.“[8] „Ist die ökophysiologische Eignung von einzelnen Arten für einen bestimmten Standort geklärt, können unter dem Gesichtspunkt der Soziabilität waldbaulich sinnvolle Mischungstypen zusammengestellt werden“, so STEINER und LEXER (1998) mit Verweis auf SCHÜTZ (1994). Das heißt, durch flächige Mischungen können auch im Wettbewerb schwache Arten erhalten werden. Dies setzt aber eine Bestandbegründung durch Pflanzung oder Mischungsregulierungen im Fall von Naturverjüngung voraus. Sofern die Förster/innen finanziell aus dem Vollen schöpfen können, mag dies kein Problem darstellen. Nach den Zielen einer naturnahen Forstwirtschaft sollen jedoch alle Möglichkeiten der biologischen Automation ausgenutzt und teure steuernde Eingriffe minimiert werden. Problematisch an diesem Ansatz erscheint zudem, dass die Baumarten als homogene Einheiten betrachtet werden. Tatsächlich haben wir es mit unterschiedlichen Rassen, Herkünften oder Ökotypen zu tun, die sicher nicht einheitliche physiologische Grenzen haben. So kann z. B. „angenommen werden, dass bei der Buche Regelmechanismen zur Anpassung an Trockenstress bestehen, die in verschiedenen Ökotypen unterschiedlich stark ausgeprägt sind.“[9] Was nutzt die

Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft auswählen

Ausdruck aller wirkenden Standortskräfte ist die natürliche Waldgesellschaft. Das ist diejenige Waldzusammensetzung, die sich ohne steuernden Einfluss des Menschen allein aufgrund der vorhandenen Kombination von Standortsgrößen einstellt. In der Übersichtskarte „Regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns“ ist diese Waldzusammensetzung im regionalen Maßstab für die derzeit wirkenden Standortsgrößen dargestellt. Die natürlichen Waldgesellschaften sind durch Baumartenzusammensetzungen gekennzeichnet, die sich aufgrund der standörtlichen Konkurrenzsituation ergeben würden, wenn forstliche Eingriffe unterblieben. Zur Lebensgemeinschaft der natürlichen Waldgesellschaft gehören aber auch die Bodenpflanzen sowie die Tier- und Mikroorganismen-Gemeinschaften.

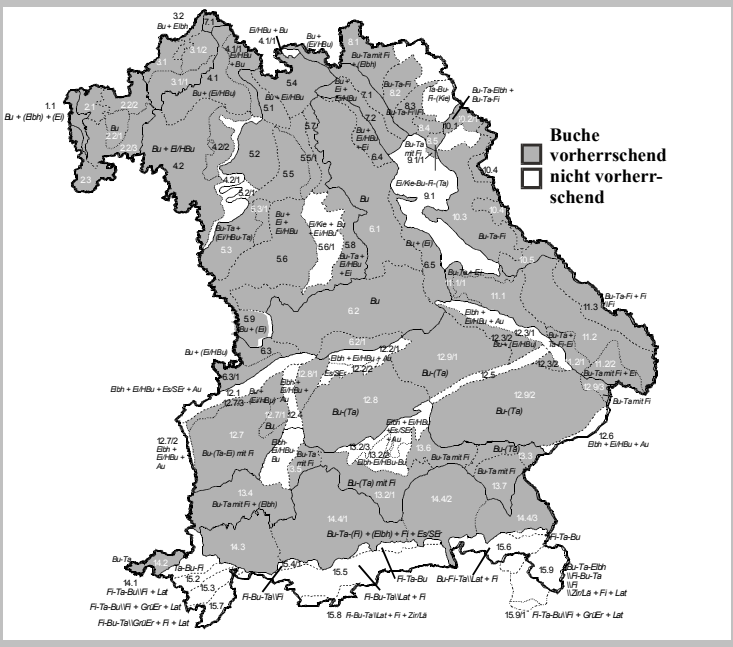

Abb. 1: Regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns

Buchenland Bayern heute

Nach den gegenwärtig herrschenden Standortbedingungen wäre Bayern heute ein Buchenland. Keine andere Baumart kann sich unter diesen Voraussetzungen so effektiv behaupten wie die Buche: Zum einen sind in Bayern Klima und Böden ausgesprochen buchenfreundlich, zum anderen besitzt die Buche mit ihrer Kombination aus Schattenwurf und Schattentoleranz die größte Behauptungskraft unter den einheimischen Baumarten. Zwei der bestimmenden Standortsgrößen für die Vorherrschaft von Buchenwäldern sind im sogenannten „Ellenberg-Diagramm“ dargestellt. Die zwei Dimensionen dieses Diagramms, ökologische Feuchtestufe des Bodens und vorherrschende Bodenreaktion, sind zwei wesentliche Achsen im mehrdimensionalen Standortsraum. Weitere Achsen wären die Kontinentalität des Klimas oder die Länge der Vegetationsperiode. Unsere grafischen Möglichkeiten versagen allerdings bei der Darstellung von mehr als dreidimensionalen Standortsräumen. Das Prinzip ist aber das gleiche: Der mehrdimensionale Standortsraum wird durch mehrere Achsen definiert. Im „Ellenberg-Diagramm“ wie auch im gedachten mehrdimensionalen Standortsraum ist das Zentrum von Buchenwaldgesellschaften ausgefüllt, deren ökologische Amplitude zwischen den Grenzlinien aufgespannt ist (Abb. 3). Die vielen anderen Waldgesellschaften finden sich ausschließlich an den Rändern des Standortsraums. Buchenwälder sind durch mittlere Standortsverhältnisse gekennzeichnet, andere Waldgesellschaften nehmen die mehr oder weniger extremen Randbereiche ein. Dies sind z. B. Standorte mit besonderem Bodenwasserhaushalt (zu trocken, zu nass) und Standorte mit zu kurzer Vegetationsperiode (im Gebirge).

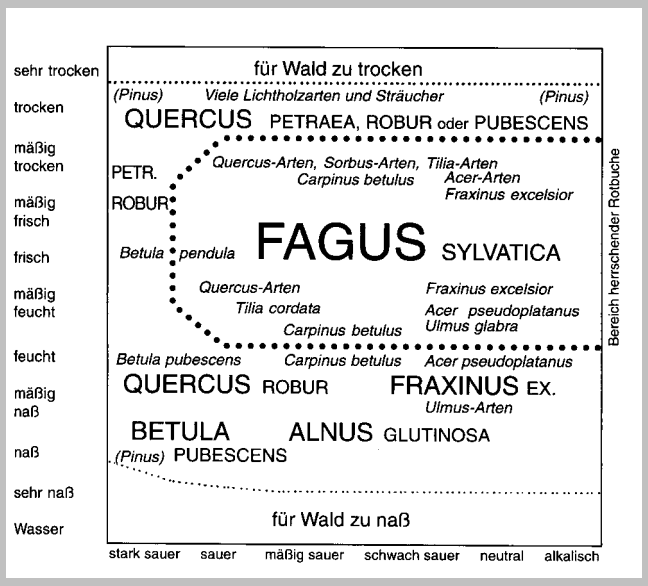

Abb. 2: „Ellenberg“-Diagramm für Baumarten

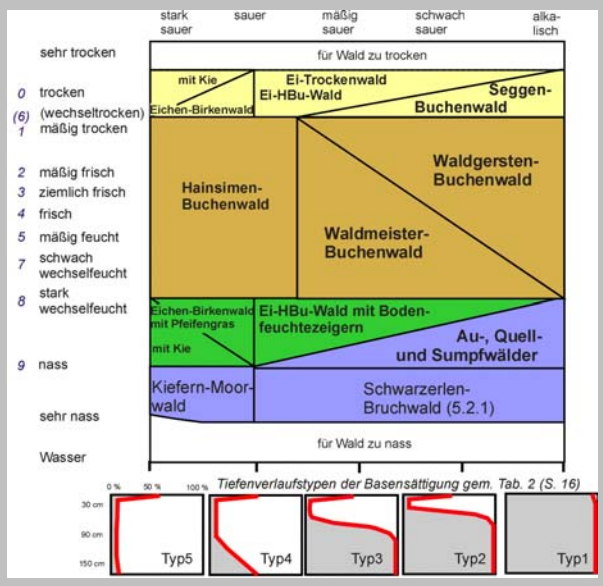

Abb. 3: „Ellenberg“-Diagramm für die Waldgesellschaften in Bayern.

Feststellung, dass die Buche in Griechenland bei weitaus höheren Temperaturen als in Bayern existiert,[10] wenn Herkünfte von dort sich beim Anbau in Bayern womöglich nur durch Krüppelwuchs auszeichnen würden?

Wie werden sich die natürlichen Waldgesellschaften verändern?

Um die Auswirkungen einer Klimaänderung auf die natürliche Zusammensetzung der Waldgesellschaften abzuschätzen, werden zwei Wege beschritten:[11]

Zum einen werden die ökologischen Faktoren wie Temperatur und Niederschlagsmenge ermittelt, welche heute die Arealgrenzen der verschiedenen Vegetationsgesellschaften bestimmen. Auf Klimamodelle gestützt werden für ein Untersuchungsgebiet Szenarien des Klimawandels formuliert, d.h. bestimmte Konstellationen „veränderter“ ökologischer Faktoren angenommen. **Sodann werden**

die Pflanzengesellschaften ermittelt, die sich in die neuen Rahmenbedingungen einfügen lassen. Auf diesem Weg wird die „neue“ potentielle natürliche Vegetation bestimmt.

Buchenland Bayern morgen?

In Bayern werden sich die durch den Klimawandel induzierten Standortsveränderungen nur an den Rändern des Standortsraums der Buchenwaldgesellschaften deutlich bemerkbar machen. Die im Zentrum befindlichen Buchenwaldgesellschaften (vgl. Kasten) sind ziemlich robust gegenüber den Veränderungen einzelner oder mehrerer Standortsgrößen, solange sie diese Veränderungen nicht außerhalb des derzeitigen Herrschaftsbereichs von Buchenwaldgesellschaften führen. Erst wenn die Grenze dieses Bereichs überschritten wird, ist mit gravierenden Veränderungen im Gefüge der Waldgesellschaften zu rechnen: so können Standorte, die derzeit noch nicht befähigt sind, Buchenwaldgesellschaften zu tragen, buchenfähig werden. Umgekehrt können andere Standorte auch die Eigenschaft verlieren, Buchenwälder zu tragen.

In den bayerischen Gebirgen werden nach einer Klimaerwärmung Buchenwaldgesellschaften die heutige Höhengrenze der Buchenwälder überschreiten. Diese wird vor allem von der Länge der Vegetationsperiode bestimmt. Die teilweise bedeutsamen Flächengewinne gehen zu Lasten der sich oberhalb anschließenden natürlichen Fichtenwälder. An der Trockengrenze der Buchenwälder, die auf Tonböden in sommerwarmer Klimalage (Beckenlagen) erreicht wird, dürfte es hingegen zu geringfügigen Flächenverlusten kommen. Buchenwälder verlieren hier zugunsten von Eichen-Hainbuchenwäldern und Eichen-Trockenwäldern an Terrain. Der Grundcharakter des Buchenlandes Bayern dürfte aber auch bei deutlichen Klimaänderungen durch diese Flächenverschiebungen kaum gefährdet werden. Der größte Teil der Waldfläche Bayerns liegt dem von Buchenwäldern dominierten Zentrum des Standortsraums sehr nah und ist dadurch vor gravierenden Veränderungen in der natürlichen Waldzusammensetzung sicher. Hier werden mit und ohne Klimaänderung Buchenwälder vorherrschen, wenn auch mit möglicherweise leicht abgewandelter Mischbaumartengarnitur.

Waldsukzessions-Modelle

Der zweite Ansatz, mit dem die Veränderung der natürlichen Waldgesellschaften abgeschätzt werden kann, verwendet **Computer-Modelle, die Wachstum, Zerfall und Regeneration der Pflanzen auf Kleinflächen simulieren, wobei diese Prozesse artspezifisch von den ökologischen Faktoren gesteuert werden.** Wenn geänderte Umweltfaktoren in das Modell eingesteuert werden, verschiebt sich die Artenzusammensetzung entsprechend. Hält man die geänderten Umweltbedingungen konstant und simuliert viele Regenerationszyklen, kann sich eine stabile Vegetationsgesellschaft etablieren, die wiederum als „neue“ potentielle natürliche Vegetation betrachtet werden kann. Diese Modelle werden als Waldsukzessions-Modelle bezeichnet.[12,13]

Kritik an den Verfahren

Gegen die Methode, die Waldgesellschaften räumlich so zu verschieben, dass sie sich in den neuen Standortsraum einfügen, richtet sich folgende Kritik:

1. Die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Baumarten können sich im Zuge des Klimawandels ändern.[14] Daher können unter veränderten Umweltbedingungen auch Baumartengesellschaften entstehen, die in der pflanzensoziologischen Nomenklatur heute unbekannt sind.[15] Auch aus der Vergangenheit sind Vegetationsgesellschaften bekannt, für die es heute keine Entsprechung gibt.[16] Außerdem sind die natürlichen Waldgesellschaften in Mitteleuropa das Ergebnis der individuellen Reaktion der Baumarten auf die Umweltverhältnisse im Holozän und die artspezifische Einwanderungsgeschichte, weshalb ein einfaches Verschieben der hochaggregierten Variable „potentielle natürliche Vegetation“ entlang von Temperatur- oder Niederschlagsgradienten kaum geeignet ist, die Folgen der Klimaänderung abzuschätzen.[17]

2. Solange nicht wieder stabile Klimaverhältnisse einkehren, hat es wenig Sinn, eine „neue“ potentielle natürliche Vegetation zu bestimmen. Tatsächlich deutet derzeit nichts darauf hin, dass der Klimawandel in absehbarer Zeit zum Stillstand kommen könnte.[18] Unsere Kenntnisse über das Wachstum der Wälder beruhen auf der Annahme,

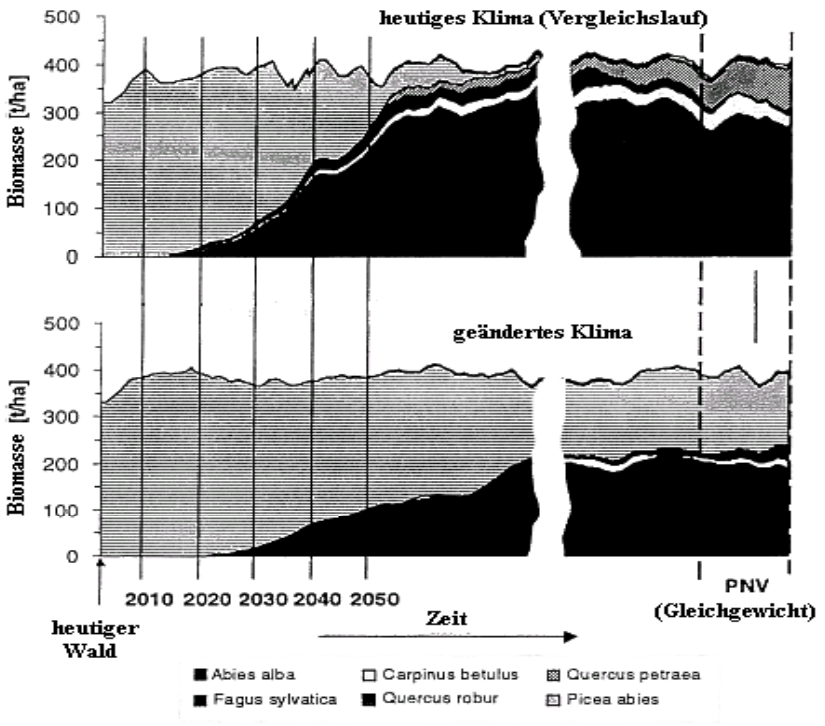

Abb. 4: *Ein Beispiel dafür, wie die Auswirkungen des Klimawandels anhand von Waldsukzessions-Modellen bestimmt werden (Quelle: LEXER ET AL. 2002, S. 59, übersetzt)*

dass die klimatischen Verhältnisse konstant sind. „Durch große klimatische Veränderungen im Laufe eines Baumlebens wird (...) ein neuer Erfahrungsbereich betreten, in dem die bisherigen Erkenntnisse über das Verhalten des Waldes nicht empirisch überprüft sind.“[19] Allerdings besitzen viele natürliche Waldgesellschaften auch eine sehr weite ökologische Amplitude, sodass sie zumindest für einen langen Zeitraum des Klimawandels als die „gültige“ potentielle natürliche Vegetation betrachtet werden können.

Dem zweiten Ansatz der Modellierung der Waldsukzession wird folgende Kritik entgegengehalten:

1. „Um auf empirisch-wissenschaftlicher Grundlage Prognosen treffen zu können, müssen Modelle an empirischem Material überprüft werden. Eine solche Überprüfung ist aber für den Fall der erwarteten Klimaänderungen nicht möglich, da derartige Entwicklungen seit Beginn der Klimaaufzeichnungen nicht beobachtet wurden und auch nicht für die Vergangenheit rekonstruiert werden konnten.“[20] Die Entwickler der Waldsukzessions-Modelle versuchen deshalb, ihre Modelle ersatzweise dadurch zu überprüfen, dass sie diese auf Standorte von bestehenden Urwäldern anwenden und testen, ob unter den heutigen Klimabedingungen die Simulation tatsächlich auf die Artenzusammensetzung der Urwälder hinausläuft.[21,22] Die Anwender dieser Modelle räumen jedoch ein, dass ihre Ergebnisse nicht als Vorhersagen interpretiert werden sollten.[23]

2. „Diese Modell-Ansätze ignorieren die Tatsache, dass die räumliche Verbreitung einer Art den Einfluss sowohl des Klimas als auch anderer Umweltfaktoren reflektiert, worunter die Konkurrenz mit anderen Baumarten, Bodenmerkmale, Ausbreitungshindernisse und die Verbreitung von Schadinsekten und Pilzkrankheiten gehören.“[24] Werden die Arealgrenzen der Arten allein dem Klimaeinfluss zugeschrieben, müssen diese Modelle die Rolle des Klimas überschätzen.

Natürliche Waldgesellschaft und Wirtschaftswald

Es stellt sich nun die Frage, wie eng wir uns bei der Baumartenwahl an die natürliche Waldgesellschaft anlehnen sollen. Schließlich zeigt sie uns lediglich den Rahmen, in dem sich eine Baumart im natürlichen Wettbewerb behaupten kann. Tatsächlich wachsen viele Baumarten in Mitteleuropa außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes und zeigen dort, wie z. B. die Fichte, sogar eine größere Produktivität als innerhalb ihres natürlichen Areals. Sicher sollte bei der Baumartenwahl die natürliche Waldzusammensetzung nicht zum Dogma erhoben werden, sondern es sind in vielen Fällen ökonomische und ökologische Modifikationen dieses Modells möglich und geboten. Es gilt aber zu bedenken, dass alle forstlich bedingten Abwandlungen der natürlichen Waldgesellschaften selbst bei unverändertem Klima langfristig nur über forstliche Maßnahmen

zu erhalten sind. So würde die Fichte ziemlich bald aus dem Flachland verschwinden, wenn diese Baumart nicht durch z. B. Waldschutzbemühungen andauernd forstlich unterstützt würde, wie uns Beobachtungen in den Naturwaldreservaten gezeigt haben. Bei veränderten Standortsbedingungen wird sich die Intensität erhöhen, mit der man künftig die Existenz dieser gesellschaftsfremden Arten sichern muss. Die Waldbesitzer stecken hier in einem Dilemma. Gäbe es kein Risiko, wären die Ertragsaussichten bei der Wahl von gesellschaftsfremden Arten, wie z. B. der Fichte in weiten Teilen des Flachlands, auf jeden Fall höher. Tatsächlich ist die Entscheidung für solche Arten mit einem sehr viel größeren Risiko verbunden als die Wahl von Arten der natürlichen Waldgesellschaft, zumindest müssen für gesellschaftsfremde Arten künftig noch höhere Aufwendungen geleistet werden, um das Risiko eines vorzeitigen Ausfalls zu begrenzen. Dagegen sind leichte Abwandlungen von der natürlichen Waldgesellschaft ohne größere Gefahren möglich.

Auf die Mischung kommt es an

Schließlich sind natürliche Buchenwaldgesellschaften häufig mischbaumartenarm, weil die Buche kaum Mitbewerber duldet. Aus wirtschaftlichen Gründen wird sich deshalb anbieten, die natürliche Baumartengarnitur von Buchenwaldgesellschaften mit Mischbaumarten anzureichern. Häufig erhöht man dabei lediglich den Bestockungsanteil der von Natur aus seltenen Mischbaumarten. Dieses Verfahren gewinnt angesichts der bevorstehenden Klimaänderungen an Bedeutung. So kann es geboten sein, an der Trockengrenze der Buchenwaldgesellschaften die Eiche im Vorgriff der natürlichen Entwicklung stärker am Bestandsaufbau zu beteiligen. Mit Eichen angereicherte Mischwälder sind dann für künftige Trockenperioden besser gerüstet als die natürlicherweise fast reinen Buchenbestände, die zur Zeit noch die natürliche Waldgesellschaft bilden. An der Höhengrenze der Buche im Gebirge würde eine schrittweise Erniedrigung des Fichtenanteils zugunsten der Buche der natürlichen Entwicklung teilweise vorgreifen. Wenn der Baumartenwechsel schrittweise und nur über die Steuerung des natürlichen Mischbaumartenanteils erfolgt, entstehen angepasste, risikoarme Bestockungen. Diese sind sowohl im Hinblick auf die gegenwärtigen, als auch im Hinblick auf kommende Standortsverhältnisse standortsgemäß, wie es das Waldgesetz für Bayern fordert und die ökonomische Vernunft nahe legt. Derartige Bestockungen sind mit einer ganzen Bandbreite möglicher Standortsveränderungen verträglich, sie würden sogar mit einem ausbleibenden oder stark verzögerten Klimawandel verträglich sein. Sind die fraglichen Baumarten bereits im Bestand vorhanden, so kann die Umrüstung der Bestände auf die künftigen Standortsverhältnisse bereits jetzt Zug um Zug durch steuernde Pflegeeingriffe eingeleitet werden. Dabei sollten lange Zeiträume der natürlichen Verjüngung angestrebt werden. Bei langen Verjüngungszeiträumen können viele Individuen fruktifizieren und ihre genetische Information weitergeben.[25] Eine große genetische Vielfalt erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass genügend Individuen vorhanden sind, die den Wechsel der Umweltbedingungen vertragen.

Sollen Gastbaumarten, wie z. B. die Douglasie, oder die Fichte, beteiligt werden, muss die Anbaueignung der jeweiligen Baumart bzw. Herkunft beurteilt werden. Die Douglasie erscheint im Hinblick auf die Klimaänderung weniger problematisch als die Fichte, vor allem wenn es sich um Herkünfte aus südlicheren, sommertrockenen Gebieten ihres Areals in Nordamerika handelt.[26] Zu Problemen kann es bei der Baumart Fichte außerhalb ihres natürlichen Areals vor allem in den Gebieten kommen, in denen sie schon gegenwärtig an der Grenze ihrer Wachstumsmöglichkeiten steht.[27] Ein in Bayern problematisches Gebiet könnte z. B. das Oberpfälzer Becken- und Hügelland sein. Für die westliche Oberpfalz wird ein besonders starker Anstieg der Sommertemperaturen erwartet.[28] Gerade hier vollzieht sich gegenwärtig ein Baumartenwechsel von der Kiefer zur Fichte, worauf Auswertungen von betrieblichen Inventurdaten für den Staatswald hindeuten. Offenbar haben sich dort während der vergangenen Jahrzehnte die Konkurrenzverhältnisse zwischen beiden Arten zugunsten der Fichte verändert. Dennoch sollten die Waldbesitzer dort nicht vorrangig auf die Fichte setzen. Möglicherweise werden sich die Konkurrenzverhältnisse schon bald wieder verändern. Hier sollten andere Baumarten, wie z. B. die Eiche oder Buche,

gefördert oder, wenn sie nicht vorhanden sind, durch Voranbau in die Wälder eingebracht werden.

Behutsames Vorgehen

Mag der Klimawandel auch schneller als erwartet eintreffen, so zwingt uns bei der Baumartenwahl nichts zu überstürztem Vorgehen. Abgesehen davon, dass sich im Kern des Buchenwaldgebiets die natürliche Waldzusammensetzung kaum ändert, sind unsere bewirtschafteten Wälder nicht schutzlos den Veränderungen ausgeliefert. In bewirtschafteten Wäldern lassen sich veränderte Konkurrenzbeziehungen zwischen den Baumarten im Zuge der Durchforstung leicht ausgleichen. Ebenso kann man auf veränderte Beziehungen zwischen Wirt und Schadorganismen mit Forstschutzmaßnahmen reagieren. Auf diese Weise lässt sich der Klimawandel durch behutsames und langsames Vorgehen forstlich begleiten. Dies gelingt mit geringerem Aufwand, wenn es sich um standortsgemäße Mischbestände handelt, die sich sowohl an der gegenwärtigen, als auch an der vermuteten zukünftigen natürlichen Waldgesellschaft orientieren. Diese Mischwälder weisen auch die größte Widerstandskraft gegenüber Stürmen auf, deren Häufigkeit und Stärke vermutlich zunehmen wird.

Die skizzierten waldbaulichen Grundelemente der Beachtung der natürlichen Waldgesellschaft, der Begründung und Pflege von Mischbeständen und des langsamen Vorgehens entsprechen ohnehin den Zielen einer naturnahen Forstwirtschaft, wie sie in den Waldbaugrundsätzen für den Bayerischen Staatswald[29] (2002) niedergelegt sind. Den Gefahren der Klimaänderung soll im Staatswald mit Risikominderung begegnet werden, indem die Stabilität der Wälder erhöht und das Risiko gestreut wird. Die Weichen dazu werden heute gestellt. In weiten Bereichen ist der Staatswald auf dem besten Weg. Es stehen dort aber noch genügend Aufgaben an. Wer sich als privater oder kommunaler Waldbesitzer den Zielen einer naturnahen Forstwirtschaft anschließt, kann den Klimaänderungen gelassen entgegen sehen.

Literatur

Anmerkungen zum Text:

1 LINDNER, 1999a S. 11
2 STEINER und LEXER, 1998, S. 93
3 LINDNER, 1999 b
4 FELBERMEIER, 1993, S. 165
5 REYNOLDS ET AL. 2001, S. 547 Ziff. 7
6 vgl. auch FABIAN u. MENZEL, 1998, S. 352
7 LASCH ET AL., 2002, S. 167
8 HOFMANN, 2002, S.171
9 SCHRAMML u. RENNENBERG, 2000, S. 60
10 BLACEK ET AL. 1996, S. 7
11 THOMASIUS, 1991, S.317
12 KIRSCHBAUM u. FISCHLIN, 1996, S. 105
13 siehe auch FELBERMEIER, 1993, S. 70
14 PRETZSCH, DURSKY, 2002, S. 151
15 STEINER u. LEXER, 1998, S. 93
16 HEBDA, 1998, S. 195
17 STEINER u. LEXER, 1998, S. 93
18 SOLOMON, 1996, S. 493
19 FELBERMEIER, 1993, S. 88
20 FELBERMEIER, 1993, S. 165
21 BADECK ET AL., 2001
22 BUGMANN, 2001
23 KIRSCHBAUM u. FISCHLIN, 1996, S. 105
24 LOEHLE u. LEBLANC 1996 S. 1
25 EBERT, 1996
26 THOMASIUS, 1991, S. 323
27 THOMASIUS, 1991, S. 322; PRETZSCH u. DURSKY, 2002, S.150
28 BAYERISCHER KLIMAFORSCHUNGSVERBUND, 1999, S. V u. 72
29 BAYER. STAATSFORSTVERWALTUNG, 2002

Das Literaturverzeichnis kann bei den Verfassern angefordert werden.

Rede anlässlich des Aktionstages Rio+10 an der LWF am 20.Oktober 2002 in Freising

Nachhaltigkeit - ein moderner Begriff, der aus der Forstwirtschaft kommt

von Josef Miller*

Auf der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED) 1992 in Rio de Janeiro haben 178 Staaten auf den dringenden Handlungsbedarf zur Rettung der Erde hingewiesen und grundlegende Vereinbarungen zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung in ökologischer, ökonomischer und sozialer Ausgewogenheit getroffen. Mit dem Begriff der nachhaltigen Entwicklung hat sich in Rio die Welt auf ein neues Leitbild für eine zukunftsweisende Politik verständigt. Kerndokument der Vereinbarungen ist die Rio-Agenda 21, das Aktionsprogramm für den Übergang in das 21. Jahrhundert.

Das Wort Agenda kommt aus dem Lateinischen und bedeutet sinngemäß: „Was zu tun ist". Die Rio-Agenda 21 steht für eine Vereinigung von Umwelt- und Entwicklungsinteressen zu einer globalen Partnerschaft im 21. Jahrhundert. Das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung reicht damit weit über den Umweltschutz hinaus.

Der Weltgipfel zur nachhaltigen Entwicklung 2002 in Johannesburg hat der Politik auf vielen Feldern neue Impulse gegeben. Zehn Jahre nach Rio war es Zeit, kritisch Bilanz zu ziehen, Kurskorrekturen vorzunehmen: Wo sind Ansätze gelungen, wo gibt es Verbesserungsmöglichkeiten, wo zeigen sich neue Chancen?

Umsetzung in Bayern

Die Bayerische Staatsregierung hat die von Rio ausgehenden Impulse frühzeitig aufgegriffen. Wesentliche Schritte zur Konkretisierung waren der Umweltpakt Bayern 1995 und die Veröffentlichung der Bayern-Agenda 21 im Jahr 1997. Mit ihr hat die Bayerische Staatsregierung als erstes Land umfassend auf die Herausforderung von Rio geantwortet. Die Bayern-Agenda 21 fasst unsere Leitvorstellungen für eine nachhaltige und zukunftsfähige Entwicklung des Freistaates zusammen.

Mit dem Aktionsprogramm „Nachhaltige Entwicklung Bayern" und der „Bilanz zur Bayern-Agenda 21" hat die Bayerische Staatsregierung der Öffentlichkeit zehn Jahre nach Rio eine erste Zwischenbilanz ihrer Arbeit vorgelegt.

Das Aktionsprogramm „Nachhaltige Entwicklung Bayern" definiert kurz, klar und prägnant die aus staatlicher Sicht erforderlichen Ziele - soweit möglich und sinnvoll in quantifizierter, messbarer Form. Gleichzeitig stellt es die wichtigsten Initiativen und Maßnahmen vor, mit deren Hilfe die gesteckten Ziele erreicht werden sollen.

Ziele und Maßnahmen des Aktionsprogramms wollen wir - wo immer möglich - in Kooperation mit den Beteiligten in Gesellschaft, Wirtschaft, Politik und Staat verwirklichen. Dahinter steht die Erkenntnis, dass eine nachhaltige Entwicklung in Bayern nicht von oben verordnet werden kann, sondern das Zusammenwirken aller gesellschaftlichen Gruppen braucht. Ressortübergreifendes, vernetztes Denken, der Abgleich ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte und aktuelle gesellschaftliche Entwicklungen gewinnen dabei immer größere Bedeutung.

Nachhaltigkeit strebt die Bayerische Staatsregierung nicht nur in der Umweltpolitik an, sondern in allen Lebensbereichen, also für Bildung, Gesundheit und Familien ebenso wie im Energiesektor, im Finanzwesen und seit langem in der Land- und Forstwirtschaft. Dabei setzen wir auf gezielte Anreize zu nachhaltigem Handeln, auf Eigenverantwortung sowie auf Information und Kooperation.

* JOSEF MILLER ist Bayerischer Staatsminister für Landwirtschaft und Forsten.

10-Punkte-Programm Rio+10 in Bayern

Eine Politik nach dem Grundsatz der Nachhaltigkeit gestaltet ganz wesentlich die Zukunft unserer Gesellschaft. Ich sehe es deshalb als unsere Verpflichtung, die Vorteile dieser Vorsorgepolitik immer wieder öffentlich hervorzuheben und das nachhaltige Denken im Bewusstsein der Bürger zu verwurzeln.

Im Jahr des Gipfeltreffens von Johannesburg hat die Bayerische Staatsregierung in dem 10-Punkte-Programm Rio+10 in Bayern eine Reihe beispielhafter Projekte zusammengestellt. Sie zeigen ganz konkret, wie eine nachhaltige Entwicklung in Bayern verwirklicht wird. Beispiele aus dem breiten Spektrum sind:

- Neue Richtlinien für die Umweltbildung an den Schulen sollen langfristig zum Wissen über die Umwelt beitragen und eigenverantwortliches Handeln stärken.
- Ein Wasserstoffprojekt am Flughafen München fördert den Einsatz dieser sauberen und zukunftsweisenden Energie im Alltagsbetrieb (Shuttle-Busse).
- Im Rahmen der ökologischen Siedlungsentwicklung werden Projekte unterstützt, bei denen (belastete) Brachflächen in einem Flächenrecycling wieder zu grünen Wohnanlagen oder in Freizeitgelände umgewandelt werden.

Nachhaltigkeit und Forstwirtschaft

Einen wesentlichen Beitrag zum 10-Punkte-Programm Rio+10 in Bayern hat unsere Forstwirtschaft unter dem Motto „High-Tech und nachhaltige Forstwirtschaft“ erbracht. Sie gestaltet auch die drei Aktionstage, die in Freising, im Nationalpark Bayerischer Wald (Forschung über Waldökosysteme) und am Amt für Forstliche Saat- und Pflanzenzucht in Teisendorf (Forstgenetik) stattfinden.

Das hat einen besonderen Hintergrund: Nachhaltigkeit ist keine Erfindung des Rio-Gipfels und auch nicht erst im letzten Jahrhundert erdacht. Ihre Wurzeln liegen im Wald. Die Pioniere der Nachhaltigkeit waren Forstleute.

***Abb. 1**: Methoden forstlicher Nachhaltigkeit: Gemischter und gestufter Wald* *Quelle: StMLF*

So ist die Geschichte der Bayerischen Staatsforstverwaltung zugleich die Geschichte der geregelten Forstwirtschaft in Bayern. Als Kurfürst Max III. Joseph vor genau 250 Jahren (1752) die Gründung einer eigenständigen Forstkommission anordnete, waren Bayerns Wälder in einem jämmerlichen Zustand. Holz war der wichtigste Rohstoff. Übernutzungen hatten das einst dichte Waldkleid jedoch durchlöchert. Streunutzung, Waldweide und überhöhte Wildbestände verhinderten, dass natürliche Verjüngung die Lücken wieder schloss.

Hauptaufgabe der damaligen Forstleute war es, neue Wälder zu pflanzen. Pläne wurden aufgestellt, um die Versorgung mit dem unentbehrlichen Rohstoff Holz langfristig zu sichern - damit war der Gedanke der Nachhaltigkeit geboren.

Heute haben wir diese Idee zu unserem umfassenden Leitmotiv für Pflege und Nutzung des Wal-

des erweitert. Das gilt beispielsweise für den Wasser- und Lawinenschutz, die Erholungs- und Bildungsfunktion, die Rolle als vielseitiger Naturraum und als Heimat einer Fülle von Tier- und Pflanzenarten.

Das ganze Bündel der Leistungen auch für unsere Kinder und Enkel zu erhalten, erfordert ständigen Einsatz. Seit langem steigende Laubholzanteile im Staats- und auch im Privat- und Körperschaftswald tragen dazu bei, langfristig stabile und gesunde Mischwälder zu schaffen, die auch den Ansprüchen künftiger Generationen voll entsprechen.

Forstleute und Waldbesitzer sind sich ihrer Verantwortung für unsere Zukunft bewusst. Dass ihr Handeln den Anspruch einer umfassenden Nachhaltigkeit nach zukunftsweisenden Kriterien erfüllt, beweist auch die erfolgreiche Zertifizierung nach dem paneuropäischen Forstzertifikat PEFC. Mittlerweile unterliegen 70 % der bayerischen Wälder den strengen Kriterien dieses unabhängigen Systems. Damit ist die Forstwirtschaft ein Paradebeispiel und Vorbild nicht nur für Nachhaltigkeit, sondern auch für die Ganzheitlichkeit modernen Denkens und Handelns.

Waldforschung

Erfolgreiche Forstwirtschaft ist ohne moderne Forschung nicht denkbar. Lange Wuchszeiträume und vielfältige Einflüsse von außen machen den Wald zu einem facettenreichen Naturwunder, dessen Komplexität auch langjährige Praktiker immer wieder auf die Probe stellt.

Eine praxisorientierte Forschung, wie sie hier im forstlichen Teil des Grünen Zentrums Weihenstephan geleistet wird, trägt wesentlich dazu bei, *„Licht in des Wissens Nacht“* zu bringen, wie es der Forstklassiker Georg Ludwig Hartig (1764-1837) formuliert hat, und so die naturnahe und nachhaltige Bewirtschaftung ständig zu verbessern.

Zentrum Wald Forst Holz Weihenstephan

Um dieses Ziel optimal verwirklichen zu können, haben wir im Februar 2002 das Zentrum Wald Forst Holz Weihenstephan als Pilotprojekt aus der Taufe gehoben. Damit soll die Bindung zwischen den drei forstlichen Institutionen am Standort Weihenstephan noch enger als bisher werden. Es sind dies:

- die forstlichen Lehrstühle der Technischen Universität München,
- der Fachbereich Wald und Forstwirtschaft der Fachhochschule Weihenstephan und
- die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft als Einrichtung der Bayerischen Staatsforstverwaltung.

Die räumliche Nachbarschaft und die sich ergänzenden Aufgaben bieten beste Voraussetzungen für die Ausschöpfung zusätzlicher Synergieeffekte. Ich persönlich bin ein großer Befürworter dieses einzigartigen Zentrums, in das ich hohe Erwartungen setze.

Alle drei beteiligten Partner sind den Geheimnissen des Waldes bereits heute mit modernsten Methoden auf der Spur. In zahlreichen Schriften und mit vielen weiteren Informationsangeboten stellen sie schon heute ihr Wissen den Waldbesitzern zur Verfügung. Mit dem Grünen Zentrum soll die Umsetzung von Forschungsergebnissen in die Praxis noch ein Stück „kundenorientierter“ werden. Dazu gehören die punktgenaue Erhebung des Forschungsbedarfs, die institutionsübergreifende Koordinierung der Forschungsarbeiten, der zielgruppengerechte Wissenstransfer und eine effiziente Öffentlichkeitsarbeit.

Die Aufbereitung von Forschungsergebnissen für die Praxis trägt wesentlich zu einem modernen Erscheinungsbild des Forstsektors in der breiten Öffentlichkeit wie auch unter Experten bei. Mit dem neuen Zentrum haben die Praktiker haben nun einen Ansprechpartner, der fundiert wissenschaftliche Auskünfte zu allen forstlichen Fragen und Problemen geben kann.

Der Grundstein für das Zentrum Wald-Forst-Holz wurde bereits mit der Neustrukturierung des Hochschulstandortes Weihenstephan gelegt und wird jetzt mit einem richtungsweisenden Konzept in die Tat umgesetzt. Einen wesentlichen Teil der Projektfinanzierung hat die Bayerische Staatsforstverwaltung übernommen.

Forstliche Ausbildung

Neben der Forschung ist eine fundierte Ausbildung des forstlichen Nachwuchses Grundlage einer auf Dauer nachhaltigen Forstwirtschaft. Die Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der Technischen Universität München und der Fachbereich Wald und Forstwirtschaft

der Fachhochschule Weihenstephan sind zwei tragende Säulen dieser Ausbildung in Bayern.

Ich werde mich in enger Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftsministerium und den Hochschulen weiterhin dafür einsetzen, dass das Studienangebot in den forstlichen Studiengängen auch künftig der Tatsache gerecht wird, dass in Bayern über 2,5 Millionen Hektar Wald wachsen, die im Sinne der gesamten Gesellschaft effizient zu bewirtschaften sind. Der Ministerrat hat zuletzt am 8.10.2002 die Weichen in diese Richtung gestellt und damit unseren bisherigen Kurs bestätigt.

Aktionstag Rio+10

Mit dem Aktionstag Rio+10 wollen wir zeigen, dass Forstwirtschaft und Forstwissenschaft in Bayern auf eine stolze Tradition blicken und gleichzeitig modern, ganzheitlich, zukunfts- und zielbewusst Verantwortung für das Grüne Drittel in Bayern übernehmen. Die Beschlüsse von Rio aus dem Jahre 1992 sind dabei eine wichtige Richtschnur.

Diese Veranstaltung steht auch stellvertretend für eine Fülle anderer Projekte, die zeigen, dass das Ideal der Nachhaltigkeit in Bayern ernst genommen wird.

Forstwirtschaft und Forstwissenschaft haben eine Vorreiterrolle beim Thema Nachhaltigkeit und Generationen übergreifendes Denken. Sie können dabei mit Stolz auf den bereits zitierten Georg Ludwig Hartig verweisen, der schon vor 200 Jahren (1804) den Grundgedanken der Nachhaltigkeit in treffende Worte fasste: *„Jede weise Forstdirektion muss daher die Waldungen (...) so hoch als möglich, doch so zu benutzen suchen, dass die Nachkommenschaft wenigstens ebensoviel Vorteil daraus ziehen kann, wie sich die jetzt lebende Generation zueignet.“*

Abb. 2: *Methoden forstlicher Nachhaltigkeit: Laubholz – Voranbau unter Nadelbäumen* *Quelle: StMLF*

Festvortrag anlässlich des Aktionstages Rio+10 an der LWF am 20.Oktober 2002

Wurzeln der Nachhaltigkeit

von Hans-Joachim Weimann*

Um Wurzeln soll es gehen. Wer nach Wurzeln sucht, muss sich bücken, muss graben, muss aufdecken, wird entdecken. Das Bloßlegen von Wurzeln ist gefährlich. Ein plötzliches Ende des aus der Wurzel Entstandenen kann geschehen.

Es war einmal ein forstlicher Fachbegriff, die N a c h h a l t i g k e i t . Dies dauerte fast 300 Jahre lang - seit Hans Karl von Carlowitz dieses Wort verwendet hat.

Das Wort gab es schon früher. Seine Spuren sind spärlich. Eine sehr alte wurde bei dem Verfasser eines deutsch-lateinischen Lexikons im 16ten Jahrhundert entdeckt. Josua Maaler (1529-1599), der sich Pictorius nannte, hat es 1561 in Zürich drucken lassen, „die teutsch sprach, alle wörter, namen und orten zu reden in hochteutscher sprach ... mit gutem latein verdolmetscht". Der Bearbeiter des siebten Bandes vom Grimm'schen Wörterbuch fand dort: „eim ding fleiszig nachhalten" übersetzt mit „assectare". Im Formalbesitz des „Großen Latinums" aus glücklichen „Vor-Pisa-Zeiten" und im Sachbesitz von Menge-Güthling´s Latinisch-deutschem Hand- und Schulwörterbuch" komme ich dann in die Nähe von beständiger Gefolgschaft eines Bewerbers um ein politisches Amt.

Vor einer Verirrung in den Niederungen der Wahlkampfteams oder der Begrifflichkeit von Lebensabschnittsgefährten sei Einhalt geboten. Mit dem Verweis auf Kurt Kehrs altsprachliche Analyse in der „Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen" vom August 1993 folgt, festeren Boden suchend, eine Rückkehr zum forstlichen Sprachgebrauch.

Hans-Karl von Carlowitz, sächsischer Berghauptmann, ist der Verfasser eines Buches über die Ökonomie der Waldkultur, die „Silvicultura oeconomica", 1713 erschienen. Darin finden sich unter anderem folgende Worte: „Wenn nicht ... alle ersinnliche Mittel angewendet werden, dass eine Gleichheit zwischen An- und Zuwachs und zwischen dem Abtrieb derer Hölzer erfolget, so ... muss ... Mangel entstehen ... Wird derhalben die größte Kunst, Wissenschaft, Fleiss und Einrichtung hiesiger Lande darinnen beruhen, wie eine sothane Conservation und Anbau des Holzes anzustellen, dass es eine continuierliche, beständige und n a c h h a l t e n d e Nutzung gebe; weilen es eine unentbehrlich Sache ist, ohne welche das Land in seinem Esse nicht bleiben mag."

Damit war ein wegweisendes Forstwort geboren. Es folgten fast 300 Jahre der Begriffsklärung, der Begriffsentwicklung und Begriffsverwendung. Und die Frage lohnt sich, was Förster darunter verstanden haben.

Zwischen Carlowitz und den sogenannten forstlichen Klassikern gibt es schöne Schriften von Zinck, Beckmann, Zanthier und v. Burgsdorff. Als Vertreter der „K l a s s i k e r" stehe hier Georg Ludwig Hartig. Oft wird seine Forderung einer Verantwortung für künftige G e n e r a t i o n e n zitiert: „Besonders wichtig .. ist die Taxation der Forste zur Bestimmung des gegenwärtigen und künftigen n a c h h a l t i g e n Holzertrages der Waldungen, oder die Errichtung eines zuverlässigen Natural-Forst-Ertrags; denn es lässt sich keine dauerhafte Forstwirthschaft denken und erwarten, wenn die Holzabgabe aus den Wäldern nicht auf N a c h h a l t i g k e i t berechnet ist. Jede weise Forstdirection muss daher die Waldungen des Staates, ohne Zeitverlust, taxieren lassen, und sie zwar so hoch als möglich, doch so zu benutzen suchen, dass die Nachkommenschaft wenigstens ebenso viel Vortheil daraus ziehen kann, als sich die jetzt lebende Generation zueignet" (Anweisung zur Taxation und Beschreibung der Forste, (4), Gießen 1819, auf

* Prof. Dr. HANS-JOACHIM WEIMANN war bis 1997 Direktor der Hessischen Forstlichen Landesanstalt in Gießen.

S.1). Hartig hat bei diesen Sätzen vor allem an Holz gedacht, musste an Holz denken, weil damals die Holznot oder die Angst vor ihr im Vordergrund stand. Noch fünfzig Jahre darauf lag die Hessen-Darmstädtische Statistik entdeckter Holzdiebstahlsdelikte eines Jahres bei 20 % der Einwohnerzahl. Georg Ludwig Hartig hat allerdings auch ökologische Zusammenhänge bedacht und beachtet und sich um die Erschließung stadtnaher Wälder für die Erholung tatkräftig gekümmert.

Gustav Baader, Gießen, hat schließlich in seinem Lehrbuch über forstliche Inventur und Planung die Nachhaltigkeit als D a u e r , S t e t i g k e i t u n d G l e i c h m a ß verstanden. Wenn man das so formuliert, schließt sich gleich die Frage an: von was? Und so ist es wohl ordentliches Begriffsverständnis, dass man, wenn man Nachhaltigkeit sagt, also Dauer, Stetigkeit und Gleichmaß meint, auch sagen muss, f ü r w a s man Dauer, Stetigkeit und Gleichmaß will. Man kann einen Zustand meinen, der dauern soll, oder eine Wirkung, die von Jahr zu Jahr in gleicher Weise andauernd, stetig und gleichmäßig zustande komme. Welche Wirkungen das sein sollen, das wurde in der deutschen Forstgeschichte recht unterschiedlich gesehen, je nach den Nöten und der Notwendigkeit. Es ist schließlich eine forstliche Gemeinsamkeit zustande gekommen, die das mögliche Maximum der Wertigkeit aus der Erfüllung aller Funktionen des Waldes, der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen will. Also: Dauer, Stetigkeit und Gleichmaß des höchstmöglichen Wertes aus der Gesamtheit der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen!

Das Nachhaltigkeitsprinzip ist logisch. Es war folgenreich und erfolgreich. Jenes Wort gab es auch im forstfachlichen englischen Sprachgebrauch. Dort hieß es „sustainability“. Dann ist etwas geschehen, das ich für ein sprachliches Unglück halte. Und ich rede jetzt nur von Sprache, in der naiven Meinung, dass Sprache der Verständigung wegen da sei und nicht der Verschleierung wegen. Da erscheint dann plötzlich eine Kombination, die heißt „sustainable development“. Das übersetze ich trivial als ständige Entwicklung und halte es für eine sprachliche Missgeburt. Geburtshelfer war die Brundtland-Kommission, Geburtstag und -ort im wesentlichen

Abb. 1: *Hans-Karl von Carlowitz*

die Konferenz von Rio. Einen Vater gab es auch, den als Naturschutz-Experten bekannten Inder Nitin Desai. Er befasste sich vor allem mit der Frage, wie Entwicklung und Umweltschutz miteinander verknüpft werden können, um folgenden Generationen eine intakte Natur und Wohlstand zu hinterlassen. Diese vor allem für Entwicklungsländer drängende Fragestellung leuchtet ein. Sustainable development aber ist ein irreführendes Wortkleid dafür, nachvollziehbar vielleicht von der Nahtseite her, irreführend in der äußeren Erscheinung.

E n t w i c k l u n g u n d N a c h h a l t i g k e i t muss es heißen, oder E n t w i c k l u n g z u r N a c h h a l t i g k e i t h i n ! „Nachhaltige Entwicklung“ aber ist gut gemeinter sprachlicher Unfug!

Wenn man sehr sinnvoll etwas Dynamisches zu dem konservativen Begriff der Nachhaltigkeit hinzunimmt, nämlich die Einsicht, dass es vielerorts Entwicklung geben muss, dass investiert und verbessert werden muss, dann kann man es nur so sagen: wir wollen entwickeln, bis wir einen Zustand oder eine Wirkung erreicht haben von dem/der wir dann wünschen, er/sie soll möglichst bleiben. Also: E n t w i c k l u n g z u r N a c h h a l t i g k e i t !

Erfreulich ist es auch nicht, wenn die Wortfolge sustainable development als „nachhaltige Entwicklung“ sehr häufig verwendet wird, ohne dass etwas gesagt wird zum „Was“ und „Wohin“. Wenn dies nicht deutlich wird, handelt es sich um eine wohlklingende Verschleierung. Vielleicht wird auch manchmal eine mit Gutem, Schönem, Hochwertigem assoziierte Wortfolge gebraucht, um n i c h t sagen zu müssen, was man als Gutes, Schönes und Wertvolles meine.

Ein Tiefpunkt der Begrifflichkeit dürfte sich soeben ereignet haben, als ein prominenter Politiker die Absicht zu höherer Staatsverschuldung „nachhaltig“ nannte. So war das Wort nicht gemeint. Auch die verstärkte Belastung künftiger Generationen kann eine Zeit lang dauern. Diese Zeit aber ist endlich.

Die sprachlichen Aspekte, die bei fast 300-jähriger forstlicher Begriffsentwicklung wirksam gewesen sind, bleiben auch unabhängig von der f o r s t l i c h e n Begriffsverwendung wichtig. Um nicht missverstanden zu werden: ich bemerke schon, dass die f o r s t l i c h e Herkunft des Wortes „Nachhaltigkeit“ heute nicht betont, oft auch nicht gewusst wird. Ein fachlicher Alleinanspruch wäre töricht. Der Frage nach den Gründen plötzlicher forstlicher Unbedeutung bei der semantischen Geschichte eines Forstwortes und der Unnützlichkeit des begleitenden forstlichen Erfahrungsschatzes sollte man nicht ausweichen. Handelt es sich um Oberflächlichkeit und Vergesslichkeit oder gar um bösen Willen ?

Die g l o b a l e Betrachtung will mir nicht gelingen. Aus den vielen Meldungen aus Johannesburg ergab sich kein Hinweis auf eine angemessene Zuwendung zu den großen Gefährdungsproblemen der Wälder. In den Nachrichten habe ich das Wort Wald gesucht, es nur zufällig und im Versteck gefunden. In Johannesburg ist aber viel herausgekommen. Die 50.000 Menschen, die da hineingekommen sind, mussten ja wieder herauskommen. Warum große Probleme einer Riesen-Menschenmengen-Konferenz bedürfen, entzieht sich meinem Vorstellungsvermögen.

Was D e u t s c h l a n d betrifft, so sei statt des wissenschaftlichen Versuchs einer Analyse von zwei Ereignissen erzählt, die ein Schlaglicht werfen mögen:

Im März 2001 wenden sich die Präsidenten des Forstwirtschaftsrats, der Waldbesitzerverbände, des Forstvereins und des Holzwirtschaftsrats wegen eines soeben ohne forstliche Beteiligung gegründeten „Rats für Nachhaltige Entwicklung“ an den Herrn Bundeskanzler und bieten „freundlichst“ an, die „Kompetenz und Erfahrung, über die gerade die deutsche Forst- und Holzwirtschaft im Zusammenhang mit der Nachhaltigkeit verfügt“, mit einbringen zu dürfen. „Da der Gedanke und der Begriff der Nachhaltigkeit ursprünglich von deutschen Forstleuten geprägt wurde und sie seit über 250 Jahren grundlegende Handlungsmaxime in der deutschen Forstwirtschaft ist, könnte die Kompetenz des Rates für Nachhaltige Entwicklung durch Fachvertreter der Forstwirtschaft hervorragend ergänzt werden.“ Geantwortet wird dem Herrn Präsidenten des Forstwirtschaftsrats am 17. April, und zwar so: „Der Bundeskanzler hat mich gebeten, Ihnen für Ihr Schreiben vom 26. März 2001 zu danken. Des weiteren möchte i c h Ihnen für Ihr Angebot, dass sich die deutsche Forst- und Holzwirtschaft in Form eines oder mehrerer Vertreter in den Rat für Nachhaltige Entwicklung einbringen könnte, danken. Leider muss ich Ihnen mitteilen, dass die Mitglieder des Rates inzwischen schon ernannt wurden. Die Ratsmitglieder repräsentieren entsprechend dem Leitbild der Nachhaltigkeit breit gefächerte ökologische, ökonomische und soziale Belange, die bei der nationalen Strategie auch eine Rolle spielen. Dabei wird auch der Naturschutz bedacht. So gehört mit dem DNR-Präsidenten ... ein prominenter Vertreter der Naturschutzverbände, der sich in den vergangenen Jahren bereits engagiert für eine nachhaltige Forstpolitik eingesetzt hat, dem Rat an. Vor diesem Hintergrund kann sich die Forstwirtschaft insbesondere über dieses Mitglied des Rates .. in den Rat für Nachhaltige Entwicklung mit einbringen. Ich bitte Sie, den übrigen Unterzeichnern Ihres Schreibens den Inhalt dieser Antwort in geeigneter Form zur Kenntnis zu geben.

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrag ... (Ein mir nicht bekannter Name).

Die Nennung des Naturschutzpräsidenten führt die Erinnerung zu einem Vorfall, der sich im Jahre 1996 ereignet hat. Auf Veranlassung der Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz (LANA) wurde für das Bundesgebiet ein Arbeitskreis „Wald und Naturschutz“ gegründet. Einige Ministerien entsandten Forstleute, die sie als fachlich kompetent und erfahren erachteten. Deren Anwesenheit wurde bei der ersten Sitzung übel vermerkt. Bereits 14 Wochen darauf fand eine Konferenz der Landesämter für Naturschutz statt. Man beschloss, den soeben gegründeten Arbeitskreis „Naturschutz und Wald“ „wegen unzureichend klarer Orientierung“ aufzulösen und einen Arbeitskreis „Wald und Naturschutz“ neu zu gründen, beides zu einem Tagesordnungspunkt protokolliert.

Solches geschieht Forstverwaltungen, die in Deutschland allesamt einer großen Vielfalt der Zielsetzung folgen und auf Forstgesetze verpflichtet sind, die des Gemeinwohls und der Nachhaltigkeit wegen zustande kamen. Als Partnerin der Ökologie andererseits wäre die Klugheit besser als die Machtgier. Mit Verzweiflung wird auf Zeichen eines zornigen und angemessen lautstarken Protests vergeblich gewartet.

Aus der Verzweiflung formt sich die demütige Bitte. Lasst wenigstens das forstliche Wort nicht leiden, wenn Ihr die Förster nicht liebt! Nachhaltigkeit ist ein gutes Wort. Es sollte richtig und gut verwendet werden.

Dieser Bitte an die Allgemeinheit folge zuletzt eine Zuwendung zu den Förstern. Nachhaltigkeit optimaler Wirkungen des Waldes setzt Nachhaltigkeit seines optimalen Zustandes voraus. Dieser wiederum bedarf der Nachhaltigkeit forstlicher Gestaltung. Im Jahre 1814 wurde von einer Begegnung Friedrich Schillers bei Ilmenau mit einem Forsteinrichter, einem Inventur- und Planungsfachmann, berichtet. Der Dichter habe sich dessen Zahlen- und Gedankengebäude erklären lassen und es sehr bewundert. „Eures stillen Fleißes Früchte reifen der späten Nachwelt noch“, soll Schiller gesagt haben. Aus der weit unterschiedlichen Lebenserwartung eines Försters und der Bäume folgt zwingend die wichtigste Besonderheit unseres Berufs und unserer Berufung.

An die Zukunft vor allem müssen wir denken, wenn wir die uns anvertrauten Bäume sehen. Bei dem gegenwärtigen Nutzen ist Förstern zu danken, die ihn zuvor bewirkt haben durch Begründung und Pflege. Das Weitergeben der Pflicht von Generation zu Generation kann nur geschehen, wenn es immer wieder folgende Generationen gibt, wenn es

Abb. 2: *Georg Ludwig Hartig*

junge Förster geben darf in nötiger Zahl. Hier aber ereignet sich derzeit ein schlimmes und wohl verhängnisvolles Unglück. Dem Nachwuchs wird die Berufschance immer weniger und weniger gegeben. Eine Forstpartie, die sich nicht verjüngt, stirbt schnell. „Ihres stillen Fleißes Früchte“ sind gefährdet. Auch die Forstpartie bedarf der Nachhaltigkeit. Die Nachhaltigkeit des Waldes und seiner Nutz-, Schutz- und Erholungswirkungen wurzelt in forstlichen Köpfen. Das wichtige und richtige Prinzip der Zukunftsvorsorge braucht gebildete, wissende Menschen, die sich darum kümmern. Bitte genug!

Und damit sei es genug!

Noch bevor es ein Wort dafür gab wurde sie bereits praktiziert

Nachhaltigkeit - eine Idee aus dem Mittelalter?

- Wie es dazu kam, dass wir unsere Wälder nachhaltig bewirtschaften -

von Joachim Hamberger[*]

Wenn man die Bedeutung des Waldes als Energie- und Rohstoffquelle in der Vergangenheit adäquat würdigen will, kann man nicht umhin Vergleiche mit heutigen Wirtschaftszweigen anzustellen. Gas-, Strom-, Ölindustrie stellen heute die Energien zur Verfügung, die früher allein der Wald lieferte. Baustoffe, die heute aus Stein, Ziegel, Metall oder Kunststoff gefertigt sind, waren früher ausschließlich aus Holz. Man denke nur an den Fachwerkbau. Schon das Wort Wand macht klar, welche Bedeutung Holz seit der Steinzeit im Hochbau hatte: es geht auf *„winden“* zurück, was zum Ausdruck bringt, dass Wände früher aus Weidenruten geflochten und diese anschließend mit Lehm verschmiert wurden.

Der Wald, der heute multifunktional ist, hatte im Bewusstsein der damaligen Menschen eine reine Wirtschaftsfunktion.

Der Begriff Nachhaltigkeit taucht erst in der Neuzeit auf, im forstlichen Sinne wird er erst im Barock, oder wenn man es geistesgeschichtlich einordnet, in der Aufklärung verwendet. Aber das gilt nur für das Wort an sich. Nachhaltiges Handeln und das Bewusstsein um das Prinzip der Nachhaltigkeit sind jedoch schon viel älter. Bereits in der Bibel sind solche Prinzipien genannt. Bei uns reichen sie, in Weistümern fassbar, weit ins Mittelalter zurück. Auch wenn dieses Handeln damals noch nicht mit einem eigenen Wort umschrieben wurde.

Man merkte schon in der damaligen Agrargesellschaft, dass auch das kräftigste Wachstum seine Grenzen in den beschränkt vorhandenen Ressourcen hat. Dies führte zu Regelungen, die zum Ziel hatten, im Wald das Holz dauerhaft und gleichmäßig zu produzieren, damit jährliche Nutzungen möglich waren. Die mittelalterlichen Stadtgemeinschaften und auf dem Land die Markgenossenschaften mussten mit zunehmender Bevölkerungsexpansion die Nutzung am und im Wald regeln und zwar so, dass jeder Markgenosse auf dem Land und jeder Gewerbetreibende in der Stadt zu seinem Recht bzw. seinem speziellen Waldrohstoff kam. Eine Fülle von Spezialanforderungen war zu befriedigen. Der Wald war die entscheidende Ressource der Gesellschaft, Holz war zentraler Bau- und Energiestoff der ganzen Epoche. So hat die Nachhaltigkeit einen genossenschaftlichen und einen industriellen Entstehungszweig.

Markgenossenschaftliche Wurzeln

Die mittelalterlichen Dorfgemeinschaften lebten und arbeiteten viel enger zusammen als dies heute vorstellbar ist. Neben einer relativ kleinen Fläche, die zur privaten Nutzung gedacht war, gab es große Flächen, die im Gemeinbesitz standen, die sogenannte Allmende. Dabei handelte es sich v.a. um Weide- und Waldflächen. Mit dem gewaltigen Bevölkerungsanstieg im Hochmittelalter (Abb. 1) mussten zum einen Waldflächen gerodet werden, um Ackerfläche für die Ernährung zu schaffen,

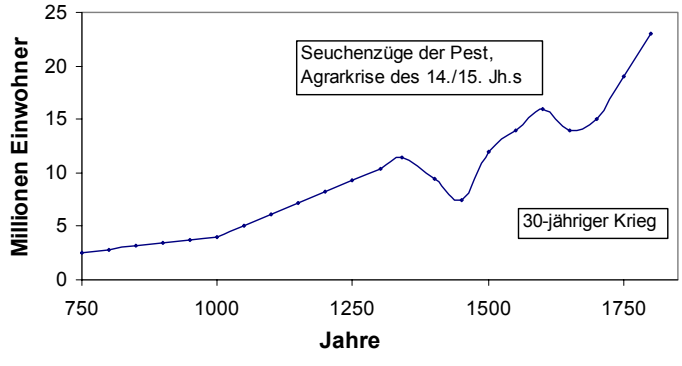

Abb. 1: *Die Bevölkerung Deutschlands nahm kontinuierlich zu und damit auch die Ansprüche an den Wald.*

[*] Dr. JOACHIM HAMBERGER ist Mitarbeiter im Sachgebiet L Leitung und zuständig für die LWF-Veröffentlichungen.

zum anderen musste aus dem kleiner gewordenen Wald aber auch der gewachsene Bedarf an Bauholz und Brennholz für die größer gewordene Gemeinschaft gedeckt werden. Um eine geregelte Versorgung sicherzustellen, entstanden so zunächst im Wald Flächen gleicher Größe, die in einem bestimmten, periodisch wiederkehrenden Rhythmus geerntet wurden. Bei vielen Laubholzarten schlägt aus den Stöcken neuer Wald aus, der wegen des vorhandenen Stockwurzelwerkes besonders schnell und kräftig heranwächst. Auf diese Art und Weise war durch den Stockausschlag, die strikte Flächeneinteilung und die periodische Wiederkehr des Einschlags die *Niederwaldwirtschaft* geboren. Sie lieferte jährlich gleiche Flächen und damit annähernd auch gleiche Holzerträge. Erste, unsichere Schrifttumshinweise auf Niederwald gibt es aus dem 8. Jahrhundert in den bayerischen Volksrechten. Sicher nachweisbar ist er in Urkunden aus dem Aachener, Speyerer und Erfurter Raum, die aus dem 13. Jahrhundert stammen.

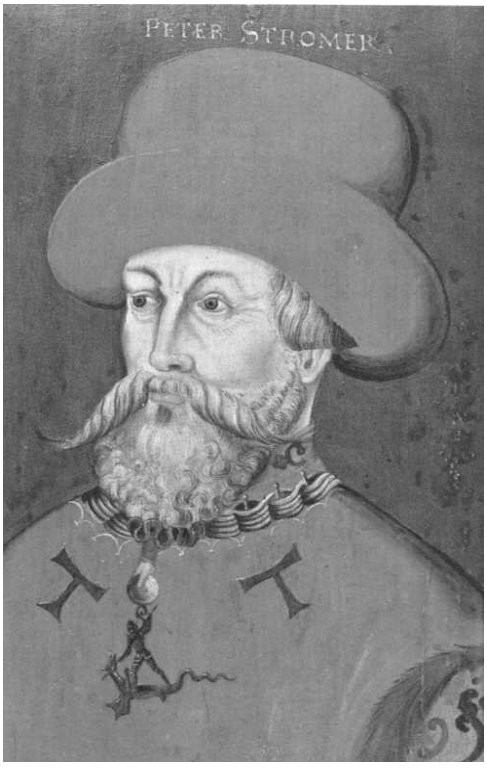

Abb. 2: *Der Nürnberger Patrizier Peter Stromer „erfand" die Nadelholzsaat.*

Lässt man nach dem Brennholzhieb einige der Stockausschläge eine oder gar mehrere dieser Perioden stehen, wachsen Stämme heran, deren Dimension für Bauholz tauglich ist. Der Umtrieb dieses Oberholzes beträgt also stets ein vielfaches der Niederwaldkomponente und liegt zwischen 20 und 40 Jahren. Diese Wirtschaftsform bezeichnet man als *Mittelwald*. Auch sie kann in den Urkunden bis ins 13. Jahrhundert zurückverfolgt werden.

Nieder- und Mittelwaldwirtschaft sind die erste Kunstform menschlichen Wirkens im Wald und damit die „Dinosaurier" nachhaltiger Waldbewirtschaftung. Heute sind sie nur noch an wenigen Orten anzutreffen und wegen der Stockausschlagfähigkeit an bestimmte Laubbäume gebunden. Mit den wirtschaftlich wichtigen Nadelbäumen musste anders verfahren werden.

Vorindustrielle Wurzeln

In Städten, v. a. in großen Handelszentren, wurden mengenmäßig noch viel mehr Ansprüche an den Wald als Energie- und Rohstofflieferant gestellt. Vor allem die metallverarbeitenden Gewerbe verschlangen Unmengen von Holzkohle. Deshalb waren Städte in ihrem Wirtschaftswachstum stark abhängig von der Holzversorgung aus dem nahen Umland.

In Nürnberg war der Wald wegen der vielfältigen vorindustriellen Gewerbe in der boomenden Stadt besonders belastet. Der Ratsherr und Montanunternehmer Peter Stromer (Abb. 2) hatte im Jahre 1368 die zündende Idee: erstmals säte ein Mensch auf unbestockten Kahlflächen bewusst Kiefernsamen aus, um Holz nachzuziehen. Diese nur scheinbar belanglose Leistung ist unter zwei Aspekten zu würdigen: einem technisch-biologischen und einem planerisch-nachhaltigen. Technisch setzte es eine sehr genaue Naturbeobachtung voraus, weil die Kiefernsamen zwei Jahre zur Reife benötigen und bereits am Baum aus den Zapfen fallen, wenn diese reif sind und der Erntezeitpunkt verpasst wird. Außerdem müssen die Samen über den Winter so gelagert werden, dass sie weder verschimmeln noch vertrocknen.

Planerisch war die Tat eine Leistung, weil Peter Stromer über seinen eigenen Zeithorizont weit hinausdachte und auch eine künftige Versorgung seiner Vaterstadt und seines eigenen Unternehmens mit Holz anstrebte und gewährleistet wissen wollte.

Die Saat von Nadelholz etablierte sich schnell. Die Nürnberger Tannensäer wurden in der Zukunft ein florierender Industriezweig der alten

Reichsstadt Nürnberg, der nicht nur die eigenen Wälder wiederbestockte, sondern auch zum Exportschlager wurde und in ganz Europa Betätigung fand.

Auch in Reichenhall ist es die *Industrie* gewesen, die begann, die Wälder nachhaltig zu bewirtschaften. Für ihre Sudpfannen war die Saline auf gleichmäßige Lieferung großer Mengen Nadelholz angewiesen. Es galt der Spruch „ohne Holz kein Sud“. Holz war notwendig für das Schmelzen und Eindampfen der Sole, aber auch für die technischen Geräte wie hölzerne Soleleitungen oder die auf der Salzach eingesetzten Salzschiffe. Schon zu Anfang des 17. Jahrhunderts wurden deshalb im Salinengebiet Vorratsschätzungen und Einschlagsplanungen vorgenommen.

Koppelung von Gewerbe, Forstwirtschaft und Industrie

Bis etwa zum Jahr 1800 waren Wirtschaftswachstum, Landwirtschaft und Forstwirtschaft aufs engste miteinander verbunden, ja man kann sagen ihre Entwicklung war aneinander gekoppelt (Abb. 3). Das vorindustrielle Gewerbe war vollständig von Waldprodukten abhängig. Das Holz zum Bau von Häusern, Wagen oder Schiffen, die Holzkohle für die Metallgewerbe, die Pottasche für die Glasherstellung, die Seifensieder, die Lohrinde für die Gerber oder das Harz für die Farbenhersteller waren nicht wegzudenken ohne einen gesamten Gewerbezweig infrage zu stellen. Selbst zur Ernährung trug der Wald über die Waldweide, die Eichelmast, das Schneiteln und die Stalleinstreu erheblich bei. Mit zunehmendem Wachstum der Städte und der einhergehenden Ausweitung der Frühindustrie (z. B. Glasherstellung) wurde der Wald jedoch auch zunehmend belastet. Die alten Modelle der Forstordnungen versagten, weil der Rohstoffhunger der Gewerbe kaum zu stillen war, weil die Bevölkerung nach dem 30-jährigen Krieg wieder stark zunahm und weil der Wald auch noch den Druck der barocken Jagdleidenschaft zu tragen hatte mit den bekannten überhöhten Wildbeständen.

Diese Koppelung von Rohstoffversorgung der Wirtschaft und forstlicher Produktion endete etwa um 1800, als die Landwirtschaft sich durch Einführung von Stallfütterung und Mineraldüngung vom Wald löste. Auch im Gewerbe wurden nach und nach viele Produkte, die bislang der Wald geliefert hatte, durch andere ersetzt. Im Bau wurde Eisen eingeführt und vermehrt Stein verwendet, die Chemie entwickelte sich und ersetzte nach und nach die Waldrohstoffe. Vor allem aber wurde die Steinkohle als Energiequelle entdeckt und mit Hilfe der Eisenbahn weit verbreitet, was den Wald enorm entlastete.

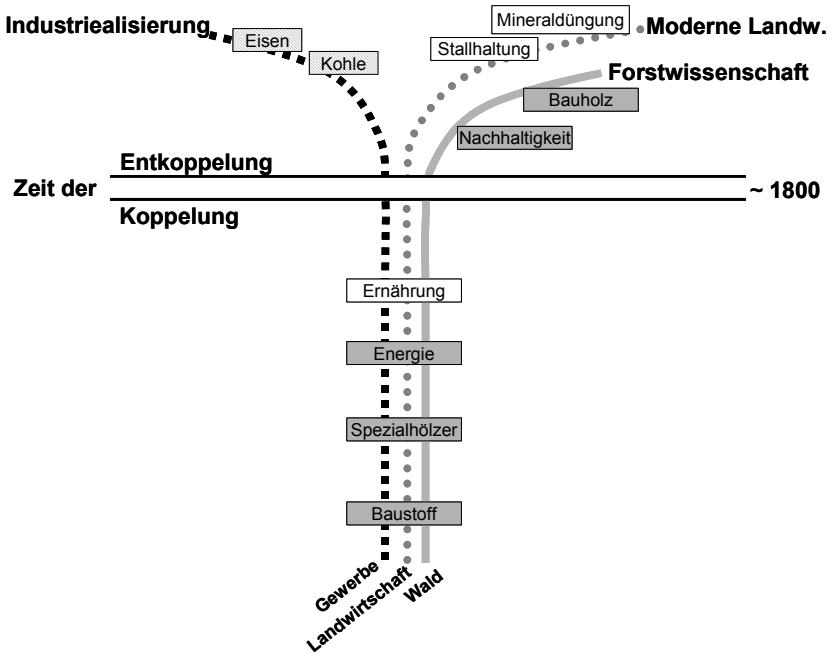

Abb. 3: *Die Entwicklung von Gewerbe und Landwirtschaft war viele Jahrhunderte mit der Ressource Wald aufs engste Verknüpft. Erst um 1800 fand eine Entkoppelung statt.*

Damit war der Wald vom Würgegriff der sich entwickelnden Industrie befreit. War bislang alle Nachhaltigkeit auf die Versorgung von Industrie und Gewerbe ausgerichtet gewesen, was vielfach nur Umtriebszeiten von 60 Jahren zugelassen hatte, war es nun erstmals möglich, das Prinzip der Nachhaltigkeit voll und ganz im forstlichen Sinne zu gestalten. Die Forstwirtschaft war damit endlich emanzipiert. Durch die Purifikation, die Rechteablösung im Zuge der Säkularisation, war

ein übriges getan.

Die Auswirkungen kamen prompt: Die Forsteinrichtung als planerische Disziplin wurde geboren. Mit Massen- und Flächenfachwerken wurde nun Nachhaltigkeit für ganze Umtriebszeiten und darüber hinaus geplant. Aus heutiger Sicht mag es etwas irreal gewesen sein für 100 Jahre und mehr zu planen. Dies ist wohl auf den Enthusiasmus zurückzuführen, endlich Forstwirtschaft betreiben zu können, die auf das Optimum der Produktion ausgerichtet ist, nämlich wertvolles Stammholz. Zahlreiche Formeln, die die Nachhaltigkeit verproben und sichern sollten, wurden entwickelt. Auch die Umtriebszeit wurde verlängert, da kein Zwang mehr bestand, halbreifes Holz zu ernten. Dies lag daran, dass Brennholz im 19. Jahrhundert zunehmend durch Steinkohle ersetzt wurde, die durch die aufkommende Eisenbahn überallhin gebracht werden konnte (Abb. 4).

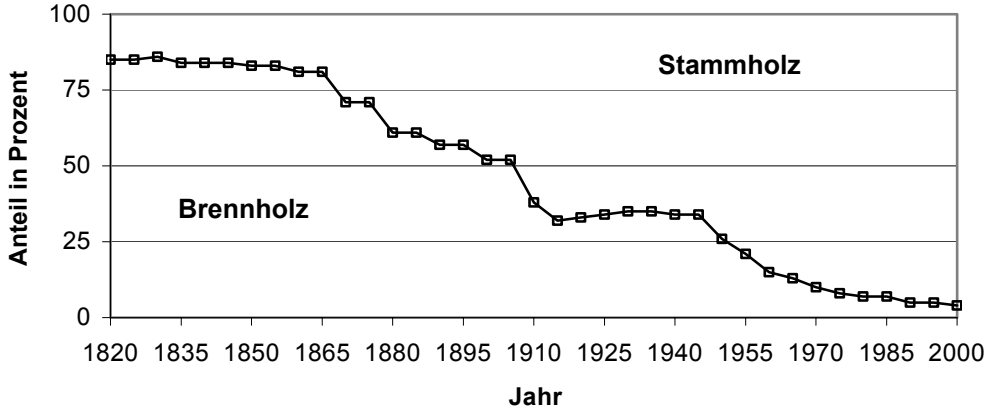

Abb. 4: *Im 19. und 20. Jahrhundert ging die Produktion von Brennholz zugunsten von langumtriebigem Stammholz zurück. Anlass war die zunehmende Verwendung der Steinkohle.*

Die Brennholznutzung ging Zug um Zug zurück, das Holz konnte länger reifen, es wurde in langen Umtrieben mehr und mehr Stammholz produziert.

Zusammenfassung

Der Begriff Nachhaltigkeit wurde im 18. Jahrhundert in der Forstwirtschaft eingeführt. Das Grundprinzip wurde bereits in der Markgenossenschaft entwickelt und im mittelalterlichen Nieder- und Mittelwald praktiziert. Mit der Zunahme von Bevölkerung und Gewerbe im Hochmittelalter verknappte sich der Rohstoff Holz zusehends. Deshalb wurde vom vorindustriellen Unternehmer Peter Stromer in Nürnberg die künstliche Wiederbewaldung kahler Flächen erprobt und eingeführt. Auch großindustrielle Unternehmen, wie die Saline in Reichenhall, gingen frühzeitig durch planerisches Handeln von der exploitativen Waldnutzung zur schlagweisen Bewirtschaftung über, um die stetige und gleichmäßige Versorgung der Industrie mit der Energie- und Rohstoffressource Holz sicherzustellen.

Das Prinzip der forstlichen Nachhaltigkeit stammt damit zum einen aus der bäuerlichen Allmende, zum anderen aus der mittelalterlichen, städtischen Frühindustrie.

Literatur

CIPOLLA, C. M., BORCHARDT, K. (Hrsg.) (1978): Europäische Wirtschaftsgeschichte. Fischer, 5 Bd., Stuttgart

HASEL, K. (1985): Forstgeschichte. Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Parey, Hamburg u.a., 258 S.

HERRMANN, B. (Hrsg.) (1996): Mensch und Umwelt im Mittelalter. Fourier, Lizenz Dt. Verl. Anst. Stuttg., Wiesbaden, 288 S.

LÖFFLER, H., HAMBERGER, J., WARKOTSCH, W. (2002): Wie in Bayern das Holz aus dem Wald kam. Holzernte, Walderschließung und Holztransport einst und jetzt. In: Bleymüller, H., Gundermann, E. Beck, R. (Hrsg.): 250 Jahre Bayerische Staatsforstverwaltung - Rückblicke, Einblicke, Ausblicke. Mitteilungen aus der Bayer. Staatsforstverwaltung, Heft 51, Bd. 2, München, S. 335 - 368

MANTEL, K. (1990): Wald und Fost in der Geschichte. M.&H. Schaper, Hannover, 518 S.

SPEIDEL, G. (1972): Planung im Forstbetrieb: Grundlagen und Methoden der Forsteinrichtung. Paul Parey, Hamburg, 267 S.

Veröffentlichungen der LWF

Schwarzwild in Bayern

(LWFaktuell Nr. 35)

Das Heft LWFaktuell Nr. 35 „Schwarzwild in Bayern“ erfreut sich ausgesprochen großer Nachfrage. Das Heft wurde zunächst mit einer Auflage von 34.000 Stück gedruckt und an alle bayerischen Revierinhaber versendet.

Minister Josef Miller und Präsident Olaf Schmidt mit den ersten druckfrischen Ausgaben der LWFaktuell Nr. 35

Die Broschüre soll Jägern und Grundbesitzern in Bayern helfen, das vielerorts überhand nehmende Schwarzwild wirksam zu bejagen. Landwirtschaftsminister Josef Miller und der Präsident der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Olaf Schmidt, stellten im Dezember das rund 40 Seiten starke Heft gemeinsam in München vor. Es informiert unter anderem über Lebensweise und Ausbreitung der Tiere, die Aufnahme von Wildschäden und Erfahrungen mit unterschiedlichen Jagdmethoden. Die Broschüre liefert damit laut Miller wertvolle Kenntnisse, wie Wildschweinbestände reduziert und die von den Tieren angerichteten Schäden in der Feldflur vermindert werden können. Der Minister verspricht sich zudem Impulse für mehr Zusammenarbeit bei der Bejagung. Nur durch örtlich angepasste Bejagungskonzepte und gemeinsame, revierübergreifende Bewegungsjagden sei das Schwarzwildproblem in den Griff zu bekommen. Im Jagdjahr 2001/2002 wurden bayernweit rund 46.000 Wildschweine erlegt, so viele wie nie zuvor. Noch 1998 waren es nur rund 22.000. Eine intensive Bejagung ist laut Miller und Schmidt unverzichtbar, um einen weiteren Anstieg der Wildschäden zu verhindern.

Weil die Nachfrage nach der Broschüre weiter ungebrochen ist, werden 7.000 Hefte nachgedruckt, die gezielt an Interessierte auf der Messe „Jagen und Fischen“ verteilt werden sollen.

Die Broschüre kann aber auch (unentgeltlich) bezogen werden bei:

Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, Referat V 2, Ludwigstraße 2, 80539 München (Tel.-Nr. 089/2182-2470). Sie kann auch im Internet unter www.lwf.bayern.de abgerufen werden.

Persönliches

Professor Preuhsler 60 Jahre

Herr Prof. Dr. Dr. habil. TEJA PREUHSLER, Leitender Forstdirektor und stellvertretender Leiter der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, feierte am 26. Januar 2003 seinen 60. Geburtstag. Die Leitung und die Mitarbeiter der Landesanstalt sprechen ihm hierzu ihre besten Glückwünsche aus.

Professor Preuhsler wurde in Gablonz in Böhmen geboren und wuchs in Mittelfranken auf. Dort besuchte er die Volksschule in Wettelsheim und die Oberrealschule in Gunzenhausen und Schwabach.

Anschließend studierte er an der damaligen Forstlichen Fakultät in München Forstwissenschaften und schloss 1971 sein Studium ab. Nach der Großen Forstlichen Staatsprüfung 1973 entschied sich Herr Preuhsler für die wissenschaftliche Laufbahn am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde bei Herrn Prof. Dr. Franz und promovierte dort im Jahre 1979.

Im Februar 1987 wurde Herrn Preuhsler nach ordnungsgemäßem Abschluss des Habilitationsverfahrens die Lehrbefähigung für das Fach Waldwachstumskunde (Holzmesslehre/Waldertragslehre) zuerkannt. Im Jahr 1989 wurde Herr Preuhsler von der damaligen Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt an das Forstamt Amtsleiter versetzt. Dort hatte er die München als stellvertretender Möglichkeit, seine in der Wissenschaft gewonnenen Erfahrungen auch in der Praxis zu testen und zu überprüfen.

Prof. Dr. Teja Preuhsler

1991 wurde Herr Preuhsler an die Bayerische Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (jetzt LWF) versetzt und zum Leiter des Sachgebiets „Forsthydrologie“ bestellt. Seit 01.07.1999 ist er offizieller Stellvertreter des Leiters der Landesanstalt.

Herr Professor Preuhsler ist renommiertes Mitglied vieler internationaler Fachgremien und bringt hier Wissen und Erfahrung der LWF ein. Er wird deshalb manchmal auch anerkennend als der „Außenminister“ der LWF bezeichnet.

Leitung und Belegschaft der LWF wünschen Herrn Professor Preuhsler noch gutes Gelingen für den Rest seiner Dienstzeit und ungebrochene Freude an wissenschaftlichen Arbeiten, v.a. auch in portugiesischen Wäldern.

Olaf Schmidt, Präsident der LWF

Neuer Geschäftsführer beim Deutschen Forstwirtschaftsrat (DFWR)

Dr. STEFAN NÜßLEIN aus der Bayerischen Staatsforstverwaltung wurde zum 1. Februar 2003 zum Geschäftsführer des Deutschen Forstwirtschaftsrates (DFWR) bestellt.

Nüßlein, der aus Unterfranken stammt, war zuletzt als stellvertretender Forstamtsleiter im schwäbischen Forstamt Dillingen a. d. Donau in Staatswald und Kommunalwald tätig. Als forstlichem Nebenlehrer an der Landwirtschaftsschule oblag ihm auch die forstliche Ausbildung von Privatwaldbesitzern. Zuvor war der promovierte Forstmann an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) in Freising für wachstumskundliche, waldbauliche und forstplanerische Aufgaben zuständig. Seine Tätigkeiten spannten sich von der Erstellung von Holzaufkommensprognosen über die Entwicklung von Waldbaurichtlinien bis zum Waldmonitoring auf EU-Dauerbeobachtungsflächen.

Der DFWR koordiniert und vertritt die gemeinsamen Belange der Forstwirtschaft in Deutschland. Ziele und Aufgaben des DFWR sind die Erhaltung, Pflege und nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes, die dauerhafte Erfüllung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Funktionen des Waldes sowie die Förderung der Forstwirtschaft und ihrer Betriebe. Die LWF wünscht ihrem ehemaligen Mitarbeiter und geschätzten Kollegen viel Freude und Erfolg im neuen Amt.

jhh

Kommen & Gehen

Kommen:

Forstoberinspektor z.A. WILFRIED SOMMER wurde mit Wirkung vom 01.01.2003 vom Forstamt Freising an die LWF abgeordnet (Sachgebiet IV Betriebswirtschaft und Waldarbeit).

Forstrat z.A. ALEXANDER SCHNELL wurde mit Wirkung vom 01.01.2003 vom Forstamt Nürnberg an die LWF versetzt (Sachgebiet III Waldbau und Forstplanung).

Termine / Veranstaltungen

Gründungsveranstaltung des Zentrums Wald-Forst-Holz Weihenstephan

Am 8. Mai 2003 wird in Freising das „Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan" gegründet. Damit soll die forstliche Forschung und Praxis im Freistaat noch enger zusammengeführt werden.

Darin sind die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, die Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der TU München und der Fachbereich Wald und Forstwirtschaft der FH Weihenstephan zusammengeschlossen.

Die Präsidenten der TU und der FH sowie der Leiter der Staatsforstverwaltung werden in Anwesenheit von Forstminister Josef Miller die Gründungsurkunde unterzeichnen. Gleichzeitig startet das neue Zentrum mit einem wissenschaftlichen Symposium in drei öffentlichen Vortragsreihen, das um 14.00 Uhr beginnt.

Hanskarl Goettling Stiftung

Am 7. Mai 2003, dem Vorabend der Gründungsveranstaltung des Zentrums Wald-Forst-Holz, lädt die Hanskarl Goettling Stiftung zu ihrer jährlichen Preisverleihung ein. Diese Stiftung geht auf Dr. Hanskarl Goettling zurück, den früheren Leiter der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, aus der die LWF hervorgegangen ist. Die Stiftung widmet sich der Förderung der Forschung und der Wissenschaft im Aufgabenbereich der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Seit 1988 verleiht sie jährlich Preise, wobei der Stiftungsrat besonders darauf achtet, praxisorientierte Leistungen auszuzeichnen.

Der diesjährige Preis ist geteilt: Roland Schreiber und Roland Beck erhalten die Ehrung für die Entwicklung von Erhebungsmethoden des Holzeinschlags im Kleinprivatwald.

Hans-Joachim Krause, Frank Kroll und Günther Rosanitsch werden für ihr besonderes Engagement beim Ausbau und Betrieb der bayerischen Waldklimastationen geehrt.

Die LWF auf der „JAGEN UND FISCHEN 2003"

Bei der diesjährigen „Jagen und Fischen", die vom 9. bis 13. April auf dem Münchener Messegelände stattfindet, wird die LWF mit zwei Ausstellungen vertreten sein: Die Wanderausstellung „Der Rothirsch in Bayern" wird erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt. Sie informiert auf acht Tafeln über unser größtes heimisches Wildtier, das zugleich Wildtier des Jahres 2002 ist. Weitere Poster widmen sich dem Auerhuhn, seiner Verbreitung, seinen Ansprüchen an den Lebensraum und den Möglichkeiten der Forstwirtschaft, das Überleben dieses faszinierenden Waldhuhns zu unterstützen. Da die Bayer. Staatsforstverwaltung in diesem Jahr keinen Stand betreibt, können wir die Schautafeln der LWF dankenswerterweise zentral am Stand des BJV aufstellen.

Internet-Diskussionsforum zum Rotwild

Zum Thema Rotwild wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens „Akzeptanzanalyse über Ziele und Maßnahmen des Rotwildmanagements" ein Diskussionsforum im Internet eingerichtet. Dort sollen alle Fragen zum Umgang mit dem Rotwild auf breiter Basis diskutiert werden.

Besuchen Sie uns unter: **www.lwf.bayern.de** und diskutieren Sie mit!

Bestellung

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)
Am Hochanger 11, 85354 Freising
Per Telefax: 08161 / 71–4971
Per Email: redaktion@lwf.uni-muenchen.de

LWF-Berichte			
	Nr. 17 (1998)	**Beiträge zur Vogelbeere** (Tagungsband) von O. SCHMIDT et al.	10 €
	Nr. 18 (1998)	**Humuszustand und Bodenlebewelt ausgewählter bayerischer Waldböden** von H.J. GULDER et al.	10 €
	Nr. 21 (1999)	**Teilmechanisierte Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Waldhackschnitzeln** (2. Auflage) von H. WEIXLER et al.	10 €
	Nr. 23 (1999)	**Beiträge zur Wildbirne** (Tagungsband) von L. ALBRECHT et al.	8 €
	Nr. 26 (2000)	**Der Energieholzmarkt Bayern** (2. Auflage) von K. WAGNER, S. WITTKOPF	10 €
	Nr. 28 (2000)	**Beiträge zur Sandbirke** (Tagungsband) BAYER. LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsgb.)	15 €
	Nr. 29 (2000)	**Verfahren der Rundholzlagerung** von A. WAUER	10 €
	Nr. 30 (2001)	**Symposium Energieholz** (Tagungsband) BAYER. LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsgb.)	10 €
	Nr. 32 (2001)	**Die regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns** BAYER. LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsgb.)	10 €
	Nr. 34 (2002)	**Beiträge zur Esche** (Tagungsband) BAYER. LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsgb.)	10 €
	Nr. 35 (2002)	**Auerhuhnschutz und Forstwirtschaft** Lösungsansätze zum Erhalt von Reliktpopulationen unter besonderer Berücksichtigung des Fichtelgebirges (Tagungsband) BAYER. LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsgb.)	12,50 €
	Nr. 36 (2002)	**Aktuelle Holzernteverfahren am Hang** von S. RAAB, S. FELLER, E. UHL, A. SCHÄFER, G. OHRNER	10 €
	Nr. 37 (2002)	**Pflanzung – ein Risiko für die Bestandesstabilität?** von R. NÖRR, M. BAUMER	10 €
LWFaktuell			**kostenlos**
	Nr. 4 (Dezember 1995)	**Energie aus Holz**	
	Nr. 5 (Mai 1996)	**Waldschutz – Eiche**	
	Nr. 8 (März 1997)	**Forstliches Testbetriebsnetz 1995**	
	Nr. 14 (Mai 1998)	**Waldschutz**	
	Nr. 17 (Februar 1999)	**Testbetriebsnetz 97: Zahlen, Fakten, Hintergründe (mit Beilage)**	
	Nr. 18 (April 1999)	**Totes Holz – lebend(ig)er Wald**	
	Nr. 21 (Dezember 1999)	**Betriebssteuerung für kluge Köpfe: Testbetriebsnetz Forstwirtschaft 1998 (mit Beilage)**	
	Nr. 22 (Februar 2000)	**Jetzt Sturmholz richtig lagern! (Lothar-Sonderausgabe I. Teil)**	
	Nr. 24 (Mai 2000)	**WaldSchutz 2000**	
	Nr. 27 (November 2000)	**Birke – vom Pionier zum Furnier**	
	Nr. 31 (November 2001)	**Es wächst zusammen, was zusammen gehört: Die neue Karte der natürlichen Waldzusammensetzung Bayerns.**	
	Nr. 32 (Dezember 2001)	**Testbetriebsnetz Forstwirtschaft 2000 (mit Beilage)**	
	Nr. 33 (Juni 2002)	**Borkenkäfer spezial**	
	Nr. 34 (November 2002)	**Stickstoff in Bayerns Wäldern**	
	Nr. 36 (Dezember 2002)	**Privat- und Körperschaftswald – Fortschritt und Tradition (mit Beilage)**	
	Nr. 37 (März 2003)	**Klimawandel aus forstlicher Sicht**	
LWF-Merkblätter			**kostenlos**
	Nr. 4 (März 2000)	**Auf die Wurzeln kommt es an!**	
	Nr. 4a (Juli 2002)	**Sorgfalt entscheidet über Pflanzerfolg!**	
	Nr. 6 (Juli 2001)	**Phytophthora-Wurzelhalsfäule der Erlen**	
	Nr. 7 (November 2001)	**Rundholz richtig lagern!**	
	Nr. 8 (Januar 2002)	**Wildlinge - richtig (ein)gesetzt!**	
	Nr. 9 (Juni 2002)	**Kleine Fichtenblattwespe**	
	Nr. 10 (November 2002)	**Bereitstellung von Waldhackschnitzeln**	
	Nr. 11 (Dezember 2002)	**Hackschnitzel richtig lagern!**	

Bitte senden Sie die Bestellung an folgende Adresse:

Name, Vorname, Institution _____

Straße, Hausnummer _____

PLZ, Ort _____

Temperaturtrend 1980 – 1999

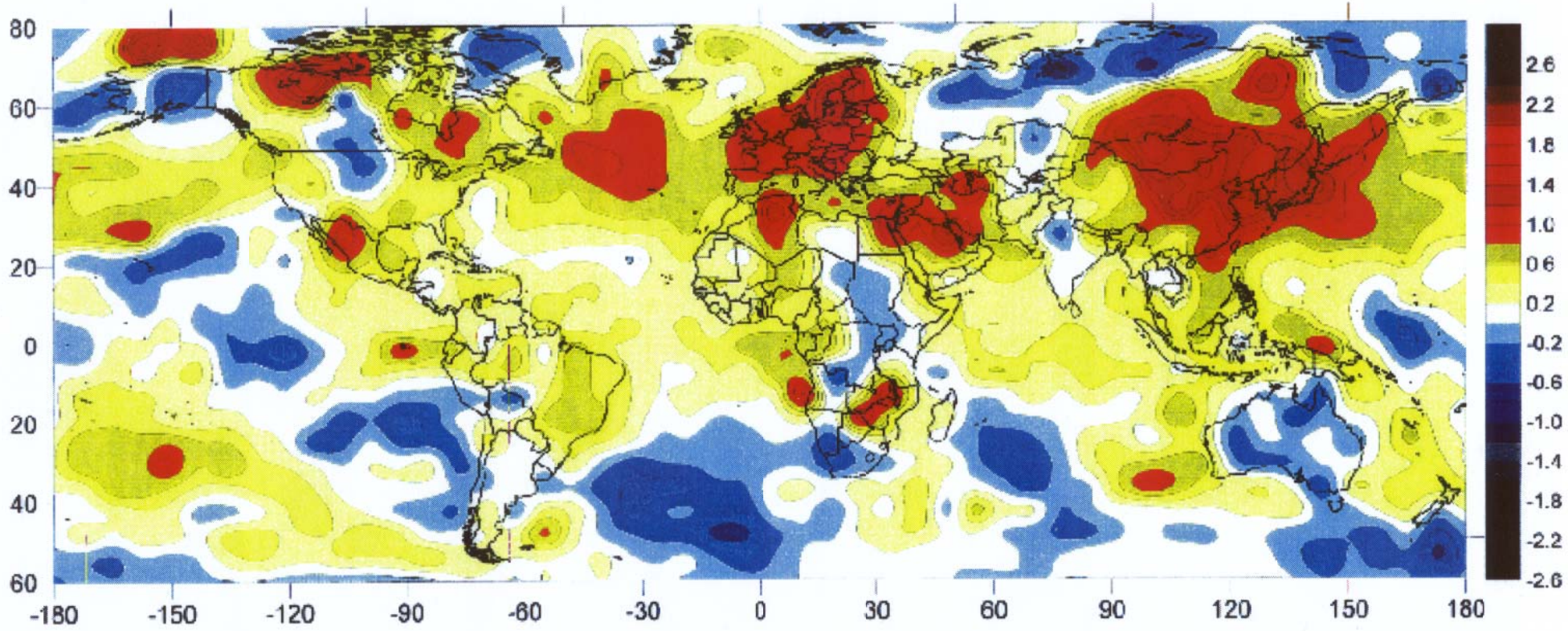

Abb. 3 (zu Artikel auf S. 2 ff): Statistisch ermittelter linearer Trend der Jahresmittelwerte der Lufttemperatur in K / Periode (1981 – 1999). Auflösung 3° x 3°. Rote Farbtöne kennzeichnen Regionen, in denen eine Erwärmung stattgefunden hat und blaue Regionen mit einer Abkühlung (SCHÖNWIESE, C.D. (2002): Beobachtete Klimatrends im Industriezeitalter: Ein Überblick global/Europa/Deutschland. 106, 1-93.)