

**Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft
des Landes Brandenburg**

Henning-von Tesckow-Straße 2 – 8
14467 Potsdam
Telefon: (03 31) 8 66-0
Fax: (03 31) 8 66-83 68
E-Mail: poststelle@mil.brandenburg.de
Internet: www.mil.brandenburg.de

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)

Alfred-Möller-Straße 1
16225 Eberswalde
Telefon: (033 34) 65-205
Fax: (033 34) 65-206
E-Mail: lfe@lfe-e.brandenburg.de
Internet: www.lfe.brandenburg.de



EFS – Band 42

Forst



Wald im Klimawandel – Risiken und Anpassungsstrategien



Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 42

**Wald im Klimawandel –
Risiken und
Anpassungsstrategien**

**Landeskompetenzzentrum
Forst Eberswalde (LFE)**

Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 42

**Wald im Klimawandel –
Risiken und
Anpassungsstrategien**



Impressum

Herausgeber: Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL) des Landes Brandenburg

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)

Redaktion: Prof. Dr. Peter Spathelf, FHE
Dr. habil. Ralf Kätzel, LFE

Herstellungsleitung: J. Engel, LFE

Gesamtherstellung: Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft Potsdam mbH
Karl-Liebknecht-Straße 24/25
14476 Potsdam (OT Golm)

1. Auflage: 1.500 Exemplare

Fotos: Von den Autoren der Beiträge, wenn nicht anders vermerkt.

Eberswalde, im Dezember 2009

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern während des Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich sind insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen von Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen und Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung Brandenburgs zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
00 Vorwort HUBERTUS KRAUT	5
01 Die Risiken des Klimawandels für die künftige Waldbewirtschaftung – eine Einführung PETER SPATHELF, RALF KÄTZEL, PIERRE L. IBISCH	7
02 Risikomanagement und Klimawandel MARC HANEWINKEL	11
03 Klimawandel in Brandenburg – Risiken für Eichen-Kiefern-Mischbestände PETRA LASCH, MARTIN GUTSCH, FELICITAS SUCKOW	14
04 Möglichkeiten und Grenzen der Anpassung an Klimaextreme – eine Betrachtung zu baumartenspezifischen Risiken aus Sicht der Ökophysiologie RALF KÄTZEL	22
05 Risiken durch Witterungsextreme für Kiefer und Eiche in Nordostdeutschland: Ansätze zur Schätzung des Gefährdungspotenzials JENS SCHRÖDER	35
06 Biodiversitätserhaltung in Zeiten des (Klima-)Wandels: Risikomanagement als Grundlage eines systematischen, nichtwissenbasierten Naturschutzes PIERRE L. IBISCH, BRITTA KUNZE UND STEFAN KREFT	44
07 Aktuelle Waldschutzprobleme und Risikomanagement in Brandenburgs Wäldern KATRIN MÖLLER	63
08 Erfahrungen aus dem Sturm „Lothar“ – eine Inventurbasierte Analyse zur Abschätzung des Einzelbaum- und Bestandesrisikos durch Stürme MATTHIAS SCHMIDT, JÜRGEN BAYER, GERALD KÄNDLER, EDGAR KUBLIN, ULRICH KOHNLE	73
09 Risikomanagement am Beispiel von Sturmschäden und Arealverschiebungen MARC HANEWINKEL	86
10 Quantifizierung des Risikos für Nitrataustrag aus brandenburgischen Waldökosystemen auf der Grundlage chemischer Oberbodeneigenschaften WINFRIED RIEK	93
11 Der klimaplastische Wald im Nordostdeuten Tiefland – forstliche Anpassungsstrategie an einen zu erwartenden Klimawandel MARTIN JENSSEN	101
12 Integration natürlicher Störungen in den Waldbau – ein Schlüssel für die Schaffung resilienter Waldökosysteme? PETER SPATHELF, ANDREAS BOLTE	118
13 Risikomanagement in der Versicherungsbranche – Windwurfversicherungen in Schweden und Vorschläge für einen qualitativen Risikoindex LARS SCHMIDT	126
14 Praktische Erfahrungen der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit mit Climate Proofing in der Entwicklungszusammenarbeit MICHAEL SCHOLZE, JAN PETER SCHEMMEL, ALEXANDER FRÖDE	133
15 Glossar	137
16 Autorenverzeichnis	142

Integration natürlicher Störungen in den Waldbau – ein Schlüssel für die Schaffung resilienter Waldökosysteme?

PETER SPATHELF UND ANDREAS BOLTE

Einleitung

Die Integration natürlicher Störungsereignisse in waldbauliche Steuerung und Planung ist ein neuer Ansatz im Waldökosystemmanagement und wird als ein Schlüssel gesehen, Wälder als elastische Ökosysteme zu bewirtschaften.

Das im anglo-amerikanischen Sprachgebrauch so bezeichnete „Natural Disturbance-Based Management“ (NDBM; DREVER et al. 2006) beruht auf dem Grundprinzip, dass das in einer Waldlandschaft dominierende Störungsregime der Aufrechterhaltung der biologischen Vielfalt und der essentiellen Waldfunktionen dient.

Die Kiefer (*Pinus sylvestris*) ist mit einem Flächenanteil von ca. 80 % die wichtigste Baumart des Landes Brandenburg, wobei 80 % der Kiefern Reinbestände bilden (MÜLLER 2007). Die oft gering strukturierten Kiefernwälder in der nordostdeutschen Tiefebene weisen eine hohe Disposition gegenüber dem Massenaufreten nadelfressender Kiefernsehädlern auf (MÖLLER et al. 2007). Einschichtige Kiefernreinbestände bieten einerseits ein üppiges Nahrungsangebot für die Schädlinge, andererseits ungünstige Bedingungen für Schädlingsantagonisten. Aus diesem Grund sind Kiefernreinbestände besonders empfindlich gegenüber biotischen Störungen, wie Insektenattacken, die HUNTER (2001) als „low killing power“ bezeichnet. Die Folge können großflächige Bestandesverluste sein.

Auf der anderen Seite sind die nordostdeutschen Kiefernwälder vergleichsweise robust gegenüber abiotischen Störungsereignissen, wie Sturm oder Trockenheit. Schneeschäden haben eine untergeordnete Bedeutung. Allerdings wird hier die Anfälligkeit der Kiefer gegenüber den möglichen Klimaszenarien kontrovers beurteilt (KÖLLING und ZIMMERMANN 2007).

Im vorliegenden Beitrag wird zunächst auf Begriffe und zentrale Inhalte des „Natural Disturbance-Based Management“ (NDBM), also den Waldbau unter Berücksichtigung von Störungsereignissen, eingegangen. Am Beispiel der vorherrschenden Störungsmuster der kieferdominierten Wälder in den Tieflagen Nordostdeutschlands werden Möglichkeiten aufgezeigt, diese in einen naturnahen, an ökologischen Prozessen orientierten Waldbau zu integrieren.

Begriffe

Natürliches Störungsereignis und Störungsregime

Unter einem natürlichen Störungsereignis („natural disturbance“) versteht man jegliches Ereignis wie z. B. Feuer, Wind, Krankheiten, Insekten, Eisanhang, Überschwemmung oder Erdbeben, welches die Vegetationsstruktur ganz oder teilweise zerstört. Es wird zwischen bestandesersetzenden (stand-replacing disturbances) und bestandeserhaltenden (stand-maintaining disturbances) Störungen unterschieden (DREVER et al. 2006). Bei ersteren wird die ursprüngliche Vegetation durch z. B. Feuer oder Erdbeben zerstört und dann durch eine andere/neue Vegetation ersetzt. Bei letzteren wird lediglich der Unterstand durch z. B. Feuer zerstört; dadurch wird verhindert, dass diese Bäume diejenigen im Oberstand verdrängen. Natürliche Störungen können je nach Störungstyp, Frequenz, Intensität, räumlichem Muster und je nach ihrer „Hinterlassenschaft“ (legacy) sehr stark variieren. Ein (natürliches) Störungsregime kann durch folgende Parameter charakterisiert werden:

- 1) Wiederkehr-Intervall oder Frequenz (d. h. die durchschnittliche Zeit zwischen zwei Ereignissen),
- 2) Intensität (diese wird quantifiziert durch die Vegetationsmenge, die vernichtet wurde),
- 3) Räumliches Muster der Störung und
- 4) Dauer (d. h. die Zeitspanne, innerhalb derer ein Ereignis vorkommt).

Elastizität / Resilienz von Waldökosystemen

Ökologische Elastizität ist „...die Kapazität eines Ökosystems, die Folgen von Störungsereignissen zu kompensieren und sich dabei zu verändern, ohne essentielle Funktionen, Strukturen, seine Identität sowie Wechselbeziehungen zu verlieren.“ (WALKER et al. 2004). Oder anders formuliert: Ökologische Resilienz ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein gegebenes Ökosystemzustand über eine bestimmte Zeitspanne bestehen bleibt. Ökologische Resilienz kann als synonym mit dem Begriff der „adaptive capacity“ gesehen werden, also der Fähigkeit eines Ökosystems, sich zu rekonfigurieren, ohne kritische Verluste an Produktivität oder Artenvielfalt zu erfahren. Innerhalb bestimmter Grenzen eines Gleichgewichtszustandes können Ökosystemattribute selbstverständlich fluktuieren. Dies bedeutet jedoch auch, dass diese Ökosysteme irgendwann in

einen anderen Gleichgewichtszustand gelangen können. So stellt sich z. B. die Frage, wann baumbestimmte Vegetationsformen auf Grund starker und häufiger Störungen (z. B. Feuer) in Grassland übergehen, also einen anderen Zustand annehmen.

Es ist inzwischen vielfach dokumentiert (z. B. jüngst in KNOKE et al. 2008), dass heterogene Systeme, wie strukturierte Mischwälder, stabiler und leistungsfähiger sein können als uniforme Systeme, z. B. aus einzelnen, annuellen landwirtschaftlichen Pflanzen. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass die Leistung (z. B. gemessen in Produktivität) eines Ökosystems sehr stark korreliert mit dem Vorhandensein von Arten der verschiedenen funktionellen Gruppen (Primärproduzenten, Pollenspender und Destruenten). Die Beständigkeit von ökologischen Funktionen wiederum hängt sehr stark von der Diversität der Reaktion („response“) verschiedener Arten auf veränderte Umweltbedingungen ab.

Am Beispiel des waldwachstumkundlichen Versuches Schongau 814 (PRETZSCH 2003) wird deutlich, wie Baumarten mit unterschiedlichen Reaktionsmustern auf Stressoren oder Störungsfaktoren reagieren. In Mischbeständen aus Buche und Fichte können Wachstumsrückgänge bei einer Baumart (hier Fichte nach dem Trockenjahr 1976) durch „normales“ Wachstum bei Buche ausgeglichen werden. Auch bei starken Dichte-Reduktionen sind die Einbußen bei Mischbeständen geringer als in den Reinbeständen aus den jeweiligen Baumarten.

Variabilität von Störungsregimen – Veränderung im Zeitalter von Climate Change

Das vorherrschende Störungsregime in einer Waldregion ändert sich je nach Biom. So ist beispielsweise der boreale Nadelwald durch meist großflächige Störungsereignisse, hervorgerufen durch Sturm, Schneebruch, Insektenkalamitäten und Waldbrand gekennzeichnet (vgl. Beispiel in Box 1). Das wichtigste Störungsereignis ist Feuer, mit Wiederkehrzeiten von 50 bis 150 Jahren je nach Region.



Abb. 1: Großflächig absterbende Kiefernwälder in British Columbia aufgrund von *Dendroctonus ponderosae* (Foto: L. MACLAUCHLAN, BC Ministry of Forests)

In Abb. 1 sind die Störungsregime, die für den kanadischen Bundesstaat British Columbia identifiziert wurden, dargestellt. Der Parameter zur Differenzierung zwischen verschiedenen Störungsmustern ist die Wiederkehr von Störungsereignissen.

Der Klimawandel führt schon heute sichtbar zu einer Veränderung des Störungsregimes in verschiedenen

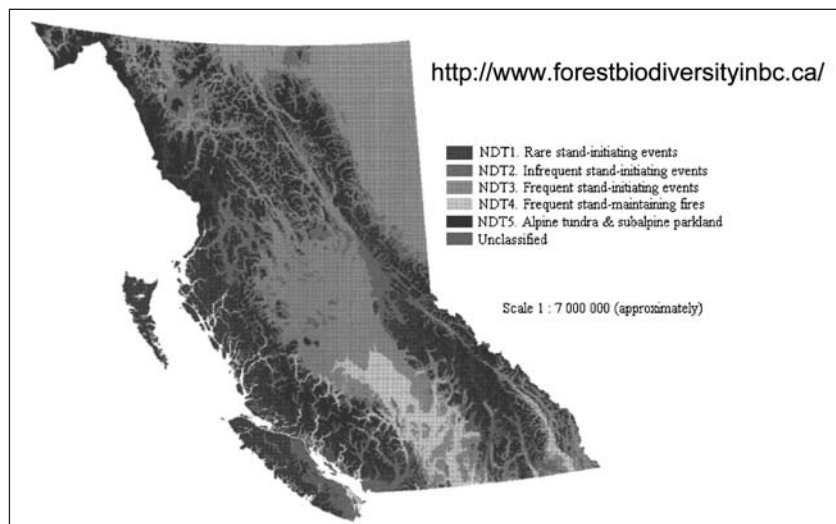
Box 1: Großräumige Störungsregime in (borealen) Wäldern Nordamerikas

Das Insekt *Dendroctonus ponderosae* hat im kanadischen Bundesstaat British Columbia seit 2003 auf über 4 Millionen ha zu einer hohen Mortalitätsrate in Kiefernwäldern geführt. Gründe dafür sind

- höhere Wintertemperaturen in mehreren aufeinander folgenden Jahren (dadurch wurde die Mortalität der überwinternden Insekten verringert) sowie
- eine deutliche Erhöhung der Fläche reifer Kiefernwälder und damit der ökologischen Nische für die Vermehrung der Käfer als einer Folge der Unterdrückung der Feuer.

Als Folge dieses Störungsregimes könnte ein „resetting“ der gesamten Landschaft mit einer Kollaps-Phase stehen, da die Wahrscheinlichkeit von großen zerstörerischen Feuern aufgrund der starken Zunahme von Totholz sehr wahrscheinlich wird.

Abb. 2: Störungsmuster im kanadischen Bundesstaat British Columbia (NDT = Natural disturbance; 1-5 aufsteigende Frequenz von Bestandeserneuerungs-Ereignissen)



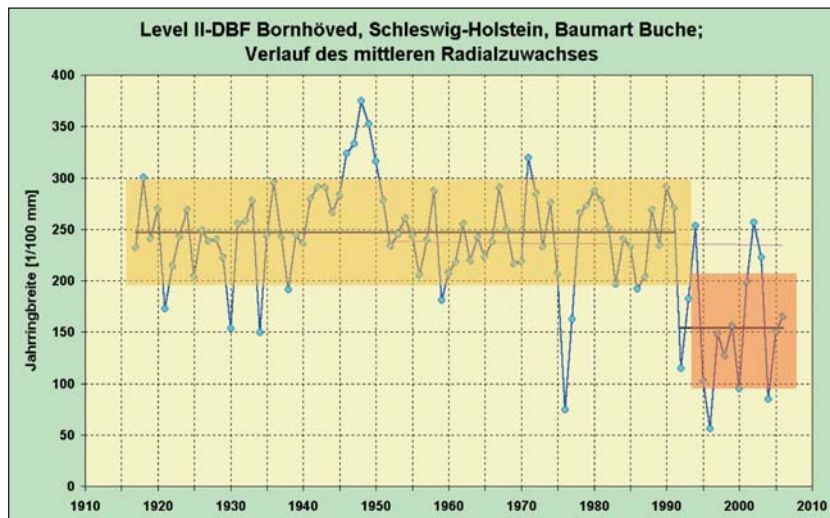


Abb. 3: Verlauf des mittleren Radialzuwachses bei der Baumart Buche auf Level-II Flächen in Schleswig-Holstein. Deutlich sind so genannte negative Weiserjahre in den Jahren 1976 sowie zunehmend in der Zeit nach 1990 festzustellen (1992, 1996, 2004). Aus: BOLTE und IBISCH (2008)

Waldgebieten der Erde. So hat der beobachtete Trend hin zu deutlich wärmeren und trockeneren Standortbedingungen bereits zu einer beträchtlichen Zunahme von Störungsereignissen in den Wäldern Europas geführt (EEA 2004; IPCC 2007). Erste ernsthafte Anzeichen dafür sind die zunehmenden intensiven Trockenphasen z. B. in 1992 und 1995 oder die extreme Trockenheit und Hitze in 2003, die zu einer deutlichen Vitalitätsschwächung (z. B. ausgedrückt durch starke Einbrüche in der Jahringbreite, siehe Abb. 3) und zu erheblichen Produktivitätsverlusten in den Wäldern Zentraleuropas geführt haben (CIAIS et al. 2005).

Die Häufung von Sturmereignissen in den vergangenen Jahren verursachten zudem hohe Verluste an Holzvorräten, siehe Abb. 4 (DOBBERTIN und DE VRIES 2008). Die meist großflächigen Störungsereignisse (wie z. B. die Orkane „Lothar“ 1999 und „Kyrill“ 2007) ließen allein in Deutschland Hunderttausende von Hektar Kahlfelder entstehen (Abb. 5).

Die bereits zu beobachtende Erwärmung der Erdatmosphäre hat schließlich erhebliche Auswirkungen auf das Vorkommen von biotischen Schadorganismen, wie z. B. dem Buchdrucker, vor allem auch in Regionen mit größeren Sturmschäden. Diese vermehrt auftretenden Störungsereignisse stellen ein erhebliches Ri-

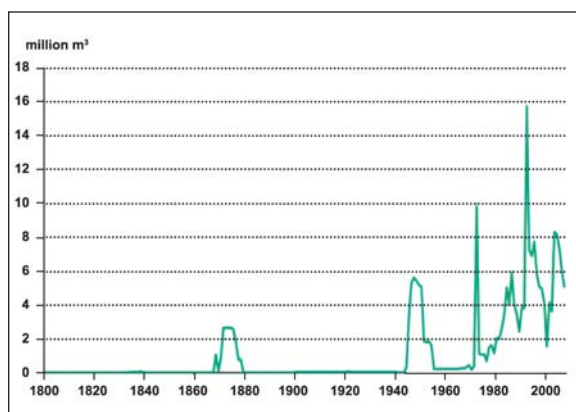


Abb. 4: Schadholzvolumen auf Grund von Sturmwürfen in Europa seit 1850 (nach DOBBERTIN und DE VRIES 2008)



Abb. 5: Kahlfelder nach Orkan „Lothar im Bereich Gengenbach (Schwarzwald) (Foto: P. SPATHELF)

siko für die zukünftige Waldbewirtschaftung und Forstplanung dar.

Nachahmung von natürlichen Störungsereignissen – ein waldbaulicher Paradigmenwechsel?

Bevor auf waldbauliche Möglichkeiten zur Integration von natürlichen Störungsereignissen eingegangen wird, soll zunächst das Konzept des „adaptive cycle“ vorgestellt werden (vgl. Abb. 6).

Das bestimmende Konzept bei der Entwicklung von Pflanzengemeinschaften, die Sukzession, beschreibt den Übergang von Freiflächenbesiedelung („exploitation“) zur Akkumulation und Speicherung von Biomasse („conservation“). Im Kreislauf der Naturwalddynamik werden zwei weitere Phasen beschrieben, die Bestandesauflösung („release“) und die Bestandeserneuerung („renewal“). Letztere Phasen beschreiben den Prozess der Reorganisation und Selbsterneuerung von Pflanzengemeinschaften. Im „adaptive cycle“ (DREVER et al. 2006) wechseln sich also längere Phasen der Aggregation mit kürzeren der Erneuerung ab (siehe auch Abb. 7 a, b).

SMITH (1962) definierte Waldbau als Nachahmung von Natur / natürlichen Prozessen („...imitation of na-

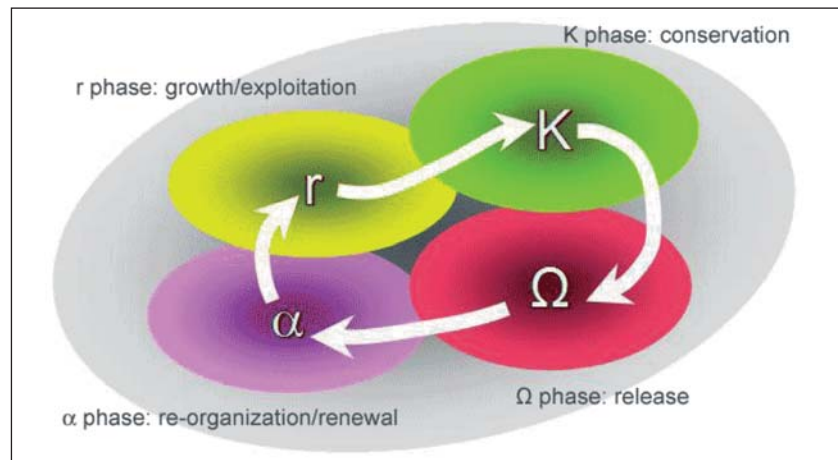


Abb. 6: „adaptive cycle“ mit vier verschiedenen Phasen (DREVER et al. 2006): growth/exploitation (r) = Wachstum; conservation (K) = Akkumulation/Speicherung; release (omega) = Zusammenbruch/Freistellung; reorganization/renewal (alpha) = Reorganisation

ture, i.e. the improvement upon and limitation of natural processes of forest growth“). NDBM (siehe oben) verwendet Planungsansätze und Waldbautechniken, die folgende natürliche Störungsereignisse nachahmen:

- großflächige Sukzessionsdynamik nach bestandesersetzenden Störungen, z. B. infolge schwerer Stürme;
- Kohortendynamik nach partiellen Störungen (z. B. durch Mortalität nach Befall durch Sekundärschädlinge) und
- kleinflächige Lückendynamik (gap dynamics), die auf kleinräumige Störungsereignisse, z. B. Schneebbruch, einzelne durch Trockenheit abgängige Bäume usw., folgen.

NDBM heißt demnach, die Vielfalt der waldbaulichen Verjüngungsformen zu nutzen. Bestandesersetzende Störungen können durch Kleinkahlschlag oder Saumschlag nachgeahmt werden, eine Kohortendynamik durch Femel- bzw. Schirmschlag (oder kombinierte Verfahren). Eine kleinflächige Lückendynamik kann am ehesten durch eine femelschlagartige oder einzelbaumweise Nutzung herbeigeführt werden (vgl. Box 2).

Bei der Implementierung von NDBM ist zu beachten, dass zwischen Landschafts- und Bestandesebene unterschieden wird. Es ist unbedingt zu vermeiden, dass auf großer Fläche ein und dasselbe Waldbauprogramm angewandt wird, da dies zu einer starken Homogenisierung der Waldstrukturen führt. Die deutsche Wald-

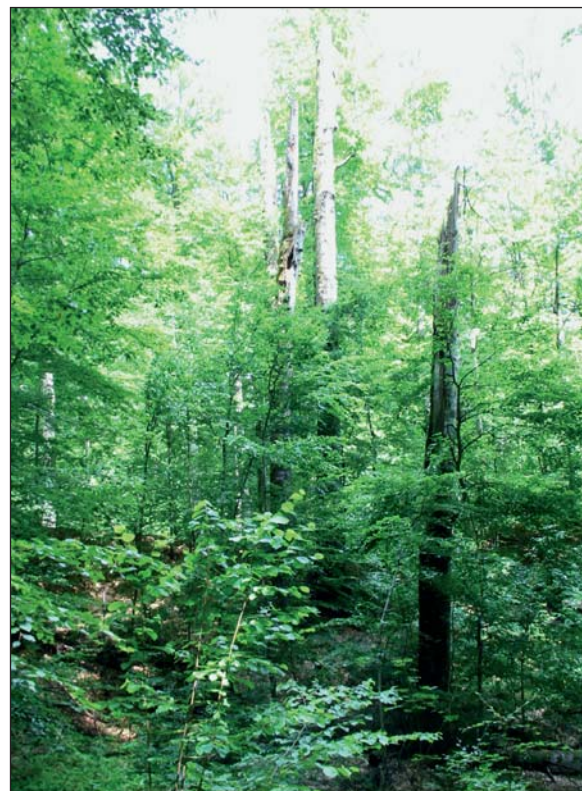


Abb. 7 a, b: K Phase (li) und Ω Phase (re.) im Modell des „adaptive cycle“ am Beispiel von Buchenbeständen in Südosteuropa (Foto links: P. SPATHELF, Foto rechts: P. MANN)

Box 2: Kleinräumige Störungsregime in Wäldern der gemäßigten Zone Mitteleuropas

Kleinflächige Bestandesöffnungen, hervorgerufen durch Schneebruch, Sekundärschädlinge, wie rindenbrütende Borkenkäfer, oder das Absterben einzelner Bäume, wie z. B. durch Blitzschlag, bilden das Grundmuster des Störungsregimes in den Wäldern Deutschlands. Je nach Größe der Bestandesöffnung ermöglicht dies die Walderneuerung mit Baumarten unterschiedlicher Schattoleranz bzw. sukzessionaler Stellung.

Die am besten geeignete waldbauliche Verjüngungsform zur Imitation dieses Störungsregimes (gap dynamics) ist der Femel- bzw. Lochhieb.



Abb. 8: Femellücke (gap dynamics) im Buchenwald im Solling (Foto: A. BOLTE)

baugeschichte ist reich an Beispielen, wo einzelne Systeme aus unterschiedlicher Motivation auf der Ebene von ganzen Ländern verbindlich vorgeschrieben wurden (z. B. Blendersaumschlag in Württemberg oder Keilschirmschlag in Baden in der 1. Hälfte des 20. Jh.). Entscheidender Faktor auf Bestandesebene ist die Förderung / Erhaltung von (Baum)arten, die einen positiven Nachbarschaftseffekt ausüben, wie z. B. Beschattung, Samenfall, Stockausschlag. Daneben gilt es, so genannte „key structural legacies“ zu erhalten, also Requisiten, wie Totholz, Samenbäume, Jungwuchs. Diese sind zur Aufrechterhaltung von langfristig stabilen Ökosystemzuständen von großer Bedeutung.

Die Hinwendung zu Programmen des naturnahen Waldbaus in vielen Regionen Mitteleuropas hat diesbezüglich jedoch zu einer Verengung des Spektrums der waldbaulichen Verjüngungsformen geführt. So wurden kleinflächige, eher einzelbaumweise Erneuerungsstrategien, und die Bildung spätsukzessionaler Wälder deutlich zu Lasten der frühsukzessionalen Baumarten und der damit verbundenen flächenhaften Verjüngungsformen präferiert (LÜPKE 2004). Die stärkere Einbindung von Baumarten der Pionier- und Zwischenwaldgesellschaften durch Nutzung von kurzfristigeren Verjüngungsverfahren stellt zwar kein Paradigmenwechsel, jedoch eine gewisse Kurskorrektur im naturnahen Waldbau dar.

Natürliche Störungsereignisse in Kiefernbeständen Norddeutschland und ihre Integration in waldbauliche Maßnahmen

Natürliche Entwicklungsdynamik

Ausgangspunkt bei der natürlichen Dynamik von Kiefernwäldern Norddeutschlands ist das Vorherrschen von überdicht ankommender Verjüngung, meist „aus einem Guss“. Dies bedeutet, dass i. d. R. keine vertikalen und horizontalen Struktursätze in diesen Kiefernbeständen gegeben sind, es sei denn, in kleineren Löchern oder Störungslücken bilden sich stärker zeitlich gestreckte Teilverjüngungen (OTTO 2002). Die wichtigsten Störungsfaktoren in den Kiefernwäldern Norddeutschlands bilden

- Waldbrand,
 - Windwurf und
 - Biotische Störungen
- (vgl. Box 3).

Box 3: Störungsfaktoren in Kiefernbeständen Norddeutschlands

Waldbrand

Vergraste Bestände sowie große Mengen von brennbarem Material führen dazu, dass in trockenen Jahren, insbesondere in jungen dicht bestockten Kiefernbeständen, eine sehr große Waldbrandgefahr herrscht. Mit einem Anteil von 30 % an den gesamten Waldbränden in Deutschland ist Brandenburg das Gebiet mit dem höchsten Risiko. Brandauslöser sind in > 90 % der Fälle jedoch Menschen. Zwischen 1992 und 2005 wurden in Brandenburg jährlich 514 Brände registriert mit Brandflächen von 267 ha. Neben der Bildung von Kahlflecken unterschiedlicher Größe mit entsprechenden Freiflächen-Mikroklimata führen die Brände zu erhöhter Mineralisierung der organischen Substanz und zu Humusverlusten.



Abb. 9: Wiederbesiedlung einer Brandfläche in der Oberförsterei Hammer (Brandenburg) (Foto: T. NESS)

Windwurf

Von so genannten Jahrhundertstürmen abgesehen, haben Sturmereignisse in Kiefernbeständen eine strukturierende Wirkung im Bereich der Kleinflächen- und Lückendynamik. Insgesamt besteht in Kiefernbeständen auf Grund der besseren Verankerung der Kiefernwurzel im Boden (Ausbildung eines charakteristischen pfahlartigen Grobwurzelsystems) jedoch ein geringeres Sturmwurfisiko als in Fichtenbeständen.

Biotische Störungen

Grosse Teile der Kiefernbestände in Norddeutschland sind stark gefährdet durch eine Reihe von Kiefern-Großschädlingen (insbesondere nadelfressende Schmetterlingsarten). Darüber hinaus

sind pilzliche Erreger, wie *Heterobasidion annosum* (Wurzelschwamm) verantwortlich für wirtschaftliche relevante Schäden an Kiefern. Die Folgen dieser biotischen Schädlinge sind meist lücken- bis kleinflächige Störungsmuster. Je stärker die Laubholzbeteiligung und je fragmentierter die Kiefernwaldkomplexe, umso kleinflächiger sind die Störungen der Bestandesstruktur.



Abb. 10: Kahlfraß durch Kiefernspinner
(Foto: C. MAJUNKE)

In der Streckungsphase von Kiefernjungbeständen gehen anfänglich vorhandene Höhenunterschiede wieder verloren, soziale Differenzierungsprozesse werden ausnivelliert. Im Laufe der Bestandesentwicklung als Folge des Dichtschlusses bilden sich homogene strukturarme Bestände heraus (OTTO 2002).

Neben den kleinen Gebieten mit natürlichen Kiefern-vorkommen (vor allem im subkontinentalen Südosten Brandenburgs, auf nährstoffarmen, trocken-warmen Standorten), stellen Kiefernwälder in Norddeutschland auf dem Weg zu Klimaxgesellschaften, die von Schattbaumarten geprägt sind, sukzessionale Zwischenstellungen dar (so genannte Kiefern-Forstgesellschaften).



Die wichtigsten Baumarten, die in diese Pioniergesellschaften einwandern, sind die Buche und andere standortsheimische Laubbaumarten, wie Eichen, Linden und Eberesche. Auf Grund der großen Konkurrenzkraft der Laubbäume kommt es zu einem Verdrängungsprozess, wobei die Kiefern meist überwachsen werden und der Kiefernbestand sich auflöst bzw. untergeht. Nur in wenigen natürlichen Waldformationen mit Beteiligung von Laubbäumen gelingt es der Kiefer, sich im Herrschenden zu halten, so z. B. in Eichen-Trockenwäldern mit geringer Wuchsleistung oder – noch seltener – in mattsüchtigen Buchenwäldern auf nährstoffarmen bzw. verhagerten Standorten (HOFMANN 2007).

Nachahmung von Störungsereignissen

Ein wichtiger Bereich dazu ist die Strukturförderung. So können im Wege der Mischwuchsregulierung lichtbedürftige Baumarten durch flächenhafte Mischung in einem Grundbestand aus konkurrenzkräftigen Schattbaumarten gesichert werden (horizontale Strukturierung).

Die Auswahl von Z-Bäumen und deren konsequente Förderung auch bei unregelmäßigen Abständen führt zu einer Durchmesser-Differenzierung im Bestand (schnell dick werdende Z-Bäume, Füllbestand mit geringerem d-Wachstum) und bei Zieldurchmesserernte zu einer vorzeitigen Ernte von durchmesserstarken Individuen. Die dabei entstehenden Lücken können für eine Bestandesverjüngung genutzt werden. Entsprechende Lücken entstehen auch, wenn Bäume als Überhälter belassen werden und stehend absterben.

Generell führen langfristige Verjüngungsverfahren zu einer Strukturierung des Nachfolgebestandes, vor allem hinsichtlich des Alters und des Durchmessers. Be-



Abb. 11 a, b: Strukturierte Kiefernverjüngung in der Oberförsterei Zehdenick, Brandenburg (Fotos: P. SPATHELF)

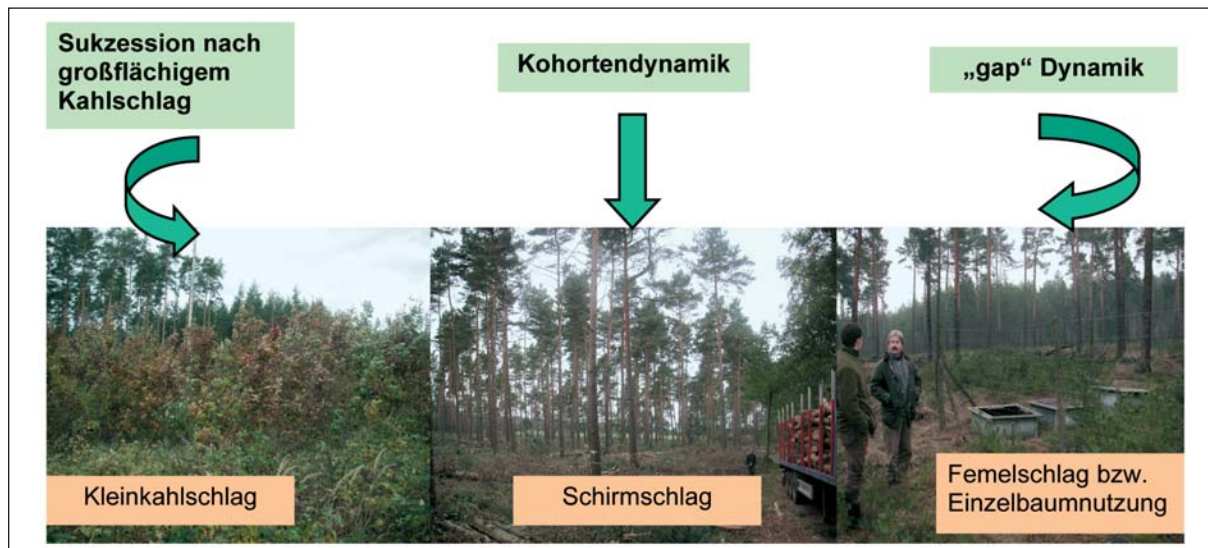


Abb. 12: Imitation des natürlichen Störungsregimes anhand waldbaulicher Verjüngungsverfahren mit Beispielen aus Kiefernbeständen Norddeutschlands (Foto: P. SPATHELF)

sonders gut geeignet für zahlreiche Baumarten ist das Femelschlagverfahren. Zu beachten ist dabei, dass zur Etablierung von lichtbedürftigen Baumarten ggf. größere Bestandesöffnungen vorgenommen werden müssten (Abb. 11 a, b).

Grundsätzliche Möglichkeiten der Imitation von natürlichen Störungsereignissen durch waldbauliche Verjüngungsverfahren in Kiefernbeständen sind in Abb. 12 dargestellt. In Kiefernbeständen spielen insbesondere Kleinkahlschlag und Schirmschlag eine Rolle, bei denen mittlere Störungsereignisse nachgeahmt werden. Versuche, Kiefernwälder kleinflächig zu bewirtschaften, gab es durchaus in der Vergangenheit, so z. B. im Wege von Kulissenschlägen und Lochhieben. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass sich eine großflächige Dauerwaldwirtschaft in den Kiefernrevieren nicht durchgesetzt hatte (vgl. MILNIK 2007). Dennoch zeigen einige Beispiele (Graf von Bernstorff'scher Betrieb in Gartow, Niedersachsen), wie durch kontinuierliche Qualitätsauslese und langfristige Naturverjüngung zumindest zweischichtige strukturierte Kiefern-mischbestände mit ökonomischem Erfolg bewirtschaftet werden können.

Ausblick

Es ist offenkundig, dass angesichts des Klimawandels in Zukunft vermehrt mit Störungsereignissen in der Waldwirtschaft gerechnet werden muss (BOLTE et al. 2009). Der Waldbau kann dazu beitragen, die Optionen zur Schaffung resilienter Bestände in größerem Umfang zu nutzen, indem die unterschiedlichen Störungsmuster bewusst imitiert werden. Störungen sind somit weniger als „Katastrophe“, sondern als integraler Bestandteil für die Waldentwicklung und damit als Chance zu sehen. Bei einer genauen Betrachtung der Programme der naturnahen Waldwirtschaft deutet sich zudem an, dass eine Verengung des Begriffs auf die einzelbaumweise Bewirtschaftung von durch Klimaxbaumarten dominierten Beständen (möglichst im Dauerwald) nicht zwingend zu klimastabileren Wäldern führt.

Daher sollte für eine Optionenvielfalt bei den Bewirtschaftungsformen plädiert werden. Es gilt, die Komplexität des Ökosystems Wald zu fördern bzw. aufrecht zu erhalten (Abb. 13, vgl. PÜTTMANN et al. 2008 „managing for complexity...“).

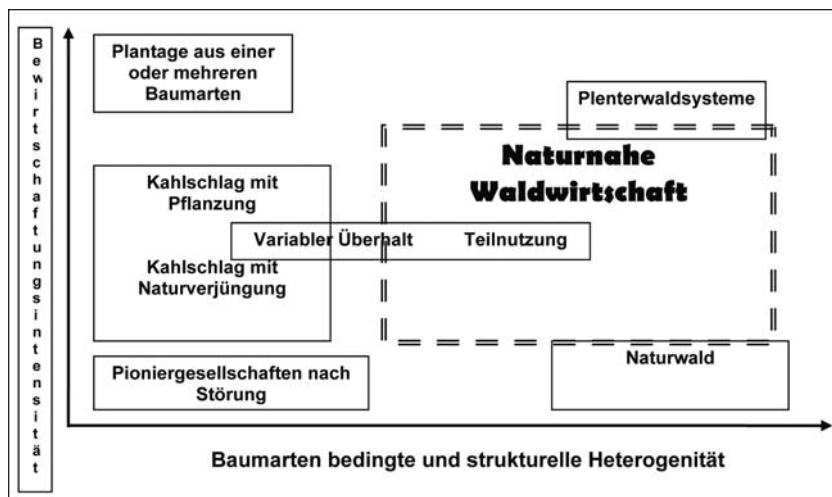


Abb. 13: „Managing for complexity“ (nach PÜTTMANN et al. 2008, verändert)

Eine so verstandene naturnahe Waldwirtschaft deckt somit eine größere Breite im Spannungsfeld der Parameter Bewirtschaftungsintensität und Heterogenität ab als beispielsweise eine Plenterwald-Bewirtschaftung.

Literatur

- BOLTE, A.; IBISCH, P. L. (2008): Funktionen des Waldes im Klimawandel – Konfliktfelder und mögliche Lösungen. In: MLUV, Waldmanagement im Klimastress – Anpassungsstrategien im nordostdeutschen Tiefland. Potsdam: 7-14.
- BOLTE, A.; AMMER, C.; LÖF, M.; NABUURS, G.-M.; SCHALL, P.; SPATHELF, P. (2009): Adaptive Forest Management – a Prerequisite for Sustainable Forestry in the Face of Climate Change. In: SPATHELF, P. (ed.): Sustainable forest management in a changing world: A European perspective. Springer, Berlin (im Druck).
- CAIS, PH.; REICHSTEIN, M.; VIOVY, N.; GRANIER, A.; OGEE, J.; ALLARD, V.; BUCHMANN, N.; AUBINET, M.; BERNHOFER, CHR.; CARRARA, A.; CHEVALLIER, F.; DE NOBLET, D.; FRIEND, A.; FRIEDLINGSTEIN, P.; GRÜNWALD, T.; HEINESCH, B.; KERONEN, P.; KNOHL, A.; KRINNER, G.; LOUSTAU, D.; MANCA, G.; MATTEUCCI, G.; MIGLIETTA, F.; OURCIVAL, J. M.; PILEGAARD, K.; RAMBAL, S.; SEUFERT, G.; SOUSSANA, J. F.; SANZ, M. J.; SCHULZE, E. D.; VESALA, T.; VALENTINI, R. (2005): European-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437: 529-533.
- DOBBERTIN, M.; DE VRIES, W. (2008): Interactions between climate change and forest ecosystems. In: FISCHER, R. (ed) Forest ecosystems in a changing environment: identifying future monitoring and research needs. Report and Recommendations COST Strategic Workshop, 11-13 March 2008 Istanbul, Turkey. <http://www.costforest2008.org/docs/COST-Brochure.pdf>. Accessed 15 July 2008.
- DREVER, R. C.; PETERSON, G.; MESSIER, C.; BERGERON, Y.; FLANNIGAN, M. (2006): Can forest management based on natural disturbances maintain ecological resilience? *Can. J. For. Res.*, 36: 2285-2299.
- EEA (2004): Impacts of Europe's changing climate – An indicator-based assessment. EEA-Report 2/2004. Luxembourg.
- HOFMANN, G. (2007): Die Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) in der Vegetation des nordostdeutschen Tieflandes. In MLUV: Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. XXXII: 41-53.
- HUNTER, M. D. (2001): Multiple approaches to estimating the relative importance of top-down and bottom-up forces on insect populations: experiments, life tables, and time-series analysis. *Basic and Applied Ecology*, 4: 293-310.
- IPPC (2007): Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon, S. D.; Qin, M.; Manning, Z.; Chen, M.; Marquis, K. B.; Averyt, M.; Tignor und Miller, H. L. (Hrsg.)). Cambridge University Press. Cambridge-New York.
- KNOKE, T.; AMMER, C.; STIMM, B.; MOSANDL, R. (2008): Admixing broadleaved to coniferous tree species: a review on yield, ecological stability and economics. *Eur. J. For. Res.*, 127: 89-101.
- KÖLLING, C.; ZIMMERMANN, L. (2007): Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber Klimawandel. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, 67: 259-268.
- LÜPKE, B. V. (2004): Risikominderung durch Mischwälder und naturnaher Waldbau – ein Spannungsfeld. *Forstarchiv*, 75: 43-50.
- MILNIK, A. (2007): Zur Geschichte der Kiefernwirtschaft in Nordostdeutschland. In MLUV: Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. XXXII: 14-21.
- MÖLLER, K.; WALTER, C.; ENGELMANN, A.; HIELSCHER, K. (2007): Die Gefährdung der Gemeinen Kiefer durch Insekten. In MLUV: Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. XXXII: 254-257.
- MÜLLER, K. (2007): Die aktuelle Verbreitung der Kiefer in Brandenburg. In MLUV: Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. XXXII: 9-13.
- OTTO, H.-J. (2002): Wachstum und Strukturbildung in europäischen Kiefernwäldern – Ein Beispiel für das Gesetz des Standorts, Teil I und II: 50-511, 550-555.
- PRETZSCH, H. (2003): Diversität und Produktivität von Wäldern. *Allg. Forst- u Jagdzeitung*, 174: 88-98.
- PUETTMANN, K. J.; COATES, D. K.; MESSIER, C. C. (2008): A Critique of Silviculture. Managing for Complexity. Island Press: 206 S.
- SMITH, D. M. (1962): The practice of silviculture. John Wiley & Sons, New York: 578 S.
- WALKER, B.; HOLLING, C. S.; CARPENTER, S. R.; KINZIG, A. (2004): Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecol. Soc.*, 9 (2): 5. Available from <http://www.ecologyandsociety.org/vol9iss2/art5>.