

Michael Elmer, Ralf Kätzel, Oliver Bens, Claus-Thomas Bues,
Herbert Sonntag, Reinhard F. Hüttl (Hrsg.)

Nachhaltige Bewirtschaftung von Eichen-Kiefern-Mischbeständen

im Spannungsfeld von Klimawandel,
Waldumbau und internationalem Holzmarkt



Dieses Buch wurde klimaneutral hergestellt.
CO₂-Emissionen vermeiden, reduzieren, kompensieren –
nach diesem Grundsatz handelt der oekom verlag.
Unvermeidbare Emissionen kompensiert der Verlag
durch Investitionen in ein Gold-Standard-Projekt.
Mehr Informationen finden Sie unter [www.oekom.de/ueber-
uns/nachhaltigkeit-bei-oekom/klimaneutraler-verlag.html](http://www.oekom.de/ueberuns/nachhaltigkeit-bei-oekom/klimaneutraler-verlag.html)



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2009 oekom, München
oekom verlag, Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH
Waltherstrasse 29, 80337 München

Satz: Michael Elmer
Layout: metronom | Agentur für Kommunikation und Design, Leipzig
Umschlag: Sarah Schneider, oekom verlag
Umschlagabbildung: Jens Schröder

Druck: Kessler Verlagsdruckerei, Bobingen
Dieses Buch wurde auf FSC-zertifiziertem Papier gedruckt.
FSC (Forest Stewardship Council) ist eine nichtstaatliche,
gemeinnützige Organisation, die sich für eine ökologische und
sozialverantwortliche Nutzung der Wälder unserer Erde einsetzt.

Alle Rechte vorbehalten
ISBN 978-3-86581-196-7

Michael Elmer, Ralf Kätzel, Oliver Bens, Claus-Thomas Bues,
Herbert Sonntag, Reinhard F. Hüttl (Hrsg.)

Nachhaltige Bewirtschaftung von Eichen-Kiefern-Mischbeständen

im Spannungsfeld von Klimawandel, Waldumbau
und internationalem Holzmarkt

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

b.tu

Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus



Holzindustrie
Templin



POTSDAM-INSTITUT FÜR
KLIMAFOLGENFORSCHUNG

Technische Fachhochschule Wildau
University of Applied Sciences



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

INHALT

	Autoren	9
1	Vorwort	13
2	Grundlagen und Forschungsfragen	17
2.1	Vom Ökosystem bis zum Thermoholz: Fragen auf dem Weg in die Zukunft	17
2.1.1	Ökologie: Umweltbedingungen heute und in der Zukunft	19
2.1.2	Bewirtschaftung: Nachhaltigkeit in Eichen-Kiefern-Mischbeständen unter Klimaänderung	20
2.1.3	Eichenholz: der Weg vom schwachen zum hochwertigen Holz	21
2.1.4	Forstlogistik: neue Herausforderungen für Kiefernspezialisten	22
2.2	Blick nach vorn: Szenarios und Modelle in der Forstwissenschaft	24
2.2.1	Szenarios: Mögliche Verläufe der Zukunft	24
2.2.2	Der Wachstumssimulator BWINPro	25
2.2.3	Das prozessbasierte Waldwachstumsmodell 4C	26
2.3	Von Mull bis Moder: die Lage der Standorte und ihr Klima	26
2.3.1	Lage und Eigenschaften der untersuchten Standorte	26
2.3.2	Klima gestern und heute	27
3	Boden und Standortqualität	31
3.1	Eigenschaften der Chronosequenz-Standorte	31
3.2	Traubeneichen im Kiefernwald – Gibt es bodenökologische Veränderungen?	33
3.2.1	Methoden und Instrumente	33
3.2.2	Humusmorphologie und Bodenchemie	34
3.2.3	Organische Substanz aus Streustoffen: Eintrag, Umsatz und mittelfristige Speicherung	38
3.3	Wie sind die bodenökologischen Effekte des Waldumbaus zu bewerten?	42

4	Bestand und Bewirtschaftung	45
4.1	Die Bestände in Geschichte und Gegenwart	45
4.1.1	Forstgeschichte	45
4.1.2	Von Alter bis Zufallsverteilung: Charakterisierung der Bestände	47
4.2	Die Bestände in ihrer Umwelt	49
4.2.1	Genetische Differenzierung	49
4.2.2	Von der Knospe zum Blatt: Die Phänologie der Traubeneiche	51
4.2.3	Vitalität der Eiche im Spiegel von Laubverlust und Kronenstruktur	53
4.2.4	Die Fraßgesellschaft: Gefahren durch Insekten	55
4.2.5	Wachstum und Konkurrenz: Eiche und Kiefer im Vergleich	56
4.2.6	Einfluss der Witterung auf den Zuwachs	59
4.2.7	Eine Frage der Erlöse: Holzqualität im Vergleich	61
4.3	Erste Schlussfolgerungen und Empfehlungen	62
4.3.1	Wege zu höherer Vitalität	62
4.3.2	Wachstum und Bewirtschaftung von Mischbeständen	64
5	Holzeigenschaften von Traubeneichen-Schwachholz	67
5.1	Holzqualität von Traubeneichen aus Eichen-Kiefern-Mischbeständen	67
5.1.1	Prognose: Holz-Anfall und Stärkegliederung in der Zukunft	67
5.1.2	Holzqualitäten nach Stehendansprachen	68
5.1.3	Holzqualität im Mischbestand	74
5.2	Innere Holzeigenschaften von Traubeneichen-Schwachholz	77
5.2.1	Innere Astigkeit	77
5.2.2	Juveniles Holz	78
5.2.3	Astholz	79
5.2.4	Rinden-Nekrosen und ihre Bedeutung für die Holzverwendung	80
5.2.5	Schnittholzerzeugung aus Traubeneichen-Schwachholz	82
5.3	Schlussfolgerungen	83
5.3.1	Bestandesbewirtschaftung	83
5.3.2	Verwendungseigenschaften von Eichenschwachholz	84
6	Holzlogistik	87
6.1	Ist-Zustand	87
6.1.1	Bedeutung der Logistik in der Wertschöpfungskette Forst und Holz	87
6.1.2	Die Holzlogistik im Nordostdeutschen Tiefland	89
6.1.3	Stand von Forschung und Entwicklung	92
6.2	Analyse, Entwicklung und Testeinsatz	94
6.2.1	Gestaltung des Informationsflusses und Einsatzszenario	94
6.2.2	Funktionen der Dispositions- und Informationsplattform	97
6.2.3	Einsatz von RFID in der Holzlogistik	100
6.3	Zukünftige Anforderungen an die Holzlogistik	103

7	Herstellung von thermisch modifiziertem Holz	107
7.1	Weshalb zu Thermoholz forschen?	107
7.2	Untersuchung der Eigenschaften des thermisch modifizierten Holzes	108
7.2.1	Charakterisierung des Ausgangsmaterials	108
7.2.2	Grundlagen der thermischen Modifizierung von Holz	108
7.2.3	Ablauf der Versuche	109
7.2.4	Eigenschaftsprofil des Thermoholzes	111
7.3	Verwendung von thermisch modifiziertem Eichenschwachholz	114
8	Nutzung von Modellen zur Vorbereitung auf die Zukunft	119
8.1	Ein Wachstumssimulator für Eiche und Kiefer in Brandenburg	119
8.1.1	Szenarios für die Bewirtschaftung	120
8.1.2	Modellablauf	121
8.1.3	Ergebnisse	121
8.2	Prozessbasierte Modellierung des Waldwachstums mit 4C	125
8.2.1	Szenarios für Klima und Bewirtschaftung	125
8.2.2	Bewirtschaftungsszenarios im Klimawandel	127
8.2.3	Kohlenstoffspeicherung im Boden unter Szenarios der Bewirtschaftung und des Klimawandels	130
8.2.4	Integration der Analysen	132
8.3	Modell und Wirklichkeit: Was lässt sich lernen?	133
9	Synthese und Ausblick	137
9.1	Umwelt: Mischbestände sind besser gerüstet für den Klimawandel	137
9.2	Bewirtschaftung: horstweise Mischung als Kompromiss für Umwelt und Erträge	139
9.3	Innovationen: Internet-Plattform stützt Logistik, thermische Behandlung stärkt schwaches Holz	141
10	Literatur	145
	Anhang	155

J. Schröder, A. Michel, R. Kätzel, A. Degenhardt

4 Bestand und Bewirtschaftung

Forschung in Wäldern muss sowohl die raum-zeitliche als auch die ökosystemare Eingebundenheit ihrer Untersuchungsobjekte berücksichtigen. Deshalb beschreiben die folgenden Abschnitte den forsthistorischen Hintergrund der untersuchten BESTÄNDE⁴ und stellen die wichtigsten Ergebnisse vor, die aus den Analysen des gegenwärtigen Zustands abgeleitet wurden. Sie reichen von der Genetik und PHÄNOLOGIE der Traubeneiche über die Konkurrenzverhältnisse zwischen den einzelnen Bäumen und das Wachstumsgeschehen der Vergangenheit bis zur Abschätzung der Witterungswirkungen auf die Entwicklung des Zuwachses von Kiefer und Eiche. Als Ergebnis dieser Einzelerkenntnisse stehen am Ende des Kapitels Ausblicke und Empfehlungen zur Förderung von Wachstum und Vitalität von Eichen-Kiefern-Mischbeständen.

4.1 Die Bestände in Geschichte und Gegenwart

4.1.1 Forstgeschichte

Die forsthistorischen Recherchen konzentrierten sich auf die Geschichte der Waldkomplexe, in denen die Kernflächen der Untersuchungen liegen (vgl. Kap. 2.3): der »Hohen Heide« bei Havelberg (K1), der »Rochauer Heide« zwischen Luckau und Hohenbucko (A1, A2, A4, K2) sowie das Gebiet der ehemaligen Oberförsterei Siedichum bei Müllrose (A3, A5/K3) (Höhne & Marquardt 2007, 2009). Danach sind die »Hohe Heide« wie auch die »Rochauer Heide« und das Gebiet Siedichum Kernwaldgebiete mit einer durchgängigen BESTOCKUNG seit dem Mittelalter. Auch bei K4 handelt es sich nach den vorliegenden Informationen und Karten um einen älteren Waldstandort. Unsicherheiten bestehen hinsichtlich der Fläche K5 in Südostpolen, deren Nähe zu Siedlungen, die Artenstruktur und das Relief für eine frühere landwirtschaftliche Nutzung sprechen.

⁴ Zentrale Fachbegriffe des Buches werden in einem Glossar im Anhang erläutert. Bei der ersten Erwähnung je Kapitel sind sie in KAPITÄLCHEN gesetzt.

Charakteristisch ist für alle Flächen das gemeinsame Vorkommen von Traubeneiche und Kiefer seit langer Zeit, zum Teil als Einzelbaum-Mischung (K1, K2, K4), zum Teil in Form artreiner Gruppen oder HORSTE (A5/K3, K5, A4). Der größte Teil der Bäume ist aus natürlicher Verjüngung hervorgegangen, teilweise unterstützt durch Saat (K1, K2, A5/K3, A1) oder Pflanzung (K1, A1) beider Baumarten. Als Ergebnis der zeitlich gestreckten Verjüngung unter dem Altbestandsschirm sind besonders bei der Eiche Bäume unterschiedlichen Alters auf den Flächen vertreten, in einzelnen Fällen auch mehrere Generationen: Auf K1 zum Beispiel stehen neben dem rund 140-jährigen Eichen-Hauptbestand einzelne wesentlich ältere Starkeichen (Überhälter) sowie Bäume einer im Mittel 55-jährigen Naturverjüngung (Abb. 4.1 links). Auf A4 und K2 sind ebenfalls zwei Eichengenerationen vertreten, auf A4 als Reste eines ehemaligen Hauptbestandes im Alter von rund 135 Jahren und daneben als 50- bis 60-jährige zweite Schicht, die zusammen mit den auf der Fläche stockenden Kiefern in größeren Bestandeslücken aufwuchs. Auf K2 stehen rund 95-jährige Eichen in enger Mischung mit etwa 200-jährigen Individuen, die ungefähr ein Achtel des Bestands an Eichen ausmachen.

Die Bewirtschaftungsgeschichte der Bestände ist direkt mit ihrer heutigen Erscheinung verbunden, zum einen hinsichtlich der räumlichen Struktur, zum anderen in Bezug auf das Volumen und die Güte des Holzes. Die langen Produktionszeiträume speziell bei der Eiche führen dazu, dass sich beispielsweise in der Schaftqualität der Fläche A4 in der Rochauer Heide noch immer die Auswirkungen der Holzeinschläge nach dem zweiten Weltkrieg widerspiegeln. Die Gründe dieser Eingriffe lagen in den zu leistenden Reparationen und im Wiederaufbau. Sie konzentrierten sich auf geradschaftige, wüchsige Bäume und hinterließen lückige Bestände mit übergroßen Anteilen schlecht geformter, wuchsschwacher Eichen. An Stelle der entnommenen Eichen und Kiefern kam Naturverjüngung auf, die heute neben den verbliebenen Alteichen das Bild prägt.



Abb. 4.1: Alteiche auf der Fläche K1 (links), Eichenunterstand aus Hähersaat auf A2 (rechts)

Die Eichen der jüngeren CHRONOSEQUENZ-Flächen sind auf unterschiedliche Art entstanden. Die Fläche A1 wurde 1999 als Voranbau durch Saat und Pflanzung auf verschieden vorbereitetem Boden in einem reinen Kiefernbestand angelegt (Kätzel et al. 2004). Ein Teil der Fläche blieb unbearbeitet und enthält heute eine unregelmäßige natürliche Verjüngung aus Eiche und Kiefer. Auf der Fläche A2 ist die Eichenschicht aus »Hähersaat« in einem geschlossenen Kiefern-Reinbestand hervorgegangen, das heißt aus Eicheln, die der Eichelhäher (*Garrulus glandarius* L.) durch sein charakteristisches Vorsorgeverhalten im Waldboden versteckt hat (Abb. 4.1 rechts). Probefällungen belegen, dass die Eichen zum größten Teil in den Jahren 1962 bis 1977 gekeimt haben, das entspricht auf 2006 bezogen einer Altersspanne von 30 bis 44 Jahren. Die waldbaulichen Maßnahmen der jüngeren Vergangenheit haben sich auf das allmähliche Räumen der Kieferschicht und eine Z-BAUM-orientierte Pflege des Unterstands konzentriert. Aktuell sind rund 1.000 Eichen je Hektar vorhanden, der Anteil gut geformter ZUKUNFTS-STÄMME liegt bei zehn bis zwölf Prozent. Die Eichen und Kiefern auf A3 wiederum sind vollständig durch natürliche Verjüngung aus Aufschlag oder Anflug entstanden, Mutterbäume befanden sich direkt auf der Fläche oder in unmittelbarer Nachbarschaft.

4.1.2 Von Alter bis Zufallsverteilung: Charakterisierung der Bestände

Die Mischung der Baumarten und ihr uneinheitliches Alter begrenzen die Möglichkeiten, die Versuchsflächen mit traditionellen forstlichen Bewertungsverfahren zu beurteilen. Angaben wie etwa zur Bonität als Einschätzung der standörtlichen Leistungsfähigkeit oder zu mittleren Höhen und Durchmesser beziehen sich in diesem Abschnitt auf das dominierende Kollektiv beziehungsweise den Hauptbestand und sind in dem Bewusstsein teilweise beträchtlicher Spannweiten zu interpretieren (Tab. 4.1).

Der Vergleich der Bestockungsgrade als Verhältnis der realen Dichte zu den Modellwerten der Ertragstafel zeigt, dass die Versuchsflächen unterschiedliche Bestandesdichten aufweisen. Auffällig ist bei den ähnlich aufgebauten Beständen der Klimasequenz die Spanne zwischen sehr hohen Werten (z.B. 1,2 in der Summe beider Baumarten auf A5/K3) und Werten unter 1,0 auf K4 (0,78) und K5 (0,86). Die Wuchsleistungen in Form von Oberhöhen und -durchmessern nehmen in der Alterssequenz naturgemäß zu. In der Klimasequenz schwanken sie stärker, als man es bei Betrachtung der einander ähnlichen STANDORTE erwarten würde. Hier kommt zum Tragen, dass die Wuchsleistungen neben den standörtlichen Bedingungen auch die Wirkungen des forstlichen Handelns während des Bestandeslebens reflektieren. Pflegeeingriffe und Erntemaßnahmen haben in ihrer Gestaltung unmittelbaren Einfluss auf die mittleren Dimensionen der Baumarten, aber auch auf die Stammzahl- oder Grundflächenverhältnisse zwischen Eiche und Kiefer. Der Waldbau greift direkt oder auch indirekt (zum Beispiel durch die Entnahme besonders starker Stämme einer Art) in die Konkurrenzbeziehungen ein.

Die kombinierten Wirkungen der bisherigen Behandlung führen zusammen mit Differenzen in Standortsdetails und in der regionalen Witterung dazu, dass sich trotz der Ähnlichkeit auf allgemeiner Ebene die Versuchsflächen des Klimagradienten in vielen Einzelheiten unterscheiden (s. Kap. 3).

Tab. 4.1: Waldwachstumskundliche Kennwerte für die Versuchsflächen (Stand 31.03.2006)

Fl./BA	Alter [a]	DG [cm]	DO [cm]	HG [m]	HO [m]	Nha	Gha [m ²]	VDha [m ³]	RBon	ABon [m]	BG
A1/GKI*	104	33,5	40,0	26,1	25,8	386	33,1	391	1,8	25,3	0,93
A1/TEI*	9			1,3	1,6	4000					
A2/GKI	101	36,0	41,0	26,7	27,4	268	27,2	321	1,4	26,4	0,72
A2/TEI	~35	6,0	9,9	7,3	9,1	1424	4,0	8	2,5	21,4	0,23
A3/TEI	75	24,5	33,9	25,5	28,2	750	33,4	409	0,5	29,4	1,32
A4/GKI	52	22,6	31,3	19,9	21,6	321	12,8	117	0,5	30,0	0,35
A4/TEI	52-155	26,6	41,4	20,0	20,8	324	18,1	186	3,1	19,2	0,77
K1/GKI	140	45,1	45,1	28,2	28,1	100	16,0	199	1,6	25,5	0,45
K1/TEI	140	40,0	43,0	24,5	24,5	124	15,6	203	2,74	20,6	0,63
K2/GKI	177	46,8	46,8	27,4	27,4	93	16,0	193	2,2	25,0	0,46
K2/TEI	91-200	42,7	46,1	24,5	24,9	131	18,7	243	1,4-3,3	26-23,2	0,75
A5/K3/GKI	121	40,6	40,8	27,0	27,2	52	6,7	81	1,7	25,3	0,2
A5/K3/TEI	125	34,7	45,6	29,2	31,2	287	27,1	407	1,2	26,6	1,02
K4/GKI	110	40,1	40,1	27,7	27,7	71	9,0	109	1,8	26,6	0,23
K4/TEI	110	34,6	37,1	26,3	26,9	152	14,3	190	1,6	25,2	0,55
K5/GKI	120	38,2	37,8	24,1	24,2	107	11,6	126	2,4	22,4	0,34
K5/TEI	120	36,7	39,9	23,4	23,5	121	12,9	156	2,6	21,2	0,52

GKI = Kiefer, TEI = Traubeneiche, DG/HG = Brusthöhendurchmesser (BHD) und Höhe des Grundflächenmittelstammes, DO/HO = BHD und Höhe des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Stämme je Hektar (»Oberdurchmesser/Oberhöhe«), Nha und Gha = Stammzahl und Grundfläche je Hektar, Vdha = Derbholz-Volumen je Hektar (ab Durchmesser 7 cm), RBon/ABon = Relative und absolute Bonität nach Ertragstafel Erteld (1963) Hochdurchforstung (Eiche) bzw. Lembcke et al. (1975) mittleres Ertragsniveau (Kiefer), BG = Bestockungsgrad nach Ertragstafel, *Kiefernschirm in A1 stufig aufgelichtet, Zahlen beziehen sich auf Bestockungsgrad-Variante 0,8

Die Nutzungsgeschichte beeinflusst auch die räumliche Struktur der Bestände, die mit verschiedenen Maßzahlen (Indizes) erfasst werden kann. Der INDEX NACH CLARK UND EVANS drückt zum Beispiel aus, wie weit die Baumverteilung von einer natürlichen Zufallsverteilung abweicht (Füldner 1995). Seine Werte liegen auf allen Flächen über 1, was auf eine eher regelmäßige Verteilung als Folge menschlicher Steuerung hinweist.

Am deutlichsten ist dieser Effekt auf A5/K3, K4 und K5 zu beobachten, während A4 und K1 einem zufälligen Muster am nächsten kommen. Die Durchmischung der Baumarten lässt sich mit dem INDEX NACH PIELOU erfassen. Je weiter dieser vom Wert 0 abweicht, der für eine intensive Einzelbaumischung steht, desto seltener sind artgemischte Baumpaare, d.h. desto getrennter voneinander stehen die Baumarten im Bestand. Die höchsten Werte ergeben sich für die Flächen A5/K3 und K5 sowie A4, die ein eher flächiges Nebeneinander von Eichen- und Kieferngruppen aufweisen. Einzelbaumischungen der beiden Arten finden sich hingegen bei Indexwerten nahe 0 auf den Flächen K1, K2 und K4.

4.2 Die Bestände in ihrer Umwelt

Für das Verständnis der Ergebnisse ist das Wissen um Grundzüge der angewandten Methodik nötig, die in Tabelle 4.2 nach den Teiluntersuchungen geordnet dargestellt sind. Weitere Informationen finden sich unter anderem in Petit et al. (2002), Kallweit (2006), Schröder et al. (2007, 2009) und Schröder (2008).

4.2.1 Genetische Differenzierung

Das Anpassungspotenzial von Einzelbäumen, Populationen und Arten an ihre Umwelt wird maßgeblich durch ihre genetische Struktur bestimmt. Für eine erste Abschätzung dieser genetisch determinierten Anpassungsfähigkeit wurden die Kiefern-Eichen-Mischbestände untersucht (Abb. 4.2). Zum einen wurde auf der Grundlage ihrer cpDNA-Haplotypen bestimmt, zu welchem der bekannten voreiszeitlichen Refugialgebiete (Balkan, Iberische Halbinsel, Italien) die Eichen-Populationen gehören. Zum anderen wurde ihre populationsgenetische Struktur mit Hilfe von Isoenzymen an zehn Genorten untersucht.

Neben der hohen genetischen Vielfalt innerhalb der Populationen zeigten sich dabei auch erhebliche genetische Strukturunterschiede zwischen den Beständen verschiedener Untersuchungsgebiete, wohingegen sich die Flächen im selben Gebiet in ihrer genetischen Ausstattung ähneln. Die beobachteten Heterozygotiegrade entsprachen mit circa 20 Prozent der Größenordnung anderer Untersuchungen an Traubeneichen in Brandenburg. Künstliche oder natürliche Migration und Selektion am jeweiligen Standort haben zu eindeutig unterschiedlichen Eichenpopulationen geführt. Diese ausgeprägte Differenzierung zwischen Eichen verschiedener Untersuchungsgebiete belegt eine bedeutende baumartenspezifische Anpassungsfähigkeit an Umweltveränderungen, die jedoch aufgrund der langsamen Generationenfolge mit dem prognostizierten Klimawandel voraussichtlich nicht Schritt halten wird.

Tabelle 4.2: Untersuchungsmethodik zur Analyse der Baum- und Bestandeseigenschaften

Analyse	Stichprobenumfang*	Aufnahmen	Methodik
Genetik: Chloroplasten-DNA	10 TEI /Fläche	einmalig	cpDNA-Haplotypen-Bestimmung durch das Johann Heinrich von Thünen-Institut für Forstgenetik in Waldsiedersdorf
Isoenzymanalysen	alle TEI (~ 210/Fl.)	einmalig	Identifikation der Allele und Genotypen nach Konnert et al. (2004) durch das Labor der FH Eberswalde
Phänologie	20 TEI/Fl.	jährlich 2006- 2008	Frühjahr: 4 Blattaustriebsphasen (Anschwellen der Knospen bis Vollständige Blattentfaltung), Herbst: Laubverfärbung und Blattverlust (%), Beobachtung an jeweils sechs herrschenden TEI schlechter, mittlerer und guter Vitalität sowie zwei besonders früh austreibenden TEI
Nährelementgehalt der Blätter	A1: 40 TEI/Fl., sonst 30 TEI/Fl.	jährlich 2006- 2008	Blattprobennahme im August und Bestimmung der Nährelementgehalte durch die FH Eberswalde: C, N, Al, B, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Pb, S, Zn
Vitalität	10 GKI/Fl., A3, A4, K1-K5: alle TEI im Oberstand	jährlich 2006- 2009	Sommer: Laubverlust (%) nach europaweiter Waldschadenserhebung, Winter: Kronenstruktur nach 8-stufigem Schlüssel von Körver et al. (1999) für TEI
Waldschutz	Alle Flächen	jährlich 2006- 2008	Winterbodensuche, Pheromonfallen, Leimringe, Luftelektoren, Stammabsuchen (Standardverfahren in Brandenburg)
Langfristiges Wachstum und Radialzuwachs	40 TEI/Fl. + 20 GKI/Fl. (A1+A2: nur GKI)	einmalig	Zwei Bohrkerne auf 1,3 m Höhe rechtwinklig zueinander, Messung der Jahrringbreiten, Korrektur auf BHD ohne Rinde, Ableitung von Mittelkurven der BHD-Entwicklung für das betrachtete Kollektiv, Aufstellung von Indexkurven durch Entfernung von Alterstrends und Autokorrelation
Konkurrenz	Bohrkernbäume	einmalig	Berechnung von dimensionsgewichteten Standardraumpolygonen und Konkurrenzindizes

*geringfügige Abweichungen der Zahlen der beprobten Bäume oder der nach Aufbereitung verwertbaren Proben möglich, TEI = Traubeneiche, GKI = Gemeine Kiefer

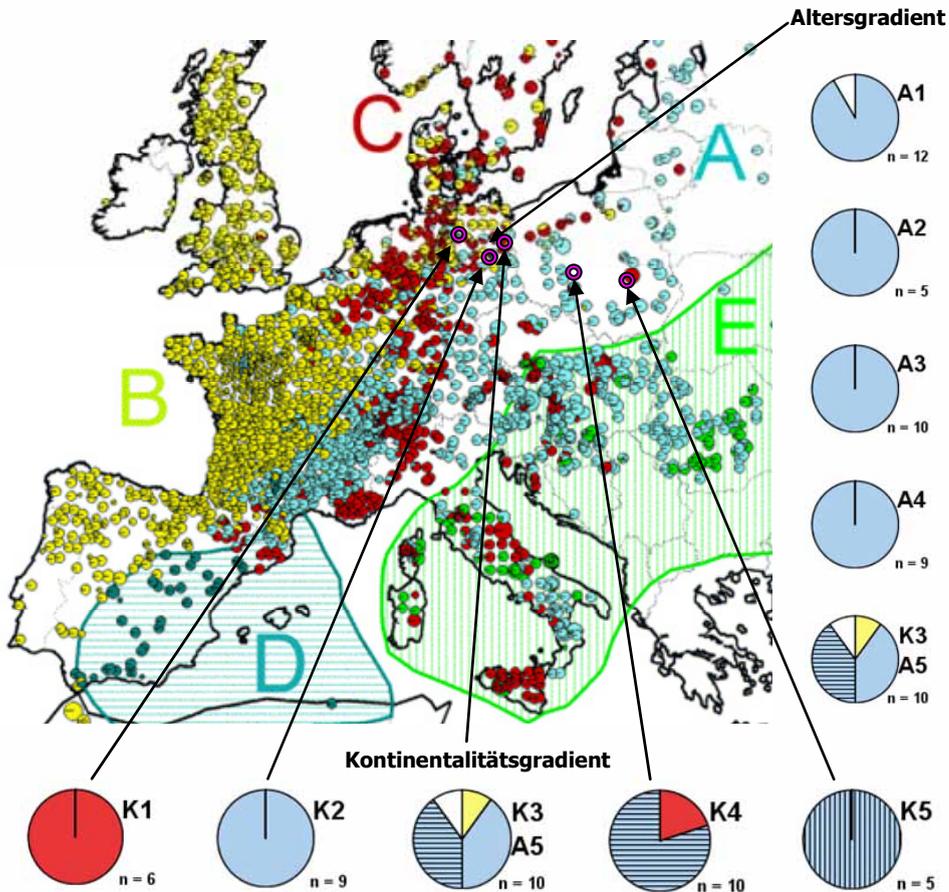


Abb. 4.2: Verteilung der cpDNA-Haplotypen auf den untersuchten Flächen im Vergleich zu Populationen acht verschiedener Eichenarten in Europa und ihrer fünf Abstammungslinien, Herkunft aus den drei Refugialgebieten farblich dargestellt, cp-DNA Haplotypen und ihre glazialen Refugialgebiete: ■ = Typ 1 (Italien), ■ = Typ 5 (Balkan), ■ = Typ 6 (Balkan), ■ = Typ 7 (Balkan), ■ = Typ 10/11 (Spanien), □ = neuer Typ, Abbildung nach Petit et al. (2002), leicht verändert, *Differenz zu den gewonnenen Stichproben aufgrund teilweise mangelnder Verwertbarkeit

4.2.2 Von der Knospe zum Blatt: Die Phänologie der Traubeneiche

In der Phänologie wird der Zeitpunkt jährlich wiederkehrender Wachstums- und Entwicklungserscheinungen von Pflanzen festgehalten, das heißt Beginn und Ende charakteristischer Vegetationsstadien wie Blattentwicklung, Blüte, Fruchtreife, Blattverfärbung oder Blattfall. Abhängig ist der jeweilige Zeitpunkt unter anderem vom Genotyp der Pflanze

sowie verschiedenen auf sie einwirkenden Umweltfaktoren wie der Witterung beziehungsweise dem Klima im jeweiligen Untersuchungsgebiet. Für das Wachstum der Pflanzen entscheidend ist in den gemäßigten Breiten die Länge der Vegetationsperiode, also der Zeitraum zwischen Blattaustrieb und Blattverfärbung, in dem die Pflanze Photosynthese betreiben kann. Im Allgemeinen wird im Rahmen der fortschreitenden Veränderung des globalen Klimas für Mitteleuropa eine Verlängerung der Vegetationsperiode prognostiziert (Menzel 2003).

In den Jahren 2006 bis 2009 wurden das Blattaustriebsverhalten im Frühjahr sowie die Blattverfärbung im Herbst an je 20 gleichmäßig über alle Vitalitätsstufen verteilten Traubeneichen phänologisch beobachtet. Anhand des PHÄNOLOGIE-INDEXES PI ist eine breite phänologische Differenzierung zwischen den Flächen zu erkennen (Abb. 4.3). Der Index berechnet sich aus der Summe des prozentualen Anteils der im Frühjahr erreichten vier Blattaustriebsphasen (1 = Anschwellen der Knospen bis 4 = Laubblätter voll entfaltet) je Baum normiert auf 1.

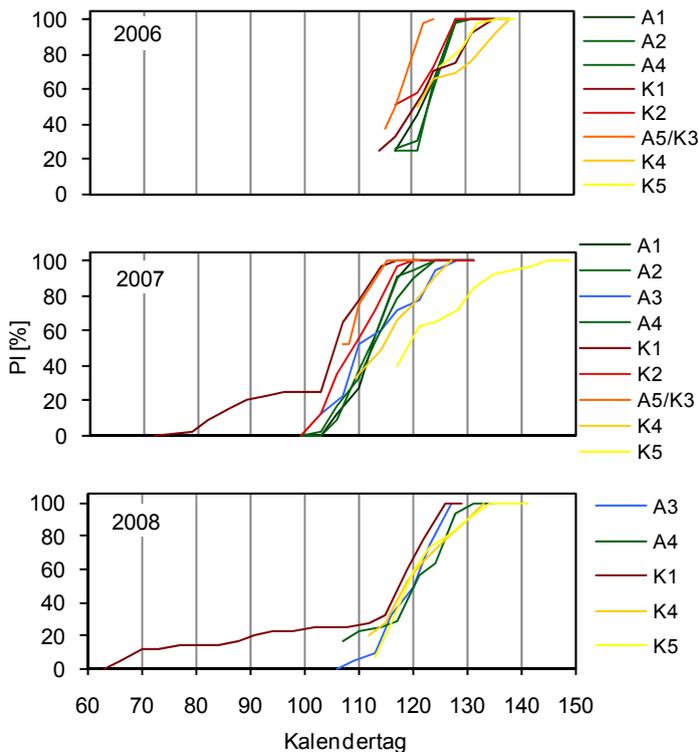


Abb. 4.3: Das Blattaustriebsverhalten der in den Jahren 2006-2008 beobachteten Traubeneichen (durch Flächenmediane dargestellt). PI = Phänologie-Index bezeichnet die kumulierte Frequenz der Austriebsprozente

Die Untersuchungen zeigen eine auffällig frühe Blattentwicklung auf der Fläche A5/K3 in den Jahren 2006 und 2007 sowie eine späte Blattentwicklung auf den beiden östlichen Flächen K4 und K5 in allen drei Untersuchungsjahren. Die Blätter waren in den Jahren 2006 und 2008 auf allen Flächen im Durchschnitt am 10./11. Mai, im Jahr 2007 dagegen bereits am 2. Mai vollständig entfaltet. Die herbstliche Laubverfärbung der Gesamtkrone eines jeden Baumes begann über alle Flächen hinweg jährlich durchschnittlich zehn beziehungsweise sieben Tage eher als im vorangegangenen Jahr (2006: 2. November, 2007: 23. Oktober, 2008: 15. Oktober). Der Zeitraum zwischen vollständiger Blattentwicklung und –verfärbung ist damit in den Jahren 2006 und 2007 gleichgeblieben. Im Jahr 2008 hingegen war die Blattentwicklung nicht nur spät abgeschlossen, die Laubverfärbung setzte auch vorzeitiger ein. Dies hatte im Vergleich zu den beiden anderen Jahren eine um bis zu drei Wochen kürzere Vegetationsperiode zur Folge. Die These einer zukünftig längeren Vegetationszeit kann in Folge des kurzen Beobachtungszeitraums für die untersuchten Flächen nicht bestätigt werden, jedoch bestehen geografische Unterschiede in Form eines verkürzten Zeitraums zwischen Blattaustrieb und Blattverfärbung in den polnischen Beständen.

4.2.3 Vitalität der Eiche im Spiegel von Laubverlust und Kronenstruktur

Seit Beginn der Waldschadenserhebung in Brandenburg im Jahr 1991 wird der Kronenzustand der Traubeneiche als Indikator ihrer Vitalität als besorgniserregend beschrieben. Weit verbreitet ist ein Krankheitsbild, das häufig als »Komplexkrankheit« bezeichnet wird und dessen Ursachen bisher nicht vollständig erklärt werden konnten (Thomas et al. 2002). Der Kronenzustand wird weiter beeinflusst durch die Fähigkeit der Eiche, kurzfristig auf schädigende Einflussfaktoren mit dem Abstoßen wasserziehender Jungtriebe oder dem Austrieb schlafender Knospen zu reagieren (Roloff 1993) und damit auch mehrjährig auftretende Schadfaktoren wie Frost, Trockenheit, Insekten und Pilze zu überleben. Als für die Vitalität der Eichen besonders einschneidendes Ereignis der letzten Jahre ist der »Jahrhundertsummer« von 2003 anzusehen. Im Folgejahr wurden landesweit »Austriebsdepressionen« der Eichen beobachtet. Der für das Jahr 2004 durch den Waldschutzmeldedienst erfasste deutliche Anstieg der Schadholzmengen stützte die Einschätzungen einer entsprechend schlechten Vitalität der Bestände. Seitdem steigen die der Komplexkrankheit »EICHENSTERBEN« zugeordneten Schadholzmengen stetig an. In Brandenburg waren 2008 von den gemeldeten Absterbeerscheinungen auch wieder die Eichen am stärksten betroffen - mit 597 Hektar.

Um die Vitalitätsentwicklung der Traubeneiche auf den Untersuchungsflächen beurteilen zu können, wurden in den Jahren 2006 bis 2008 in den Wintern die Kronenstruktur im laublosen Zustand und in den Sommern der Laubverlust gemäß der europaweiten Waldschadenserhebung eingeschätzt (Körver et al. 1999, Kallweit 2006) (Abb. 4.4, 4.5).

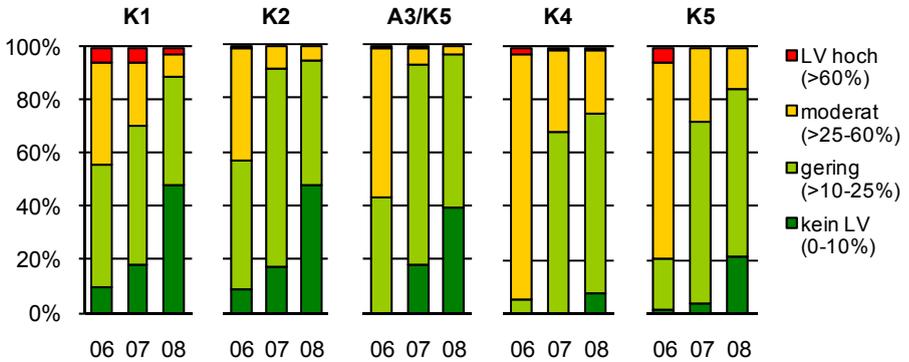


Abb. 4.4: Prozentualer Laubverlust (»LV«) der Eichen auf den Klimasequenzflächen 2006–2008

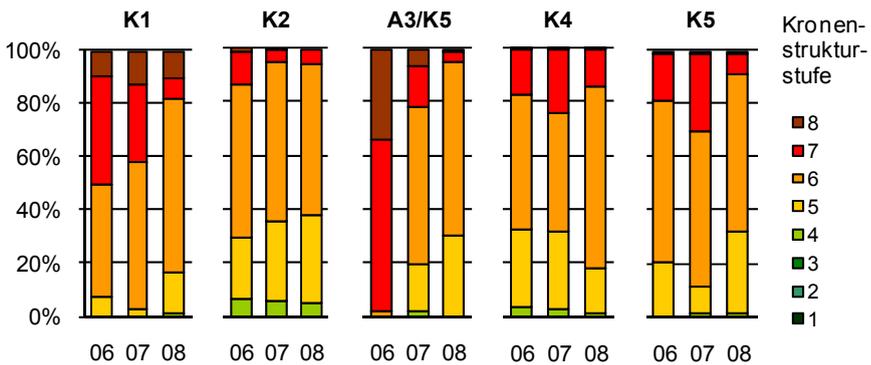


Abb. 4.5: Kronenstrukturstufen der Traubeneichen auf den Klimasequenzflächen 2006–2008 (Kronenstrukturstufen 1 = »Referenzstadium« mit sehr hohem Feinstanteil bis 8 = »Rudimentstadium« annähernd ohne primäre und sekundäre Feinäste in der Krone)

Die Vitalität der Eichen auf den Untersuchungsflächen ist mit denen der Waldschadenserhebungen in Brandenburg und Berlin vergleichbar (MLUV 2008). Zu Beginn der Aufnahmen im Jahr 2006 waren der Belaubungszustand der Eichen sowie ihre Verzweigungsstruktur überwiegend mangelhaft. Seitdem hat sich der Kronenzustand – mit individuellen Unterschieden – deutlich verbessert. Eine mögliche Erklärung für die sichtbare Regeneration der Krone ist die relativ günstige Witterung in den Jahren 2007 und 2008, während 2006 durch einen vorangegangenen langen Winter und weit unterdurchschnittliche Niederschläge in der Vegetationsperiode geprägt war.

Der Grenzwert für die Stresstoleranz der Eiche, über dem keine Regeneration, im Gegenteil jedoch fortschreitende Wachstumseinbußen und Absterbe-Erscheinungen zu erwarten sind, wird von Kallweit (2006) mit etwa 40 Prozent Laubverlust angegeben.

Obwohl nur wenige der untersuchten Eichen diesen Grenzwert für den Laubverlust überschreiten, ist die beobachtete Vitalität durch Angabe der Kronenstruktur auf den untersuchten Flächen wesentlich kritischer zu beurteilen. Zwischen den Ergebnissen der Ansprache der Kronenstruktur und des Laubverlustes besteht über alle untersuchten Flächen hinweg ein nur schwach ausgeprägter statistisch signifikanter Zusammenhang. Dies ist nicht ungewöhnlich und weist auf die verschiedenen Zielgrößen der Methoden und die geringe Vergleichbarkeit der Ergebnisse hin (Roloff 1993). Laubverluste sind relativ kurzfristige Phänomene, die innerhalb eines Jahres unter anderem infolge von schädigenden Witterungseinflüssen, Pilzen oder Insekten entstehen, während die Kronenstruktur längerfristigen Prozessen folgt und damit ein konkreteres Bild des tatsächlichen Vitalitätszustandes eines Baumes liefert (Körver et al. 1999).

4.2.4 Die Fraßgesellschaft: Gefahren durch Insekten

Wiederholter Kahlfraß durch Schadinsekten gilt als einer der Hauptfaktoren für die Vitalitätsverluste der Eiche. Waldschutzrelevante Insektenarten an Eiche und auch Kiefer wurden aus diesem Grund auf allen Versuchsflächen jährlich mit den in Brandenburg üblichen Verfahren überwacht. Dazu gehören Pheromonfallen, Leimringe, Luftklebnetze, Stammabsuchen und Winterbodensuchen. Nach den Ergebnissen überschritt im Untersuchungszeitraum keine Art die jeweilige kritische Dichte. Die auf der Fläche K4 aufgrund der sehr hohen Fangzahlen im Jahr 2007 erwartete Massenvermehrung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) blieb aus. Den vergleichsweise hohen Fangzahlen des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) und Kleinen Frostspanners (*Operophthera brumata* L.) folgten ebenfalls keine relevanten Schäden.

Das Auftreten von Eichenwickler (*Tortrix viridana* L.) und Frostspanner-Arten ist aktuell in Brandenburg weiter rückläufig. Sie gehören zur sogenannten Eichenwickler-Schadgesellschaft, die in Mitteleuropa regelmäßig für flächenhaften Kahlfraß an Eichen verantwortlich ist. Im Jahr 2004 wurde der Höhepunkt der letzten Massenvermehrung überschritten. Bei einem regelmäßig auftretendem Massenwechsel in Norddeutschland von etwa sieben bis neun Jahren (Altenkirch 1991) ist eine erneute Gradation erst in den Jahren 2011 bis 2013 zu erwarten.

Auch der Schwammspinner hat aktuell keine auffälligen Vorkommen, obwohl er sich im letzten Jahrzehnt zu einem der gefährlichsten Schaderreger an der Eiche entwickelt hat. Im Sommer 2004 war eine Waldfläche von 1.873 Hektar vom Schwammspinner-Fraß betroffen, vor allem in den damaligen Ämtern für Forstwirtschaft Müllrose und Peitz. Das zeigte die Erhebung der durch die Austriebsdepression nach dem Sommer 2003 hervorgerufenen Reduzierung der Blattmasse. Im selben Jahr spielten auch Frühlingseulen (*Orthosia* spp.), die als häufiger Komplexschädling an Eichen und als Begleitart des Schwammspinners gelten, eine bedeutende Rolle im Fraßgeschehen.

Ein Waldschutzproblem, das regional zunehmend an Bedeutung gewinnt, ist das Auftreten des Eichenprozessionsspinners (*Thaumetopoea processionea* L.). Sowohl Befallsfläche als auch -intensität dieses Wärme liebenden Schmetterlings haben in den vergangenen Jahren in Brandenburg und Berlin deutlich zugenommen. Anfang Mai 2008 erfolgte deshalb auf 269 Hektar während des Austriebs der Eichen per Hubschrauber die Ausbringung von Insektiziden. Im Sommer 2008 breitete sich der Befall außerhalb dieser Bekämpfungsflächen nochmals deutlich aus. Insgesamt wurde eine befallene Waldfläche von ca. 450 Hektar ermittelt. Erste Ei-Suchen lassen für 2009 erneut einen intensiven Befall erwarten. In Brandenburg werden daher im Havelland nordwestlich von Berlin entsprechende Pflanzenschutzmaßnahmen vorbereitet. Auf der Fläche K1, wo in den 1950er Jahren Massenvermehrungen zu verzeichnen waren, wurden in den Jahren 2007 und 2008 mehrere Raupennester des Eichenprozessionsspinners entdeckt. Daraufhin wurde der Bestand mit Pheromonfallen überwacht, die jedoch keine wirtschaftlich bedeutsamen Befalldichten zeigten. Selbst einzelne Raupennester können jedoch aufgrund der Verwehung sogenannter Gifthaare der Raupen gesundheitliche Probleme bei Waldbesuchern auslösen.

In allen Untersuchungsjahren war auf der Fläche A1 ein massenhaftes Auftreten des Eichenerdflohs (*Haltica quercetorum* Foud.) an den Eichen im Unterstand zu verzeichnen. Seine Fraßtätigkeit stieg mit zunehmendem Bestockungsgrad des Oberbestandes auffällig an und lässt Vitalitätseinbußen der betroffenen Jungeichen befürchten. Eichenprachtkäfer spielen im Schadkomplex des Eichensterbens in Brandenburg aktuell nur lokal eine intensive Rolle.

Die gemeldete Schadholzmenge für den Zweifleckigen Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus* Fabr.) lag 2008 mit 1.098 Kubikmetern auf 54 Teilflächen unter den Werten der beiden vorangegangenen Jahre (2006: 2.440 m³, 2007: 1.386 m³). Der Befallsschwerpunkt lag im Nordosten des Landes Brandenburg. Auf hier untersuchten Flächen wurde nur an wenigen Bäumen mit einem überwiegend sehr schlechten Kronenzustand eine bedeutende Anzahl von Ausschlupflöchern des Zweifleckigen Eichenprachtkäfers beobachtet. Die Zahl von Fraßgängen des Blauen Kiefernprachtkäfers (*Phaenops cyanea* F.) lag auf den untersuchten Flächen in Deutschland ebenfalls weit unter den kritischen Grenzwerten.

4.2.5 Wachstum und Konkurrenz: Eiche und Kiefer im Vergleich

Im Mittelpunkt der Zuwachsanalysen standen die Flächen des Klimagradienten. Danach entwickelt sich der Brusthöhendurchmesser für die entsprechenden Bestände nach artspezifisch ähnlichen Mustern, die an den Mittelkurven der Baumarten über K1 bis K5 zu beobachten sind und sich in vergleichbaren Relationen auf den Einzelflächen wiederfinden (Abb. 4.6). Während die Kiefer als Pionierbaumart nach hohen Zuwächsen in der Jugendphase fallende Trends zeigt, steigt der Radialzuwachs der untersuchten Eichen nach zurückhaltendem Beginn kontinuierlich und überschreitet meist ab dem Altersbe-

reich 50 bis 70 die Durchschnittswerte der Kiefern. Wegen der bis dahin erreichten Dimensionen bleibt der Vorsprung der Kiefer aber noch lange Zeit erhalten, wie die Durchschnittswerte aus Tabelle 4.1 zeigen.

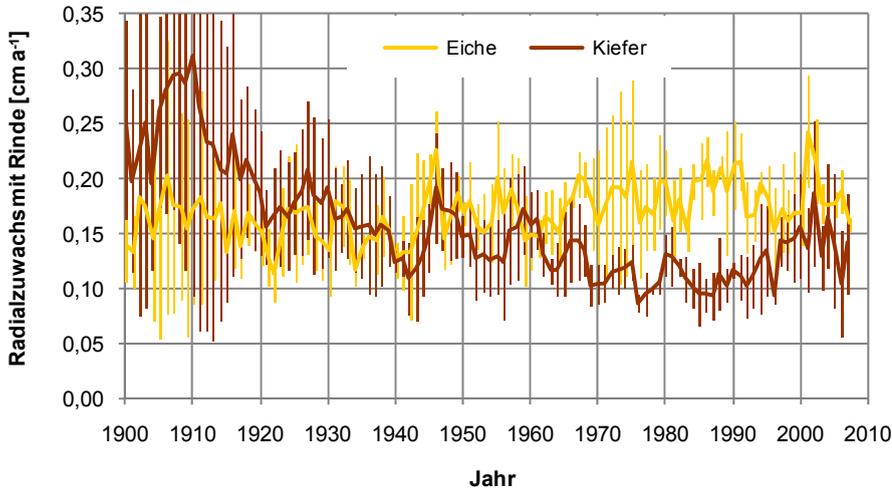


Abb. 4.6: Jährlicher Radialzuwachs mit Rinde von Kiefern und Traubeneichen im Mittel der Flächen K1–K5, Fehlerbalken geben Standardabweichung des Mittelwerts an

Die artspezifische Dynamik des Wachstums ermöglicht Rückschlüsse auf die bisherigen und zukünftigen Beziehungen zwischen Eichen und Kiefern in den Versuchsbeständen. Sie zeigt sich noch deutlicher, wenn man die herrschenden Kollektive der Arten in Bezug auf ihr Alter vergleicht (Abb. 4.7).

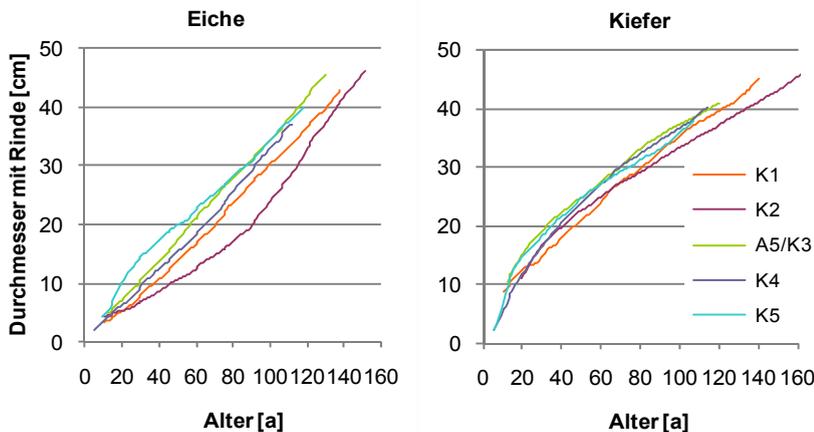


Abb. 4.7: Entwicklung des Mittel-Durchmessers mit Rinde im herrschenden Bestand bei Eiche und Kiefer auf den Flächen des Kontinentalitätsgradienten (K1–K5) mit zunehmendem Alter

Zur Analyse der Konkurrenzbeziehungen in den Versuchsbeständen lassen sich zum einen die Einzelbaumstandräume, zum anderen individuelle Konkurrenzindizes nutzen. Wie sich die Konkurrenz auf den Zuwachs auswirkt, wurde anhand der Beziehung zwischen diesen beiden Größen und dem Grundflächenzuwachs der letzten fünf Jahre untersucht, wie er aus den Bohrkernproben abzuleiten war (Tab. 4.2).

Neben den Kernflächen stützen sich die Analysen auch auf weitere vergleichbare Versuchsflächen in Eichen-Kiefern-Mischbeständen in Brandenburg. Es zeigte sich, dass der Zuwachs beider Baumarten am stärksten von der bereits erreichten Dimension abhängt. Die Konkurrenz innerhalb der betrachteten Art (intraspezifische K.) und die Wirkungen der jeweils anderen Art (interspezifische K.) erklären in Form geeigneter Konkurrenzindizes zu unterschiedlichen Anteilen die Zuwachsunterschiede. Am größten sind die Erklärungsbeiträge mit insgesamt 40 Prozent für die Eichen in einem knapp 60-jährigen Mischbestand auf Z2-Standort (STANDORTSFORM) in Ostbrandenburg (Revier Fünfeichen 103 a2, Abb. 4.8).

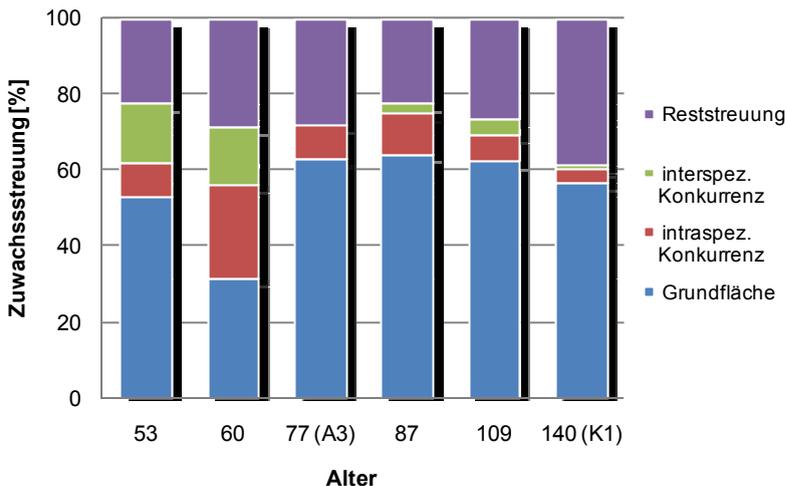


Abb. 4.8: Prozentuale Beiträge der individuellen Grundfläche und der Konkurrenzsituation zur Erklärung der Zuwachsstreuung von Baum zu Baum am Beispiel der Traubeneiche in den Beständen mit Alter 53: Versuchsfläche Schwenow 5192 b2, 60: Fünfeichen 103 a2, 77: Fünfeichen 57 a1 (Bestand ohne Kiefern), 87: Kleinsee 6133 a, 109: Dubrow 3421 a7, 140: Kümernitz 1672 a

Auf der Fläche A2 hängt der Grundflächenzuwachs der Hähler-Eichen zu 90 Prozent von der Ausgangsgrundfläche ab, die verbleibende Streuung kann zu 94 Prozent aus der Konkurrenzsituation erklärt werden. Für über 100-jährige Bestände wie auf K1 bis K5 zeigt sich dagegen ein kaum noch signifikanter Einfluss der Konkurrenz, wenn der Einfluss der Ausgangsgrundfläche auf den Konkurrenzindex eliminiert ist (Schröder 2009).

Auf mehreren Flächen dieses höheren Alters gibt es jedoch statistisch abgesicherte Hinweise darauf, dass der Zuwachs der Bäume davon abhängig ist, welche Baumart die individuelle Umgebung bestimmt. Steigt bei gleicher Zahl der Konkurrenten der Anteil der Eiche, dann sinkt der Zuwachs der Kiefern, der Zuwachs der Eichen dagegen ist positiv mit dem Kiefern-Anteil in der Nachbarschaft korreliert. Dies bestätigt die in den Verläufen über der Zeit zunehmende Verschiebung der Zuwachshöhe und damit der Konkurrenzskraft von Kiefer zu Eiche. Ein Einfluss des Standortes auf die Zuwachs-Konkurrenz-Beziehungen konnte nicht statistisch sicher belegt werden. Es ist anzunehmen, dass er auf den untersuchten Flächen von der großen Varianz in der Bestockungsdichte, in den Altersverhältnissen und der daraus resultierenden Bestandesstruktur überlagert wird. Der Standraum hat deutliche Auswirkungen auf den Einzelbaumzuwachs. Da die entsprechenden Flächen dimensionsabhängig berechnet werden, zeigt sich in dieser Abhängigkeit jedoch eher die Wirkung der Ausgangsgrundfläche. Unterschiede im Standraum, die über den Dimensionseinfluss hinausgehen, sind nur noch in den jüngeren Mischbeständen signifikant mit den Zuwachswerten korreliert.

4.2.6 Einfluss der Witterung auf den Zuwachs

Die jährlichen Schwankungen im Zuwachs beziehungsweise die Zuwachsrate sind in hohem Maße von der jeweils herrschenden Witterung abhängig. Zur Analyse dieser Beziehung dienten die aus den Bohrkernauswertungen abgeleiteten Jahrringbreiten. Untersucht wurde ihr Verhältnis zu Temperatur und Niederschlag auf den Flächen oder in deren unmittelbarer Nähe. Während viele bisher übliche Verfahren die Witterungsfaktoren zu Monatswerten zusammengefasst verwenden, wurde hier auch das Auswertungsprogramm »CLIMTREG« (Beck 2007) genutzt. Damit lassen sich im Jahresverlauf tagesgenau Phasen identifizieren, die für die Zuwachsrate von wesentlicher Bedeutung waren. Obwohl diese Zeiträume und die jeweils wirksamsten Witterungsgrößen von Fläche zu Fläche unterschiedlich sind, lässt sich auf diesem Weg mit hoher Genauigkeit feststellen, welchen Anteil die wirksamen Faktoren an den Schwankungen der Zuwachsrate haben.

Es zeigte sich, dass die Jahrringbreite bei Eiche stärker als bei Kiefer mit der Niederschlagssumme in der Vegetationsperiode gekoppelt ist. Zuwachseinbrüche bei nachteiliger Witterung kann die Eiche aber auch effektiver als die Kiefer mit Hilfe der »puffernden« Wirkung des Vorjahreswachstums mildern. Deutlich wurde zudem die wachsende Bedeutung des Spätsommers und frühen Herbstes für die Jahrringbreite. Ist dieser Zeitraum zu trocken, reagieren beide Arten mit negativen Abweichungen vom mittleren Zuwachs. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Bäume schon heute in der Lage sind, längere Vegetationsperioden bei günstigen Bedingungen zu nutzen. Auf Basis dieser Zusammenhänge wurden Szenarien mit Witterungsdaten für den Zeitraum 2001 bis 2055 analysiert, die sich aus der Regionalisierung des globalen Klimaszenarios für Brandenburg ergeben (Gerstengarbe et al. 2003).

Verlängert man so die für die Vergangenheit bestimmten Beziehungen zwischen den Witterungsfaktoren bestimmter Phasen und der Zuwachsrate, dann ergeben sich für einzelne Regionen teilweise sehr drastische Probleme besonders in Bezug auf die Traubeneiche (Abb. 4.9).

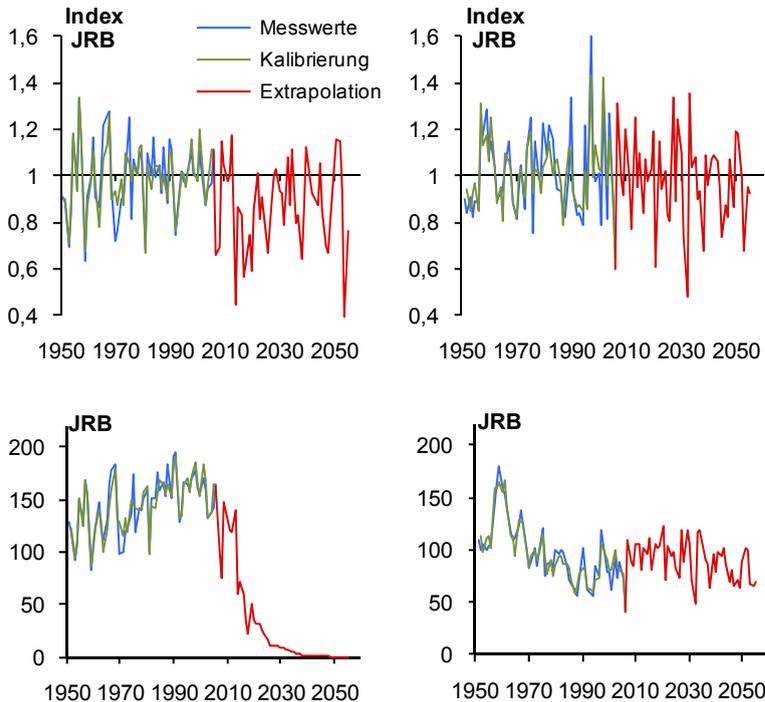


Abb. 4.9: Entwicklung von Zuwachsrate (»Index JRB«, oben) und resultierendem Zuwachs bzw. Jahringbreite (»JRB« in $\text{mm} \cdot 100^{-1}$, unten) für Traubeneiche (links) und Kiefer (rechts) im Mittel des herrschenden Bestands auf der Versuchsfläche A5/K3 nach dem Modell CLIMTREG (Beck 2007), Kalibrierungszeitraum 1951–2006 sowie Schätzung des weiteren Verlaufs auf Basis des regionalen Klimaszenarios 2006–2055 (»Extrapolation«)

Eine solche Anwendung des Modells auf die Zukunft setzt unter anderem voraus, dass die Reaktion der Bäume auf die Witterung konstant bleibt, und lässt andere Einflussfaktoren wie etwa Fraßschädlinge außer Acht. Bei ihrer Wertung ist außerdem zu bedenken, dass die Annahmen über das künftige Wechselspiel der Witterungsfaktoren bisher sehr unsicher sind. Trotzdem sollte man Analysen wie die in Abbildung 4.9 dargestellten als Hinweise auf die zunehmenden Schwierigkeiten sehen, in die die heimischen Baumarten geraten werden, wenn die Klimaszenarien Realität werden sollten.

4.2.7 Eine Frage der Erlöse: Holzqualität im Vergleich

Intra- und interspezifische Konkurrenz, äußere Einflüsse wie Witterung und blattfressende Insekten sowie die waldbauliche Behandlung haben den aktuellen Zustand der Versuchsbestände geformt. Im Zuge der vergleichenden Einordnung dieser Flächen wurden die auf ihnen stockenden Holzvorräte quantifiziert und monetarisiert, wobei die erhobene Qualitätsstruktur nach HANDELSKLASSENSORTIERUNG und die aktuelle Preisstruktur für Eiche und Kiefer als Grundlagen dienten (Abb. 4.10). Als Bezug sind neben den aktuell möglichen Erlösen für den Erntevorrat auf K1 bis K5 Angaben für Modellbestände dargestellt: »Modell TEI Ist« gibt die Kalkulation für einen Eichenreinbestand mit dem Bestockungsgrad 1,0 an, der in seiner Holzqualität, dem Alter, der Bonität und der Dimension (dg/hg) dem Ist-Zustand der Fläche entspricht. »Modell TEI« enthält die Bestandeswerte für den gleichen Reinbestand, wobei die Qualität hier gleich der mittleren Verteilung für Traubeneiche laut Rohholzpreisbericht für das Land Brandenburg 2006 ist. »Modell GKI« ist berechnet für einen Kiefernreinbestand mit der Bonität und Dimension sowie dem Alter wie im Ist-Zustand. Der Bestockungsgrad beträgt hier 1,0.

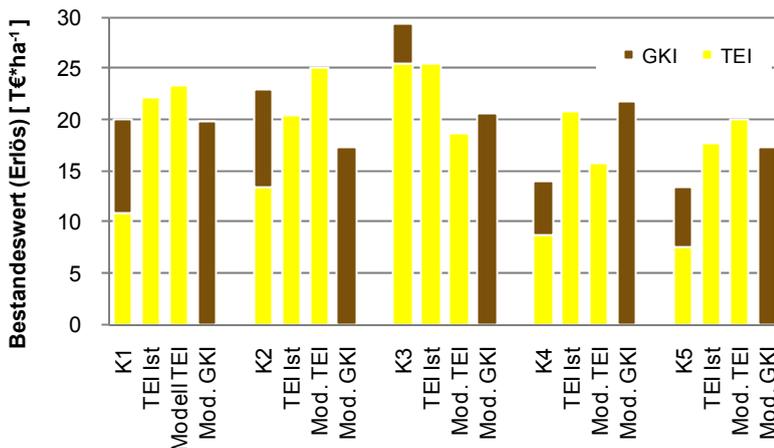


Abb. 4.10: Bestandeswerte (»Abtriebswerte«) der Bestände im Gradienten K1 bis K5, Vergleich mit Modell-Reinbeständen für Eiche mit der aktuellen (»Ist«) sowie für Eiche und Kiefer mit der mittleren (»Modell«) Schaftqualität in Brandenburg

Im Vergleich der Werte zeigen sich große Unterschiede im Ist-Zustand, die vor allem mit Differenzen der Schaftqualität, der Bonität und der Bestockungsdichte zusammenhängen. Die Fläche A5/K3 etwa ist qualitativ so hochwertig und so dicht bestockt, dass ein ertragstafelgerechter Reinbestand von Traubeneiche rund 64 Prozent und von Kiefer rund 70 Prozent so viel an Erlös brächte. Der Bestand ist jedoch seit fast 20 Jahren nur noch in Form von »Sanitärhieben« zur Entnahme abgängiger Eichen durchforstet worden und konnte daher das entsprechende Volumen entwickeln.

Je nach Bonität bringen auf einigen Flächen (A5/K3 und K4) hypothetische Kiefern-Reinbestände finanzielle Vorteile, auf anderen (K1 und K2) würden Eichenreinbestände höhere Erlöse ermöglichen. Auch das Verhältnis der tatsächlichen Mischbestände gegenüber den modellierten Reinbeständen ist nicht eindeutig. Da weiter in die Vergangenheit zurückreichende Angaben zu Vornutzungen und damit zur Gesamtwuchsleistung auf allen Flächen fehlen, sind die Werte in Abbildung 4.10 nur begrenzt vergleichbar und sagen hauptsächlich etwas über die Spannweite möglicher Zustände aus.

4.3 Erste Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Untersuchungsflächen waren das Ergebnis eines Auswahlverfahrens, in dem standörtliche, Mischungsbegrenzende und geographische Vorgaben berücksichtigt werden mussten. Dabei ging es nicht vorrangig darum, besonders vorbildlich bewirtschaftete Bestände einzubeziehen. Das Ziel war vielmehr, möglichst typische Beispiele für Eichen-Kiefern-Mischbestände zu finden, wie sie als Ergebnis des Waldumbaus im Nordostdeutschen Tiefland entstehen könnten. Die große Zahl an Faktoren, die einen konkreten Bestand letztlich formen, macht es unmöglich, aus den wenigen Beispielen Folgerungen für jede denkbare Frage abzuleiten. Die Systematisierung der gewonnenen Erkenntnisse soll deshalb vor allem dazu beitragen,

- das Verständnis für speziell in Mischbeständen ablaufende Prozesse, charakteristische Probleme und mögliche Lösungsansätze zu fördern,
- forstliche Entscheidungen für Wälder zu unterstützen (s. Kap. 9.2), die ähnlich den vom Projekt untersuchten sind sowie
- anhand offen gebliebener Fragen den Bedarf an weiterer Forschung sichtbar zu machen.

4.3.1 Wege zu höherer Vitalität

Die Belaubung der Eichen lag in den untersuchten Mischbeständen auf gleichem Niveau wie in den Reinbeständen, die in der Waldzustandserhebung beobachtet werden. Hinsichtlich der Belaubung und auch der Kronenstruktur ließ sich eine leichte Erholung der hier untersuchten Flächen im Verlauf der letzten Jahre feststellen. Nach den Erfahrungen in unserem Projekt sind Belaubungszustand und Kronenstruktur als einander ergänzende Vitalitätsindikatoren zu verstehen. Die Anspracheverfahren und Ergebnisse sind sehr unterschiedlich und nicht ohne weiteres vergleichbar, so dass auch künftig nur eine kombinierte Anwendung sinnvoll erscheint.

Die von uns geprüften Einflussgrößen haben in der Regel kaum statistisch zu belegende Effekte auf die individuellen Belaubungsprozente oder Kronenstrukturstufen (Schröder et al. 2007). Ausnahmen bilden die relative Kronenfläche sowie die räumliche Wuchssituation.

Je größer bei gleichem Stammquerschnitt auf Brusthöhe die waagerechte Kronenfläche einer Eiche ist, desto besser ist ihre durchschnittliche Kronenstrukturstufe (Abb. 4.11). Diese Beziehung verweist auf die Möglichkeiten des Waldbaus, mit großen, gut ausgeformten Kronen die Vitalität der Eichen zu fördern.

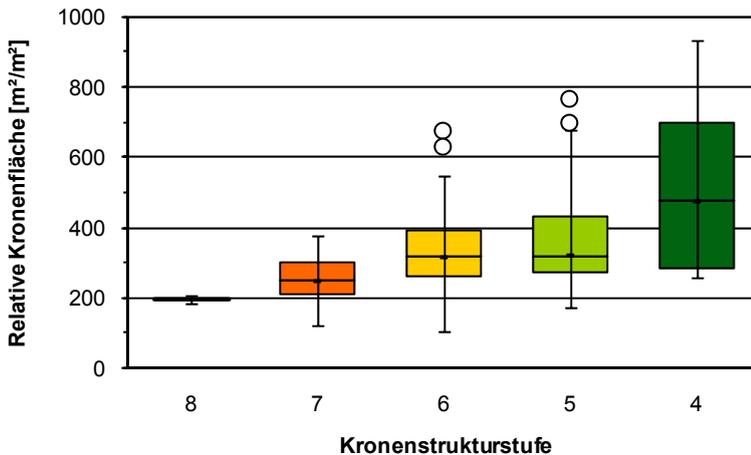


Abb. 4.11: Zusammenhang zwischen Qualität der Kronenstruktur und relativer Kronenfläche ($(\pi \cdot \text{mittlerer Kronenradius}^2) / ((\pi/4) \cdot \text{BHD}^2)$) für Traubeneichen auf K1–K5 (n = 120)

Der Einfluss der räumlichen Umgebung zeigt sich darin, dass der Kronenzustand tendenziell schlechter wird, wenn der Konkurrenzdruck zunimmt. Ein Ausdruck dafür ist, dass die Eichen mit der relativ besten Kronenstruktur (Klassen 4–5) unter deutlich geringerem Konkurrenzdruck (abstandsabhängiger Index nach Hegyi [1974]) stehen als Eichen der schlechtesten Klassen 7 bis 8. Statistisch bedeutsam ist nur der Einfluss anderer Eichen, Kiefern als Nachbarn sind ohne messbaren Effekt. Die Kronenansprachen beider Baumarten auf den Flächen K4 und K5 in Polen ergaben durchschnittlich schlechtere Werte als die Aufnahmen auf den deutschen Flächen. Ein Grund dafür könnte die größere KONTINENTALITÄT mit den speziell auf K5 kälteren Wintern sein. Die Unterschiede in der genetischen Zusammensetzung der einzelnen Bestände gingen nicht mit auffälligen Vitalitätsunterschieden einher. Blattanalysen ergaben auf keiner Fläche Hinweise auf Mangelerkrankung oder eine Überversorgung mit Stickstoff. Es wurden jedoch über alle Flächen hinweg im Durchschnitt für die Eichen mit der schlechtesten Kronenstruktur signifikant niedrigere Werte an Stickstoff, Schwefel und Zink nachgewiesen. Schadinsekten traten während der Beobachtungen nur unterhalb der kritischen Dichten auf. Ihr Einfluss auf den Belaubungszustand von Eichen verschiedenen Alters und verschiedener Bestandesstruktur konnte daher nur anhand von Zuwachseinbußen während zurückliegender Gradationen beurteilt werden. Eine Abgrenzung zum Einfluss der Witterung war dabei jedoch nicht möglich.

4.3.2 Wachstum und Bewirtschaftung von Mischbeständen

Direkte Zusammenhänge zwischen Kronenzustand beziehungsweise Vitalität und Durchmesserzuwachs waren für unsere Daten statistisch nicht zu belegen. Deutlicher wirken sich die Dimensionen der Bäume und ihre Konkurrenzsituation aus (s. Kap. 4.2). Die Mischung mit Kiefer führt zu einer höheren Vielfalt in der räumlichen Struktur. Zudem ändern sich im Vergleich zum Reinbestand die Wachstumsabläufe der Traubeneiche. Im häufigsten Fall eines zweischichtigen Bestandes mit Kieferschirm etwa nach Voranbau oder Häher-Verjüngung ist die Jugendphase vom starken Konkurrenzdruck des Oberstands geprägt (Hauskeller-Bullerjahn 1997, Noack 2006, 2009). Wachsen Kiefer und Traubeneiche ungefähr gleichaltrig auf, so dominiert auf Grund ihrer größeren Wuchsdynamik bis ins mittlere Baumholz hinein tendenziell die Kiefer. Ab etwa 60 bis 80 Jahren Alter kehren sich die Konkurrenzverhältnisse um, die Eiche wird auf Standorten mit mittlerer und besserer Nährkraft konkurrenzkräftiger als die Kiefer. Mit zunehmendem Alter kann die Eiche ihren Vorsprung dann ausbauen. Die Grundflächenverhältnisse ändern sich meist weiter zu ihren Gunsten, da sie eine deutlich höhere natürliche Lebensdauer hat und die Kiefer zunehmend anfälliger etwa für pilzliche Schaderreger wird.

Die forstliche Behandlung der Versuchsflächen in der Vergangenheit konnte nur noch teilweise rekonstruiert werden. Der aktuelle Zustand der Bestände und die erhaltenen Aufzeichnungen erlauben jedoch einige Rückschlüsse zur Geschichte der Bewirtschaftung. Der speziell für Eichenwälder charakteristische lange Produktionszeitraum war im Fall der Klimasequenz-Flächen gekennzeichnet durch Kriegs- und Zwischenkriegszeiten, durch Phasen verstärkter Nutzung für den Wiederaufbau, durch die Forderungen nach »industriemäßiger Produktion« zur Zeit der Staatlichen Forstbetriebe der DDR und mehrfache gesellschaftliche Umbrüche. Immer wieder änderten sich dadurch – teils drastisch – die waldbaulichen Zielvorgaben und Handlungszwänge. Einheitliche, in sich schlüssige und aufeinander aufbauende Behandlungsregimes waren unter diesen Umständen nicht möglich. Ob sich die zukünftigen Rahmenbedingungen mit weniger Brüchen entwickeln, bleibt abzuwarten. Der nicht unbedeutende Einfluss von Unwägbarkeiten, externen Wirkungen und dem Wandel der Leitbilder sollte bei den Vorstellungen und Plänen zur Mischbestandswirtschaft jedoch auch künftig berücksichtigt werden. Als Reaktion auf den Klimawandel gewinnt um Beispiel aktuell das Motiv der Risikostreuung beziehungsweise –minimierung durch Laubholzbeimischung stark an Bedeutung.

Die forstliche Behandlung der Mischbestände sollte in jedem Fall den Konkurrenz- und Wachstums-Prozessen in den gemischten Beständen angepasst sein, hat aber ebenfalls den aktuellen Zustand, die Waldfunktionen und die langfristigen Ziele im konkreten Bestand zu berücksichtigen. Dabei kann es zu Zielkonflikten kommen, etwa wenn der höhere Aufwand der parallelen Bewirtschaftung von zwei Baumarten eine Konzentration auf die ökonomisch kurzfristig ertragreichere Baumart nahe legt. Die langfristigen Ziele der Stabilitätssteigerung und Risikominimierung erfordern jedoch beispielsweise, die Konkurrenznachteile der Eiche in der Jungbestandsphase durch stärkere Entnahme von Bedrängern der Baumart Kiefer auszugleichen.

Auf die Probleme bei der Bewirtschaftung von Kiefern-Eichen-Mischungen vor allem hinsichtlich der Schaftqualität, der Chancen für Naturverjüngungen und der Bodendeckung ist in der Literatur immer wieder hingewiesen worden (Dengler 1930, Krahl-Urban 1959, Stähr & Peters 2000), das Kapitel 9.2 wird genauer darauf eingehen. Die Analyse der Klimaszenarien und ihrer konkreten Wirkungen unterstreicht jedoch die Forderung, im Konfliktfall der Erhaltung der Mischung Vorrang vor kurzfristigen ökonomischen Erwägungen einzuräumen. Ein Kompromiss könnte darin bestehen, die Mischungsform so zu gestalten, dass die Baumarten kleinbestandsweise unter sich sind. Die technologisch aufwendigere und konkurrenzbezogen schwierigere Einzelbaummischung ist nur dann weiterzuverfolgen, wenn das Alter und die Baumverteilung keine Alternativen zulassen.

Eichen-Kiefern-Mischbestände sind je nach Standort, Mischungsform, Altersstruktur und Behandlungsgeschichte sehr vielgestaltig, spiegeln jedoch nur selten die ursprünglichen waldbaulichen Ziele wider. Die Eichenpopulationen auf den Untersuchungsflächen haben eine hohe genetische Vielfalt und unterscheiden sich deutlich voneinander. Der Kronenzustand beziehungsweise die Vitalität der Eiche war zu Beginn der Untersuchungen kritisch, hat sich auf Grund günstiger Witterung aber seitdem etwas verbessert. Das Wachstum der Eiche erfolgte in der Jugend verzögert und im Alter stärker als das der Kiefer. In der Einzelbaumkonkurrenz ergeben sich daraus bis zur Baumholzphase Nachteile, später jedoch Vorteile für die Eiche bei gleichaltriger Mischung.

10 Literatur

- Ad-hoc AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Aufl., Hannover.
- Altenkirch, W. (1991): Zyklische Fluktuationen beim Kleinen Frostspanner (*Operophtera brumata* L.). Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 162: 2-7.
- Apel, K.-H. (2005): Aktuelle Waldschutzsituation für das Land Brandenburg. Waldschutzmaßnahmen in Eichenbeständen. Landesforstanstalt Eberswalde, FB Waldentwicklung und Monitoring 5: 1-5.
- Arbeitskreis Standortkartierung (2003): Forstliche Standortaufnahme. 6. Aufl., Eching.
- Bartsch, N., Petercord, R. & von Lüpke, B. (1996): Wachstum von Traubeneiche in Mischung mit Kiefer. Forst und Holz 51 (7): 198-200.
- Bäucker, E. & Bues, C.T. (2009): Holzqualität von Traubeneichen-Kiefern-Mischbeständen und Traubeneichen-Reinbeständen. Forst und Holz 64 (3): 25-30.
- Bäucker, E., Bues, C. T. & Schröder, J. (2007a): Holzqualität von Traubeneichen aus Eichen-Kiefern-Mischbeständen. Forst und Holz 62 (9): 17-21.
- Bäucker, E., Neumann, M., Bues, C.T. & Kirchner, H. (2007b): Holzeigenschaften von Astholz der Traubeneiche. Holztechnologie 48 (6): 11-16.
- Beck, W. (2007): Analyse des Wachstumsverhaltens von Kiefern-Beständen auf unterschiedlichen zeitlichen Skalenebenen. In: MLUV des Landes Brandenburg (Hrsg.): Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland - Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalde/Potsdam, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 32: 341-356.
- Bens, O., Buczko, U., Sieber, S. & Hüttl, R.F. (2006): Spatial variability of O layer thickness and humus forms under different pine-beech forest transformation stages in NE Germany. J. Plant Nutr. Soil Sci. 169: 5-15.
- Bens, O., Wahl, N.A., Fischer, H. & Hüttl, R. F. (2007): Water infiltration and hydraulic conductivity in sandy cambisols – impacts of forest transformation on soil hydrological properties. Eur. J. For. Res. 126: 101-109.

- Berg, B. & Laskowski, R. (2006): Litter decomposition: A guide to carbon and nutrient turnover. Elsevier Ltd., 421 S.
- Bilke, G. (2009): Forst- und Holzwirtschaft in Brandenburg. Präsentation, Veranstaltungsreihe BranchenTransferLogistik Branchentag »Holz trifft Logistik«, Wildau.
- Bockelmann, K. (1995): Rationalisierungsmöglichkeiten beim Holztransport aus der Sicht eines Rohholzhandelsunternehmens. Holz-Zentralblatt 111: 1744.
- Borcherding, M. (2007): Rundholztransportlogistik in Deutschland – eine transaktionskostenorientierte empirische Analyse. Dissertation, Universität Hamburg.
- Börner, M., Guericke, M., Leder, B., Nutto, L., Stähr F. & Weinreich, A. (2003): Erhebung qualitätsrelevanter Parameter am Einzelbaum – Aufnahme standards für junge und mittelalte Laubhölzer als Grundlage für wissenschaftliche Untersuchungen. Forstarchiv 74: 275-282.
- Brink, C. & Gadow, K. v. (1986): On the use of growth and decay functions for modelling profiles. EDV in Medizin und Biologie 17 (1/2): 20-27.
- Bues, C.T., Fengel, D., Grabner, I., Heindl, S., Schots, M., v.d. Zee, J. & Tang, J. (1989): Untersuchungen an kronengeschädigten Kiefern in Nordost-Bayern: Teil II: Holzqualität. Forstarchiv 60: 69-73.
- Burmester, A. (1970): Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit – Grundlagen und Vergütungsverfahren. BAM Berichte Nr. 4, Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin.
- Burschel, P. & Huss, J. (1997): Grundriß des Waldbaus. Parey-Buchverlag im Blackwell Wissenschafts-Verlag.
- CFHB (2009): WASP – Zukunftslösung für eine integrierte Logistik in der Forst- und Holzwirtschaft. Pressemitteilung, 07. Mai 2009, www.cluster-forstholzbayern.de.
- Degenhardt, A. (2001): Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen Durchforstungsart, Durchforstungsstärke und räumlicher Struktur in Kiefernbeständen. Schlussfolgerungen für die Bewirtschaftung ein- und mehrstufiger Mischbestände. Beitr. Forstwirtsch. Landsch.ökol. 35 (4): 161-165.
- Degenhardt, A. (2007): Optimale Behandlungsvarianten für Kiefern-Reinbestände – Ableitung mit Hilfe des Bestandessimulationsprogramms BWIN für Brandenburg. In: MLUV (Hrsg.): Wissenstransfer in die Praxis. Tagungsband, 2. Eberswalder Winterkolloquium, 1. März 2007. Potsdam, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 24: 9-15.
- Delb, H. (2002): Gefährdung von Eichenbeständen durch den Zweipunkt-Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus* Fabr.) in Rheinland-Pfalz und Gegenmaßnahmen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. 390: 237-238.
- Dengler, A. (1930): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Julius Springer, Berlin.
- Detert, A. (2008): Trockenmassen und Nährstoffgehalte der Bodenvegetation in Kiefern-Traubeneichen-Mischbeständen. Diplomarbeit, BTU Cottbus, 119 S.

- DIN EN 252 (1989): Freiland-Prüfverfahren zur Bestimmung der relativen Schutzwirkung eines Holzschutzmittels im Erdkontakt. Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN EN 392 (1996): Brettschichtholz - Scherprüfung der Leimfugen, Deutsche Fassung EN 392:1995. Normenausschuss Bauwesen, Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN EN 438-2 (1991): Dekorative Hochdruck Schichtpresstoffplatten (HPL) Platten auf Basis härntbarer Harze. Normenausschuss Kunststoffe, Beuth-Verlag, Berlin.
- DIN EN 52 186 (1978): Prüfung von Holz, Biegeversuch. Normenausschuss für Holzwirtschaft und Möbel, Beuth-Verlag, Berlin.
- Duda, H.A.A. (2006): Vergleich forstlicher Managementstrategien. Umsetzung verschiedener Waldbaukonzepte in einem Waldwachstumssimulator. Dissertation, Universität Göttingen.
- Dunger, W. & Fiedler, H.J. (1997): Methoden der Bodenbiologie. 2. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Jena, 432 S.
- Ehrhardt, I. (2008): Offroad-Navigation – von wissenschaftlichen Ansätzen zu praktikablen Lösungen für die Holzlogistik. Workshop »Optimierte Holzlogistik – Perspektiven innovativer IuK-Technik«, TFH Wildau.
- Elmer, M., Bachmann, U., Gutsch, M., Schröder, J., Bäucker, E., Lange, M., Clauder, L., Bens, O., Suckow, F., Kätzel, R., Bues, C.-T., Frommhold, H., Sonntag, H., Fischer, T. & Hüttl, R.F. (2009a): OakChain: Eichen-Kiefern-Mischbestände im Spannungsfeld von Klimawandel, Waldumbau und internationalem Holzmarkt. *Forst und Holz* 64 (7/8): 25-28.
- Elmer, M., Gutsch, M., Bachmann, U., Bens, O., Suckow, F. & Hüttl, R.F. (2009b): Der Einfluss des Umbaus von Kiefern-Reinbeständen in Eichen-Kiefern-Mischwälder auf Standortqualität und Bestandesklima. *Forst und Holz* 64 (3): 12-17.
- Elmer, M., La France, M., Förster, G. & Roth, M. (2004): Changes in the decomposer community when converting spruce monocultures to mixed spruce/beechn stands. *Plant and Soil* 264: 97-109.
- Endlicher, W. & Gerstengarbe, F.-W. (Hrsg.) (2007): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und Deutsche Gesellschaft für Geographie, Potsdam.
- Erteled, W. (1963): Ertragstafelauszüge für den Gebrauch in der Praxis. Neumann, Radebeul.
- Fischer, H., Bens, O. & Hüttl, R.F. (2002): Veränderung von Humusform, -vorrat, und -verteilung im Zuge von Waldumbaumaßnahmen im Nordostdeutschen Tiefland. *Forstw Cbl* 121: 322-334.
- Forstware (2009): Von der Inventur bis in das Werk. Unternehmensinformation der Forstware Informationstechnik GmbH, <http://geomail.de>, 15. Mai 2009.

- Frommhold, H. (1995): Kommentar zu »Rohholzaushaltung, Rohholzverkauf« (Handelsklassensortierung, HKS Brandenburg). 2. Aufl., Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg.
- Frommhold, H., Lange, M., Sonntag, H. & Syben, R. (2008): Optimierungsmöglichkeiten der regionalen Rundholzlogistik und Anforderungen an moderne IuK-Technologien aus Sicht kleiner und mittlerer Unternehmen in Brandenburg. Projekt-Bericht, Wildau, Eberswalde, Potsdam.
- Füldner, K. (1995): Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern. Cuvillier, Göttingen.
- Gerstengarbe, F.-W., Badeck, F., Hattermann, F., Krysanova, V., Lahmer, W., Lasch, P., Stock, M., Suckow, F., Wechsung, F. & Werner, P.C. (2003): Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. PIK Report 83, Potsdam, 78 S.
- Habermann, M. & Preller, J. (2003): Untersuchungen zur Biologie und zur Bekämpfung des Zweifleckigen Eichenprachtkäfers (*Agrilus biguttatus* Fabr.). Forst und Holz 58 (8): 215-220.
- Hartmann, G. & Kontzog, H.G. (1994): Beurteilung des Gesundheitszustandes von Alteichen in 12 vom »Eichensterben« geschädigten Beständen. Anleitung zur Durchführung von Sanitärhieben gegen Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*). Forst und Holz 49 (8): 216-217.
- Hauskeller-Bullerjahn, K. (1997): Wachstum junger Eichen unter Schirm. Dissertation, Universität Göttingen.
- Hegyí, F. (1974): A simulation model for managing jack-pine stands. In: Fries, J. (Hrsg.): Growth models for tree and stand simulation. Proceedings of meetings in 1973. Stockholm, Royal College of Forestry Research Notes: 74-90.
- Heinsdorf, D. (2002): Einfluss der Bewirtschaftung auf den Kohlenstoffhaushalt von Forstökosystemen im nordostdeutschen Tiefland. Beitr. Forstwirtsch. Landsch.ökol. 36: 168-173.
- Hofmann, G. (1994): Wälder und Forsten – Mitteleuropäische Wald- und Forst-Ökosystemtypen in Wort und Bild. AFZ-Der Wald, Sonderheft Waldökosystemkatalog.
- Höhne, I. & Marquardt, C. (2007): Oberförsterei Siehdichum. Archivarische Einblicke in die Bestandesgeschichte ausgewählter Jagen/Abteilungen im Zeitraum von 1758 bis 1937. Eberswalde.
- Höhne, I. & Marquardt, C. (2009): Die Rochauer Heide in der Oberförsterei Hohenbucko. Archivarische Einblicke in die Bestandesgeschichte ausgewählter Jagen/Abteilungen im Zeitraum von 1557 bis 1923. Eberswalde.

- Huber, T. & Korten, S. (2008): Logistik in der Forst- und Holzwirtschaft – Intelligente Software-Lösungen, moderne Datenübermittlung und innovative Transportsystem bringen Bewegung in die Logistik. LWF aktuell 65: 3-4.
- Hug, J. (2004): Optimierung von Geschäftsprozessen in der Forstwirtschaft durch den Einsatz von Informationstechnologie am Beispiel der Holzbereitstellung auf Revier-ebene. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau.
- Huss, J. & Bilke, G. (2004): Mortzfeldsche Löcher als Weiser für den gruppen- und horstweisen Umbau von Nadelbaumreinbeständen. AFZ-Der Wald 5/2004: 242-245.
- Jaccard, P. (1917): Anatomische Struktur des Zug- und Druckholzes bei waagerechten Ästen von Laubhölzern. Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 62: 303-318.
- Jandl, R., Vesterdal, L., Olsson, M., Bens, O., Badeck, F. & Rock, J. (2007): Carbon sequestration and forest management. In: CAB Reviews - Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 2007/2, No. 17. CABI Publisher, Wallingford: 1-16.
- Jenny, H., Gessel, S.P. & Bingham, F.T. (1949): Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. Soil Sci. 68: 419-432.
- Kallweit, R. (2006): Die Entwicklung des Kronenzustandes der Eichen seit Beginn der Waldschadenserhebung. In: MLUV des Landes Brandenburg (Hrsg.): Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg. Potsdam, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 25: 49-58.
- Kätzel, R., Löffler, S., Winter, S. & Kallweit, R. (2004): Untersuchungen zur Lichtanpassung von Buchen-Voranbauten bei unterschiedlicher Überschirmung. Beitr. Forstwirtsch. Landsch.ökol. 38 (2): 74-80.
- Kaul, C. (2008): Auto-ID-Systeme in der Forst- und Holzwirtschaft. LWF aktuell 65: 8-9.
- Klein, D., Kies, U. & Schulte, A. (2009): Mecklenburg-Vorpommern zieht Bilanz für Wald und Holz. Unerwartete volkswirtschaftliche Bedeutung von Forst und Holz ausgewiesen. Holz-Zentralblatt 135/10: 256-258.
- Konnert, M., Fromm, M. & Wimmer, T. (2004): Anleitung für Isoenzymuntersuchungen bei Stieleiche (*Quercus robur*) und Traubeneiche (*Quercus petraea*). Bund-Länder-Arbeitsgruppe »Erhaltung forstlicher Genressourcen«, Selbstverlag.
- Kopp, D. & Schwanecke, W. (1994): Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologiegerechter Forstwirtschaft. Deutscher Landwirtschaftsverlag, 248 S.
- Korten, S. & Kaul, C. (2008): Anforderungen an Transponder in der Holzerntekette. Holz-Zentralblatt 134 (22): 619-620.
- Korten, S. & Schneider, J. (2006): Reorganisation der Informations- und Warenflussprozesse in der Holzerntekette mit Hilfe der Transpondertechnologie. Schlussbericht AiF-Projekt Nr. 14186, TU München, Universität Dortmund, 161 S.

- Körver, F., Paar, U., Kirchhoff, A., Gawehn, P. & Eichhorn, J. (1999): Winteransprache zur Erfassung der Kronenstruktur bei Alteichen. *AFZ-DerWald* 7/1999: 357-360.
- Krahl-Urban, J. (1959): Die Eichen. Forstliche Monographie der Traubeneiche und der Stieleiche. Paul Parey, Hamburg.
- KWF (Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik) (2009): Geschäftsmodell ein-stimmig beschlossen. Pressemitteilung, 29.03.09, www.kwf-online.org.
- Lange, M. (2008): Forschungsprojekt OPERA – Optimierung entlang der Holztransportkette in Brandenburg. Präsentation. In Veranstaltungsreihe BranchenTransfer-Logistik, Workshop: Optimierte Holzlogistik – Perspektiven innovativer IuK-Technik, 18. März 2008, Wildau.
- Lange, M., Schultze, M. & Sonntag, H. (2008): Herausforderungen, Anforderungen und Lösungsansätze zur Steigerung des Innovationsgrades in der Holzlogistik in Berlin-Brandenburg – Optimierung logistischer Geschäftsprozesse mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien. Konferenzbroschüre zur Berlin-Brandenburg Konferenz 2008: Logistikkinnovationen – Erfolg in einem vernetzten Europa, 11./12. September 2008 in Ludwigfelde, Wildau-Potsdam.
- Lasch, P. & Suckow, F. (2007): Reaktion von Kiefernbeständen unter Klimaänderungen – eine Analyse mit dem Waldwachstumsmodell 4C. In: MLUV des Landes Brandenburg (Hrsg.): Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalde: 230-237.
- Latschbacher (2009): Winforstpro™ – Rundholzlogistik: Ins Werk mit net.Logistik – aus dem Werk mit CoSeMat. Newsletter Latschbacher 04/2008, http://www.commonssense.at/Latschbacher_News.pdf.
- Lembcke, G., Knapp, E. & Dittmar, O. (1975): DDR-Kiefern-Ertragstafel. Eberswalde.
- Lohmann, U. (2003): Holz-Lexikon. Band I/II, DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- Lordemann, C.G. & Stöcker, M. (2007): Lkw-Routing auf Basis von GeoDat-Waldwegeinformationen. *AFZ-Der Wald* 18/2007: 987.
- Menzel, A. (2003): Plant phenological anomalies in Germany and their relation to air temperature and NAO. *Climatic Change* 57: 243-263.
- Militz, H. (2002): Thermal Treatment of wood: European processes and their background. Document No. IRG/WP 02-40241. International Research Group on Wood Preservation, Stockholm.
- MLUV (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin) (2008): Waldzustandsbericht 2008 der Länder Brandenburg und Berlin.
- Muchin, A., Bilke, G., Böge, R. & Murn, Y. (2008): Nachhaltige Potenziale von Dendromasse. In: Murach, D., Knur, L. & Schultze, M. (Hrsg.): Vorläufiger Endbericht des Verbundforschungsvorhabens Dendrom – Zukunftsrohstoff Dendromasse.

- Müller, K. (2006): Zur aktuellen Verbreitung von Stiel- und Trauben-Eichen in Brandenburg. In: MLUV des Landes Brandenburg (Hrsg.): Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg. Potsdam, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 25: 27-32.
- Nagel, J. (2009): BWINPro ForestSimulator7, Version 7.5: Handbuch. Göttingen.
- Nagel, J., Duda, H. & Hansen, J. (2006): Forest Simulator BWINPro7. Forst und Holz 61 (10): 427-429.
- Neues, M. (2008): Die Bedeutung des Juvenilholzes im Traubeneichen-Schwachholz. Holzanatomische, -physikalische und -technologische Eigenschaften von Juvenilholz der Traubeneiche. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden.
- Nick, L. & Ehrhardt, I. (2008): Transporteure als integrale Partner im elektronischen Datenaustausch der Holzlogistik. Im Rahmen der Veranstaltung »Holzlogistik – Zukunftsorientiertes Handeln«, Hundisburg 2009.
- Noack, M. (2006): Wachstumsgesetzmäßigkeiten der Trauben-Eiche unter Kiefernschirm. Waldwachstumskundliche Untersuchungen zum Voranbau der Trauben-Eiche in Kiefernbeständen des Nordostdeutschen Tieflandes auf standörtlicher Grundlage. Dr. Kovac, Hamburg.
- Noack, M. (2009): Standortökologisch-biomathematische Grundlagen für die Umwandlung von Kiefernreinbeständen in Kiefern-Traubeneichen-Mischbestände als Beitrag zur zukunftsorientierten Ressourcennutzung im Nordostdeutschen Tiefland. Berlin, Habilitationsschrift, 339 S.
- Nuopponen, M., Vuoroninen, T., Jämsä S. & Viitaniemi, P. (2003): The effect of a heat treatment on the behaviour of extractives in softwood studied by FTIR spectroscopic methods. Wood Science and Technology 37: 109-115.
- Obtaya, E., Higashihara, T. & Tomita, B. (2002): Hygroscopicity of heat treated wood III. Effect of steaming on the hygroscopicity of wood. Mokuzai Gakkaishi 48: 348-355.
- Olson, J.S. (1963): Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology 44: 322-331.
- Orlowsky, B., Gerstengarbe, F.W. & Werner, P.C. (2008): A resampling scheme for regional climate simulations and its performance compared to a dynamical RCM. Theoretical and Applied Climatology 92: 209-223.
- Patzelt, M., Emsenhuber, G. & Stingl, R. (2003): Colour measurements as means of quality control of thermally treated wood. In: Van Acker, J. & Hill, C. (Hrsg.): The first European Conference on Wood Modification (ECWM). Ghent: 213-218.
- Paul, W., Ohlmeyer, M. & Leithoff, H. (2007): Thermal modification of OSB-strands by a one-step-heat pre-treatment – Influence of temperature on weight loss, hygroscopicity and improved resistance. Holz als Roh- und Werkstoff 65: 57-63.

- Petit, R.J., Csai Kl, U.M., Bordács, S., Brewer, S., Burg, K., Coart, E., Cottrell, J., van Dam, B., Deans, J.D., Dumolin-Lapègue, S., Fineschi, S., Finkeldey, R., Gillies, A., Glaz, I., Goicoechea, P.G., Jensen, J.S., König, A.O., Lowe, A.J., Madsen, S.F., Mátyás, G., Munro, R.C., Olalde, M., Pemonge, M.H., Popescu, F., Slade, D., Tabbener, H., Turchini, D., de Vries, S.G.M., Ziegenhagen, B., Beaulieu, J.-L. & Kremer, A. (2002): Identification of refugia and post-glacial colonization routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. *Forest Ecology and Management* 156: 49-74.
- Pfriem, A. (2007): Untersuchungen zum Materialverhalten thermisch modifizierter Hölzer für deren Verwendung im Musikinstrumentenbau. Schriftenreihe Holz- und Papier-technik, Bd. 3, Dissertation, Technische Universität Dresden, 62 S.
- Prechtel, A., von Lützow, M., Schneider, B.U., Bens, O., Bannick, C.B., Kögel-Knabner, I. & Hüttl, R.F. (2009): Organic carbon in soils of Germany: Status quo and the need for new data to evaluate potentials and trends of soil carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences*, 172, DOI: 10.1002/jpln.200900034.
- Prietzel, J. (2004): Humusveränderungen nach Einbringung von Buche und Eiche in Kiefernreinbestände. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167: 428-438.
- Rapp, A.O., Sailer, M. & Brand, K. (2003): Umweltfreundliche Konservierung von Massivholz und Massivholzprodukten für den Außenbereich. Schlussbericht für das BMBF-Projekt 0339862. BFH, Hamburg.
- Riek, W. & Wolff, B. (2007): Bodenkundliche Indikatoren für die Auswertung der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). Berichte des Forschungszentrums für Waldökosysteme, Reihe B, Band 74, Göttingen, Eberswalde.
- Riemer, Th., Gadow, K. v. & Sloboda, B. (1994): Ein Modell zur Beschreibung von Baumschäften. Unveröffentlichtes Manuskript, Universität Göttingen.
- Roeckner, E., Arpe, K., Bengtsson, L., Christoph, M., Claussen, M., Dümenil, L., Esch, M., Giorgetta, M., Schlese, U. & Schulzweida, U. (1996): The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and simulation of present-day climate. Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg, Rep. 218.
- Roloff, A. (1993): Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. 2. unveränderte Aufl., Frankfurt am Main, Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 93.
- Ruh, D. (2008): Zukunftstrends, Innovationsmanagement und innovative Projekte in der Logistik – die Unternehmensperspektive. Präsentation, Berlin-Brandenburg Konferenz 2008, 11./12. September 2008, Ludwigsfelde.
- Rüther, B., Hansen, J., Spellmann, H., Nagel, J., Möhring, B., Schmidt-Walter, P. & Dieter, M. (2008): Clusterstudie Forst und Holz Sachsen-Anhalt. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.), Eigenverlag, 60 S.

- Sauter, M. (2006): RFID in der Möbelindustrie. 2. Workshop RFID, Intelligente Funkketten – Chancen und Herausforderungen. Erlangen.
- Schlichting, E., Blume, H.-P. & Stahr, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum. 2. Aufl., Blackwell, Pareys Studentexte 81.
- Schöneberg, J. (2009): Verwertungsorientierte Untersuchungen an thermisch modifiziertem Eichenholz. Diplomarbeit, FH Eberswalde, 46 S.
- Schöttler, K. (2008): Holzlogistik – Innovationen in Brandenburg mittel RFID und Navigation im Wald. Präsentation. In: Veranstaltung b2d, Regionale Mittelstandsmesse, 21. Mai 2008, Potsdam.
- Schröder, J. (2008): Wachstum von Traubeneiche und Kiefer in Mischbeständen des nordostdeutschen Tieflands. In: Nagel, J. (Hrsg.): Beiträge zur Jahrestagung Trippstadt 2008. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde: 53-62.
- Schröder, J. (2009): Kiefer und Eiche in Mischbeständen – Konkurrenz oder Partnerschaft in einer Lebensgemeinschaft? In: MLUV (Hrsg.): Wissenstransfer in die Praxis. Beiträge zum 4. Winterkolloquium am 26. Februar 2009 in Eberswalde. Druckhaus Eberswalde, Eberswalde: 50-59.
- Schröder, J., Michel, A. & Marquardt, C. (2007): Vitalität und Struktur von Traubeneichen-Kiefern-Mischbeständen – erste Ergebnisse des Verbundprojektes »OakChain«. Forst und Holz 62 (9): 12-16.
- Schröder, J., Löffler, S., Michel, A. & Kätzel, R. (2009): Genetische Differenzierung, Zuwachsentwicklung und Witterungseinfluss in Mischbeständen von Traubeneiche und Kiefer. Forst und Holz 64 (3): 18-24.
- Schubert, R., Hilbig, W. & Klotz, S. (1995): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands. Gustav Fischer Verlag, Jena, 403 S.
- Schultze, M., Lange, M. & Sonntag, H. (2006): Opera – Optimisation of Supply Chains for Small Dimensioned Pine and Oak Logs. LogForum, Heft 1/2006, No. 5.
- Seborg, R.M., Tarkow, H. & Stamm, A.J. (1953): Effect of heat upon dimensional stabilization of wood. Journal of Forest Products Research Society 3: 59-67.
- SMUL (2009): Cluster Forst und Holz wird vorgestellt. Pressemitteilung, www.smul.sachsen.de/sbs/11507.htm.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. & Miller, H.L. (Hrsg.) (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, 996 S.
- Stähr, F. & Peters, T. (2000): Hähersaat – Qualität und Vitalität natürlicher Eichenverjüngung im nordostdeutschen Tiefland. AFZ-Der Wald 23/2000: 1231-1234.
- Stamm, A.J. (1956): Thermal degradation of wood and cellulose. Industrial and Engineering Chemistry 38: 630-634.

- Stamm, A.J., Burr, H.K. & Kline, A.A. (1946): Stabywood. Heat-stabilized wood. *Industrial and Engineering Chemistry* 38: 630-634.
- Stöckel, F. (2008): Untersuchungen zur inneren Astigkeit von Traubeneichen-Schwachholz [*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.]. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden.
- Suckow, F., Badeck, F.-W., Lasch, P. & Schaber, J. (2001): Nutzung von Level-II-Beobachtungen für Test und Anwendungen des Sukzessionsmodells FORESEE. *Beitr. Forstwirtsch. Landsch.ökol.* 35: 84-87.
- Thomas, F.M., Blank, R. & Hartmann, G. (2002): Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology* 32: 277-307.
- Wang, J.Y. & Cooper, P.A. (2005): Effect of oil type, temperature and time on moisture properties of hot oil-treated wood. *Holz als Roh- und Werkstoff* 63: 417-422.
- Welzbacher, C.R. (2007): Verhalten von nach neuen thermischen Modifikationsverfahren behandelte Fichte und Kiefer unter besonderer Berücksichtigung der Dauerhaftigkeit gegenüber holzerstörenden Mikroorganismen. Dissertation, Universität Hamburg.
- Welzbacher, C.R. & Rapp, A.O. (2003): Thermische Verfahren: Verfahrensübergreifender Vergleich. *Beiträge der 23. Holzschutztagung der DGfH, DGfH München*: 97-112.
- Witte, R. (2008): Holztransport ständig optimieren – Was ist nötig, was ist möglich? Präsentation im Rahmen der Veranstaltung Holzlogistik – Nachhaltige Rohstoffversorgung. Hundisburg.
- ZAB (Zukunftsagentur Brandenburg GmbH) (2007): Die Holzindustrie in der Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg. Holzbroschüre der Zukunftsagentur Brandenburg und des Landes Brandenburg, Potsdam.

Anhang

Abkürzungsverzeichnis

BHD	BRUSTHÖHEN-DURCHMESSER
C	Kohlenstoff
cpDNA	Chloroplasten-Desoxyribonukleinsäure (Erbinformation der Chloroplasten)
Fm	FESTMETER
GIS	Geoinformationssystem; zur Verarbeitung raumbezogener Daten
GKI	Gemeine Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i> L.)
GPP	Gross Primary Production (BRUTTO-PRIMÄRPRODUKTION)
GPS	Global Positioning System, satellitengestützt; zur Positionsbestimmung
HKS	HANDELKLASSENSORTIERUNG
ID	Kennung, die die eindeutige Identifizierung eines Objektes ermöglicht
IPCC	INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE
IT	Informationstechnik, Informations- und Datenverarbeitung
IuK	Informations- und Kommunikationstechnologie
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
LAS	LANGHOLZABSCHNITTE
NEP	Net Ecosystem Production (NETTO-ÖKOSYSTEMPRODUKTION)
NPP	Net Primary Production (NETTO-PRIMÄRPRODUKTION)
o.R.	ohne Rinde
PDA	Personal Digital Assistant; kompakter, tragbarer Computer
PI	PHÄNOLOGIE-INDEX
RFID	RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION
TEI	Traubeneiche (<i>Quercus petraea</i> [Matt.] Liebl.)

Glossar

- AUFLAGE, ORGANISCHE – aus über 30 % organischem Material bestehende Horizonte an der Bodenoberfläche, die dem MINERALBODEN aufliegen
- BESTAND – homogener Waldteil, der sich hinsichtlich seiner Struktur (Baumarten, Mischung, Alter) wesentlich von seiner Umgebung abhebt
- BESTOCKUNG – Baumbewuchs; Bedeckung einer Fläche mit Bäumen
- BIOMASSE – Masse einzelner Organismen je Fläche
- BIOTURBATION – Zerkleinerung und Vermischung der ORGANISCHEN AUFLAGE mit dem oberen MINERALBODEN durch wühlende Bodentiere, in mitteleuropäischen Waldböden insbesondere durch Regenwürmer
- BODENPROFIL – senkrechte Schnittfläche durch alle Bodenhorizonte bis zum Ausgangsmaterial der Bodenbildung (Locker-/Festgestein)
- BRINELL-HÄRTE – Festigkeit der Oberfläche, ermittelt durch Verfahren nach »Brinell« (Druck mittels Stahlkugel); entspricht dem Verhältnis der aufgewendeten Kraft zur Eindrucksfläche in Newton pro Quadratmillimeter
- BRUSTHÖHEN-DURCHMESSER – Baum-Durchmesser in 1,3 m Höhe (mit Rinde)
- BRUTTO-PRIMÄRPRODUKTION – GPP; Gesamtbetrag der Kohlenstofffixierung durch die Photosynthese der Pflanzen im Ökosystem
- C-AKKUMULATION – Speicherung von organischem Kohlenstoff
- CHAIN OF CUSTODY – Zertifizierung der Holzverarbeitenden Industrie; ermöglicht die Dokumentation des Holzflusses vom zertifizierten Wald bis zum Einzelhändler
- CHRONOSEQUENZ – Zusammenfassung mehrerer Versuchsobjekte (hier: Versuchsflächen), deren räumliches Nebeneinander ein zeitliches Nacheinander verschiedener Zustände nachbilden soll; wird auch als »unechte« Wuchs- bzw. Zeitreihe bezeichnet
- (BIO-)DIVERSITÄT – messbare Vielfalt auf verschiedenen Betrachtungsebenen: genetische Diversität, Artendiversität oder strukturelle Diversität
- DRUCKFESTIGKEIT – Widerstandsfähigkeit eines auf Druck beanspruchten Körpers gegen Bruch; Einheit ist Newton pro Quadratmillimeter
- EDAPHISCH – bodenbedingt, auf den Boden bezogen
- EICHENSTERBEN – Krankheitskomplex mit mehrjährigem Verlauf, der vielfach mit dem Absterben der Eichen endet
- EVAPORATION – Verdunstung von Wasser aus dem Boden und über den Flächen von Gewässern
- EVAPORATION, AKTUELLE – tatsächlich in Abhängigkeit vom verfügbaren Wasser verdunstete Wassermenge von Boden- und Gewässeroberflächen

- EVAPOTRANSPIRATION – Gesamtverdunstung; EVAPORATION plus TRANSPIRATION
- EVAPOTRANSPIRATION, POTENTIELLE – maximal möglicher Wasserverlust durch EVAPO-TRANSPIRATION an einem STANDORT; beschreibt, wie viel Wasser unlimitiert in Abhängigkeit von meteorologischen Größen und der Oberflächen-Beschaffenheit verdunsten kann
- FEINWURZELN – Wurzeln mit einem Durchmesser ≤ 2 mm, über die Pflanzen Wasser und Nährstoffe aufnehmen
- FESTMETER – Kubikmeter reine Holzsubstanz ohne Rinde; Volumenmaß für den Handel mit Langholzsortimenten nach der HANDELSKLASSENSORTIERUNG
- GLAZIAL – Ablagerungen und Bildungen, die während einer Eiszeit entstanden sind bzw. vom Eis geschaffen wurden
- GROBWURZELN – Wurzeln mit einem Durchmesser > 2 mm (Wurzelgerüst)
- HANDELSKLASSENSORTIERUNG – Rohholzsortierung nach der Handelsklassen-Verordnung und dem Gesetz über gesetzliche Handelsklassen von 1969
- HORST – nach der Betriebsregelungsanweisung für den Landeswald in Brandenburg Bäume einer Art auf einer Fläche von 1.000-5.000 m² (0,1–0,5 ha)
- INDEX NACH CLARK UND EVANS – Indikator für die räumliche Verteilung (hier: von Bäumen in einem Bestand); berechnet sich durch Vergleich des mittleren beobachteten Abstands zwischen zwei Nachbarn zum Abstand bei zufälliger Verteilung; je weiter der Index vom Wert $R = 1$ nach oben abweicht, desto regelmäßiger sind die Bäume verteilt, je weiter er nach unten abweicht, desto »geklumpter« stehen sie ($R = 1$ zufällige Verteilung)
- INDEX NACH PIELOU – Indikator für die räumliche Trennung oder Durchmischung von Individuen verschiedener Art auf derselben Fläche; Vergleich der beobachteten Anzahl von Paaren verschiedener Art zur erwarteten Anzahl bei Berücksichtigung der Arthäufigkeiten; Werte kleiner Null zeigen eine gegenseitige Anziehung, Werte größer Null eine Abstoßung an
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC; zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen; 1988 vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen und der Weltorganisation für Meteorologie gegründeter internationaler Ausschuss; Hauptaufgabe ist es, Risiken der globalen Erwärmung zu beurteilen und Vermeidungsstrategien zusammenzutragen
- INTERZEPTION – Niederschlagsanteil, der die Pflanzen benetzt und wieder verdunstet
- KERNHOLZ – im Stammquerschnitt die physiologisch nicht mehr aktive, meist dunkle, innere Zone geringerer Holzfeuchte, die sich deutlich vom äußeren, hellen SPLINTHOLZ unterscheidet
- KONTINENTALITÄT – thermischer Begriff zur Klimabeschreibung eines Standorts, der sich auf die Amplitude der bodennahen Lufttemperatur im Jahresgang (Unterschied

Sommer/Winter) bezieht; diese ist nicht nur vom Breitengrad, sondern auch von der relativen Nähe zu einem Ozean abhängig, weil die große Wärmekapazität des Wassers die zeitlichen Temperaturvariationen dämpft; in diesem Buch bestimmt aus der Differenz zwischen der mittleren Julitemperatur und der mittleren Januartemperatur (KONTINENTALITÄTS-Index)

- KRYOTURBATION – Durchmischung von Bodenmaterial unter eiszeitlichen beziehungsweise kaltklimatischen Bedingungen, entstanden durch wechselndes Tauen und Gefrieren des Materials sowie schwerkraftbedingte Verlagerungsvorgänge (Hebung und Sackung)
- LANGHOLZABSCHNITTE – in Fixlängen entsprechend HANDELSKLASSENSORTIERUNG gehandelte Stammholzabschnitte für die Sägeindustrie
- MINERALBODEN – Bodenhorizonte, die einen hohen Anteil anorganischen Materials und weniger als 30 % organischer Substanz haben (im Gegensatz zur ORGANISCHEN AUFLAGE)
- MODELL, PROZESSBASIERTES – leitet Aussagen zum Verhalten von Systemen im Wesentlichen aus der vereinfachenden Nachbildung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen ab
- MODELL, STATISTISCHES – vereinfachte Abbildung der Realität, die für Analysen und die Schätzung von Entwicklungen vor allem statistische Kennwerte und Zusammenhänge von beobachteten Erscheinungen nutzt; Grundlage sind umfangreiche Daten, die in geeigneter Weise aufbereitet und ausgewertet wurden
- NETTO-ÖKOSYSTEMPRODUKTION – NEP; ergibt sich aus der NPP abzüglich der heterotrophen RESPIRATION, die den Kohlenstoffverlust des Ökosystems durch alle anderen Organismen außer den Pflanzen beinhaltet
- NETTO-PRIMÄRPRODUKTION – NPP; im Ökosystem festgelegte organische Trockensubstanz, entspricht der Kohlenstoffspeicherung nach Abzug der RESPIRATION
- PERIGLAZIAL – im Eis- bzw. Gletscherumland entstanden; Voraussetzung für viele PERIGLAZIALE Prozesse, wie z.B. das Bodenfließen, ist die Herausbildung eines Dauerfrostbodens; unter diesen Bedingungen haben bedeutsame Materialverlagerungen stattgefunden, die zu einer starken Überformung des Reliefs, also der Geländeoberfläche geführt haben
- PHÄNOLOGIE-INDEX – Indikator zur Darstellung des zeitlichen Ablaufs beim Laubaustrieb; berechnet sich aus der kumulierten Häufigkeit der fünf phänologischen Stadien vom Anschwellen der Knospen bis zur vollen Blattentfaltung und wird in Prozent angegeben (100 % = volle Blattentfaltung in der gesamten Krone)
- PLEISTOZÄN – Eiszeitalter; Zeitabschnitt des Quartärs, der vor circa 2,3 Millionen Jahren begann und mit dem Beginn des gegenwärtigen Holozän vor circa 10.000 Jahren endete; zeichnet sich durch rapide Temperaturrückgänge und mehrere Kalt- bzw. Eiszeiten aus

- PODSOLIERUNG** – Prozess in der Bodenentwicklung, bei dem organische Stoffe gelöst und in tiefer gelegene Horizonte des MINERALBODENS umgelagert werden (of zusammen mit Aluminium und Eisen); vorwiegend unter Nadelbäumen und Heidevegetation, da deren Streu schwer zersetzbar ist
- POLTER** – Sammelplatz für Langholz im Wald, der zur Abfuhr der Holzstämmen dient; Teillager eines POLTER-Platzes
- RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION** – automatische Identifizierung und Lokalisierung von Gegenständen und Lebewesen mit Hilfe elektromagnetischer Wellen zur Erfassung und Speicherung von Daten
- REINBESTANDSMODELL** – vereinfachende Darstellung des Zustands und der Wachstumsabläufe in einem Waldökosystem am Beispiel eines BESTANDS aus meist gleichaltrigen Bäumen einer Art
- RESPIRATION** – Atmung; in diesem Buch bezogen auf die Bäume
- ROHDICHTE** – Dichtemaß des Holzes zu dem Volumen, das die Hohlräume (Poren) einschließt in Gramm pro Kubikzentimeter, bezogen auf die aktuelle Holzfeuchte
- RÖNTGENDICHTE** – Dichtemaß von Holz, ermittelt durch Absorption von Röntgenstrahlung mit Hilfe eines Röntgen-Dendro-Densitometers
- SCHWINDVERHALTEN** – gerichtete Dimensionsänderung von Holz bei abnehmender Holzfeuchtigkeit unterhalb der Faser-Sättigungsfuchte
- SEQUESTRIERUNG** – Festlegung von Kohlenstoff durch den Entzug aus der Atmosphäre im Zuge der Photosynthese und Umwandlung zu organischen Verbindungen im Baum
- SORPTIONSKAPAZITÄT** – Fähigkeit mineralischer und organischer Bodenpartikel, Moleküle und Ionen (und damit Wasser und Nährstoffe) an ihren Grenzflächen zu binden oder abzugeben
- SPÄTFROST** – Auftreten von Temperaturen unterhalb 0 °C im Frühjahr nach dem Ende des phänologischen Winters
- SPLINTHOLZ** – junges, physiologisch aktives Holz, im Stammquerschnitt eines Baumes außen gelegen (im Gegensatz zum KERNHOLZ)
- STANDORT** – Gesamtheit der für das Wachstum der Waldbäume wichtigen abiotischen Umweltfaktoren
- STANDORTSFORM** – verkürzte Bezeichnung für die »Stamm-Standortsformengruppe«, die sich zusammensetzt aus Angaben zur Klimastufe (einschließlich Höhenstufe), zur Stamm-Nährkraftstufe und zur Stamm-Feuchtestufe (s. Kopp & Schwanecke 1994); die Angabe »Tt M2« z.B. steht für im Tiefland (»T«) mit trockenem Klima (»t«) gelegene Standorte mittlerer Nährkraft (»M«), die unvernässt und mittelfrisch sind (»2«); wird in Brandenburg zur forstlichen Charakterisierung der Waldstandorte verwendet

- STREUFALL – von der Vegetation abgeworfene Blätter, Nadeln, Samen und Holzteile (= oberirdischer Bestandesabfall); abgestorbene Wurzelmasse (= unterirdischer Bestandesabfall) in diesem Buch nicht berücksichtigt
- SUBSTANZ, ORGANISCHE – Gesamtheit aller abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Stoffe (ohne lebende Wurzeln oder Organismen) im MINERALBODEN und in der ORGANISCHEN AUFLAGE (in diesem Buch synonym zu Humus)
- TRANSPARATION – Wasserabgabe in Dampfform durch diejenigen Oberflächen der Pflanze, die mit Luft in Berührung kommen
- TROPHIE – Qualität der Nährstoffversorgung eines STANDORTS
- UMTRIEBSZEIT – zu erwartender Zeitraum von der Begründung eines BESTANDES bis zur Endnutzung durch Holzeinschlag
- VERGÜTUNGSINTENSITÄT – Masseverlust im Zuge der thermischen Modifizierung von Holz als Maß für die Resistenz gegenüber pilzlichem Abbau und mechanischer Festigkeit
- VERSICKERUNG – Wasserdurchlass durch den Boden zum Grund- oder Stauwasser
- WASSERBILANZ, KLIMATISCHE – Differenz von Niederschlag und POTENTIELLER EVAPO-TRANSPARATION; charakterisiert das Wasserangebot in einem Gebiet
- WASSERREISER – Klebäste; feine, dünne Äste, die durch Austreiben schlafender Knospen z.B. in Folge verstärkter Lichteinwirkung entstehen können
- ZERSETZERGEMEINSCHAFT – Bodenorganismen, die sich von toter ORGANISCHER SUBSTANZ ernähren; vor allem Bakterien, Pilze und die Bodenfauna
- ZIELSTÄRKENNUTZUNG – Nutzung bzw. Ernte von Bäumen ab einem vorgegebenen Mindestdurchmesser (BHD); weitere Parameter, die den konkreten Eingriff beschreiben, sind der Anteil des zu nutzenden Volumens am Gesamtvolumen der zielstarken Bäume sowie eine Obergrenze der Nutzung, die technologisch bzw. naturschutzbezogen begründet ist
- Z-STAMM/-BAUM – Zukunfts-Stamm/-Baum; Exemplar mit hoher Schaftqualität, das bei der Bestandespflege besondere Beachtung findet und möglichst das Endbestandsalter erreichen soll