

# Waldbau und Baumartenwahl in Zeiten des Klimawandels aus Sicht des Naturschutzes



von

Albert Reif, Ulrike Brucker, Raffael Kratzer, Andreas Schmiedinger, Jürgen Bauhus

Abschlussbericht eines F+E-Vorhabens im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz

FKZ 3508 84 0200



## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Witterungsschwankungen oder Klimaänderung? .....	4
2.1	Globale Klimaszenarien .....	5
2.2	Regionalisierte Klimamodelle .....	7
3	Vorgehensweise .....	10
3.1	Räumlicher Bezug: Auswahl repräsentativer Bundesländer .....	10
3.2	Datengrundlage: Literaturlauswertung, Experteninterviews .....	11
3.3	Stichprobenumfang der Experteninterviews .....	11
3.4	Auswertung der Interviews .....	12
4	Modelle, Prognosen, Szenarien der Klimaentwicklung - welche Annahmen werden getroffen? .....	13
4.1	Welche Klimaszenarien werden für wahrscheinlich gehalten? .....	13
4.2	Verwendung regionalisierter Klimamodelle .....	14
4.3	Werden veränderte Häufigkeiten von Extremereignissen erwartet? .....	15
4.4	Methoden zur Quantifizierung des standörtlichen Wasserhaushalts und seiner künftigen Veränderungen .....	17
4.5	Großklima-Vegetations-Beziehungen zur Beschreibung von Standortveränderungen .....	19
4.6	Besonders betroffene Regionen und Baumarten.....	20
5	Standortsveränderungen und Baumartenwahl .....	25
5.1	Welche Kriterien der Baumartenwahl sind wichtig? .....	25
5.2	Künftige Bedeutung verschiedener Baumarten .....	31
5.2.1	Einschätzung der künftigen Bedeutung der Hauptbaumarten.....	31
5.2.2	Weitere wichtige Baumarten.....	34
5.3	Südeuropäische trockenstresstolerante Provenienzen heimischer Baumarten .....	37
5.3.1	Anbauüberlegungen der Forstwirtschaft .....	38
5.3.2	Standpunkt des Naturschutzes zum Anbau nichtheimischer Provenienzen .....	39
5.4	Forstplanung: Werden vermehrt fremdländische Baumarten benötigt? .....	43
5.4.1	Forstliche Planung mit fremdländischen Baumarten.....	43
5.4.2	Akzeptanz fremdländischer Baumarten durch den Naturschutz .....	46
6	Waldbauliche Maßnahmen zur Anpassung von Wäldern an den Klimawandel .....	49
6.1	Elemente waldbaulicher Anpassungsstrategien .....	49

6.2	Leitbilder, Maßnahmen und begleitende Ziele.....	54
6.3	Sichtweisen über waldbauliche Anpassungsstrategien .....	56
6.3.1	Diskussion der waldbaulichen Ziele von Forstwirtschaft und Naturschutz .....	56
6.3.2	Betrachtung der Maßnahmen unter den Gesichtspunkten Stabilität, Resistenz, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.....	59
7	Implementierung von Anpassungsstrategien .....	61
7.1	Expertenbefragung zur Umsetzung forstlicher Anpassungsstrategien in der Fläche und deren Erfolgskontrolle .....	61
7.2	Unterschiede in den Umsetzungen von klimabezogenen Waldumbaustrategien in den Bundesländern .....	63
7.3	Anpassungsstrategien aus naturschutzfachlicher Sicht.....	66
7.4	„Klimaspezifische“ Waldbauleitlinien des Naturschutzes .....	66
7.5	Forstliche Beratung und finanzielle Unterstützung für den Privat- und Kommunalwald.....	67
8	Konfliktfelder zwischen Forstwirtschaft und Naturschutz.....	70
8.1	Hauptkonfliktfelder zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft in Zeiten des Klimawandels .....	70
8.1.1	Konfliktpotential waldbaulicher Anpassungsstrategien .....	71
8.1.2	Politische Rahmenbedingungen.....	74
8.1.3	Integration natürlicher Entwicklungsphasen in die Waldwirtschaft .....	78
8.1.4	Sonstige Konflikte .....	79
8.2	Divergierende Interessen bei der Anpassung der Waldgesellschaften an den Klimawandel.....	81
9	Schlussfolgerungen .....	83
10	Zusammenfassung .....	93
11	Verzeichnisse .....	96
12	Glossar .....	113
13	Anhang.....	117

# 1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten unterlagen die mitteleuropäischen Wälder wie viele andere Ökosysteme einem verstärkten Wandel, der sich zunächst latent vollzog und von vielen Ökologen erst in den 1990er Jahren wahrgenommen wurde (vgl. ELLENBERG 1996, Vorwort zur 5. Auflage der „Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen“<sup>1</sup>). Als Ursachen erkannt wurden zunächst atmosphärische Immissionen, die in den 1980er Jahren, also zu Zeiten des sogenannten „Waldsterbens“, als Katastrophe und somit als singuläres Phänomen wahrgenommen wurden (SCHULZE et al. 1989). Weiterhin verändern das Aussterben einheimischer und die Einwanderung neuer, oftmals fremdländischer Arten permanent die Biozönosen einschließlich der mitteleuropäischen Wälder (CRONK & FULLER 1995; KOWARIK 2003). Eine neue Dimension der Veränderung brachten die verheerenden Sturmwürfe und Borkenkäferkalamitäten der 1990er Jahre mit sich (FISCHER 1999).

Als Reaktion auf die großen wirtschaftlichen Schäden änderten sich seit Beginn der 1990er Jahre die waldbaulichen Ziele in vielen Ländern Mitteleuropas (z.B. LANDESFORSTVERWALTUNG BADEN-WÜRTTEMBERG 1999). Insbesondere das Konzept der Naturnahen Waldwirtschaft wurde von vielen Forstverwaltungen angenommen und führte zu großflächigem Waldumbau (TEUFFEL et al. 2005).

Bereits in den 1990er Jahren zeichnete sich in der Diskussion der Klimatologen ab, dass die starken Veränderungen und wirtschaftlichen Schäden möglicherweise keine Folge normaler Witterungsschwankungen darstellen, sondern Resultat eines bereits beginnenden drastischen Klimawandels sein könnten (z.B. POSCH et al. 1996). Spätestens seit dem Bericht des IPCC (2001) sowie dem „Jahrhundertsommer“ 2003 beeinflusste diese Sichtweise zunehmend das Handeln der Forstleute und verlagerte die Zielsetzungen der ökologischen Forschungslandschaft. Eine Vielzahl an Modellierungen künftiger Klimazustände, Standortsveränderungen in Form von Szenarien (z.B. KÖLLING 2007) und ihrer ökologischen und ökonomischen Auswirkungen beeinflusst die forstliche, naturschutzorientierte bis hin zur gesellschaftspolitischen Diskussion über Art und Ausmaß von bereits heute zu treffenden Maßnahmen, um die

---

<sup>1</sup> „Niemals waren ... die Voraussetzungen für eine vollständige und „endgültige“ Darstellung der Vegetation Mitteleuropas besser als heute. Doch gerade in den letzten Jahren ... wurde offenbar ..., daß es ein abschließendes Werk, einen „HEGI der Pflanzengesellschaften“ ..., wohl niemals geben wird. Denn alles anscheinend Feststehende geriet in Fluß, weil sich viele ökologische und wirtschaftliche Voraussetzungen erneut und rascher als je zuvor wandelten.

Überhaupt durften und dürfen wir eigentlich niemals mit einer länger dauernden Stabilität und Kontinuität der Vegetationseinheiten rechnen ... . Denn Pflanzengesellschaften sind ja keine „Organismen“ ..., sondern wandelbare Kombinationen von wirklichen Organismen ... . Wenn es je eines Beweises für diese ... Tatsache bedurft hätte, so begegnen wir ihr heute fast auf Schritt und Tritt, sogar in unseren Wäldern und anderen naturnäheren Formationen, deren Artengefüge sich ebenfalls zu ändern begannen“ (ELLENBERG 1996).

Wälder vorausschauend „klimastabil“ zu machen (JENSSEN et al. 2007; KÖLLING et al. 2009).

Bäume sind mit ihren langen Lebenszyklen von Veränderungen der Umwelt potentiell besonders betroffen. Bestände, die heute begründet werden, müssen sowohl das heutige als auch das künftige Klima aushalten können, ansonsten drohen ökologisch und wirtschaftlich negative Folgen. Die Wahl der Baumart am jeweiligen Standort ist daher eine grundsätzliche Entscheidung, mit der das Fundament für die Zukunft eines Bestandes gelegt wird. Die weiterführende waldbauliche Behandlung und Ausformung soll sicherstellen, dass die Wälder vital und stabil wachsen und wirtschaftliche Ziele erreicht werden.

Im Rahmen der Anpassung der Forstwirtschaft an den Klimawandel bestehen die Optionen einer (1) Erhöhung der Resistenz und Resilienz der bestehenden Wälder in der jetzigen Zusammensetzung und (2) Anpassung der Wälder an ein zu erwartendes Klima durch Veränderung der Baumartenzusammensetzung und Erhöhung der Anpassungsfähigkeit. Eine weitere Zielsetzung könnte die Mitigation des Klimawandels durch verstärkte Sequestrierung von atmosphärischem CO<sub>2</sub> und den Ersatz fossiler Brennstoffe sein (PISTORIUS 2007) Holzprodukte stellen eine zeitliche Verlängerung der Wald-Kohlenstoffspeicherung dar oder können als Ersatz fossiler Energietoffe dienen.

Die zunehmende Wahrnehmung des sich ändernden Klimas hat inzwischen der Debatte über „mitigative“ (negative Folgen mildernde) Maßnahmen im Wald eine neue Dimension verliehen (BOLTE et al. 2009). Insbesondere Vorstellungen zur verstärkten Förderung fremdländischer Herkunft und Baumarten eröffneten Perspektiven, die über die Ansätze der Bestandesstabilisierung durch naturnahe Waldwirtschaft hinausgehen. Molekulargenetische Forschungen an Waldbaumarten fokussieren heute beispielsweise auf die Suche nach den genetischen Markern, welche trockenheitsresistente Herkunft auszeichnen und auf Workshops wie „Opportunities, challenges and limitations of genomics-based technologies in forest tree breeding and forest genetics“ im Oktober 2009 an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt in Freiburg diskutiert wurden (vgl. NEALE 2007, ROBINSON et al. 2007)

Die klimatischen Veränderungen in den letzten Jahren werden auch und gerade von vielen Naturschützern mit Sorge gesehen. Viele Ansätze zum pragmatischen Umgang mit den als unausweichlich sich abzeichnenden Folgen werden von ihnen jedoch mit Misstrauen betrachtet oder gar abgelehnt (z.B. STRAUßBERGER & WEIGER 2009), führen doch manche der von forstlicher Seite vorgeschlagenen Maßnahmen zu einem zusätzlichen Eingriff, bei dem nicht mit Sicherheit prognostiziert werden kann, ob die negativen Folgen des Klimawandels „mitigativ“ kompensiert werden, oder ob dies zu zusätzlichen Störungen der Ökosysteme führt, welche die Waldbiozöten noch mehr in Gefahr bringt. Zudem gibt es bis heute sehr viele Unsicherheiten bezüglich der Regionalisierung und Unwägbarkeiten der Einflüsse der verschie-

denen Faktoren, wodurch von manchen Autoren (z. B. SCHULTZ 2008) alle modellierten Klimaänderungsszenarien in Frage gestellt werden und vor vorschnellen Handlungen gewarnt wird.

Angesichts der Situation, dass momentan sowohl international wie auch national sehr stark an Anpassungsstrategien der verschiedenen Sektoren gearbeitet wird (THOMPSON et al. 2009, SEPPÄLÄ et al. 2009, BMU 2008), erscheint es wichtig, bereits im Vorfeld von umfangreichen Umsetzungen der verschiedenen Anpassungsstrategien die geplanten bzw. bereits praktizierten Empfehlungen, Vorgehensweisen und Umsetzungen zu Baumartenwahl und Waldbau zu analysieren, die Konfliktpunkte und Synergiepotentiale zwischen Forstleuten und Naturschützern herauszuarbeiten, Wissensdefizite zu identifizieren, und Ansätze für eine Lösung aufzuzeigen. Diese Ziele hat sich das hier dokumentierte Vorhaben gesetzt.

Im öffentlichen Wald in Deutschland sind die Landesforstverwaltungen bzw. die Landesforstbetriebe die größten „Waldbesitzer“ (BMVEL 2004). Neben den unterschiedlichen natürlichen Ausgangsbedingungen kann aufgrund des Förderalismus auch mit unterschiedlichen bundeslandspezifischen, Situationsanalysen und Handlungsstrategien gerechnet werden. Daher erscheint eine vergleichende Analyse der unterschiedlichen Grundannahmen und Einstellungen wichtiger Beteiligten sowie der Handlungspläne der einzelnen Landnutzerguppen in den Bundesländern als dringlich und in höchstem Maße sachdienlich, um auf einer möglichst rationalen Basis geeignete Landnutzungs- und Naturschutzstrategien entwickeln zu können. Hierzu wurde eine umfangreiche Literatur- und Internetrecherche durchgeführt sowie jeweils 14 Experten aus den Bereichen Forstwirtschaft und Naturschutz aus einer Reihe von Bundesländern befragt.

Zentrale Fragen im Bezug auf den Wald sind die zukünftige Baumartenzusammensetzung und die Art und Weise der Bewirtschaftung, von der man sich die gewünschte Anpassung erwartet.

An diesen elementaren Fragen der Baumartenwahl und Bestandesbehandlung in einer sich verändernden Umwelt, setzt unsere Studie an. Darin wird versucht, die jeweiligen Grundannahmen des Klimawandels, die Ziele und Umsetzungsstrategien der Landesforstverwaltungen bzw. Landesforstbetriebe und die Perspektiven des amtlichen und nicht-amtlichen Naturschutzes zu analysieren sowie mögliche Konfliktfelder und Synergiebereiche zu identifizieren. Aus diesem Grund erfolgt hier eine vergleichende Analyse

- (1) der zugrunde liegenden Annahmen über Art und Ausmaß des Klimawandels;
- (2) der Kriterien zur Baumartenwahl und ihre jeweilige Bedeutung aus Sicht des Naturschutzes und der Forstwirtschaft, sowie
- (3) der Vorstellungen über waldbauliche Waldbehandlungskonzepte zur Umsetzung von Anpassungsstrategien im Wald.

Die Kenntnis der Vorstellungen der beiden Interessengruppen Forstwirtschaft und Naturschutz erlaubt es, die Konfliktbereiche zu identifizieren und die Potentiale für Allianzen zu eruieren („Synergieeffekte“).

## **2 Witterungsschwankungen oder Klimaänderung?**

Im Gegensatz zum Wetter, dem kurzfristigen, messbaren Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort, bezeichnet der Begriff Klima den für eine Region typischen Ablauf der Witterung. In der Regel betrachtet man dabei einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2009).

Erste Hinweise auf eine Veränderung des Globalklimas finden sich bereits im 19. Jahrhundert: „Seitdem 1896 der schwedische Nobelpreisträger Svante Arrhenius berechnete, dass sich durch den Ausstoß von Kohlendioxid aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe der Treibhauseffekt verstärkt, ist das Problem der anthropogenen Klimabeeinflussung faktisch bekannt, aber kaum wahrgenommen“ (BEIERKUHNLEIN & FOKEN 2008).

Seit einigen Jahren hingegen sind die globalen Klimaveränderungen eindeutig nachweisbar und werden sich in der nahen Zukunft noch viel deutlicher bemerkbar machen (z.B. PEÑUELAS et al. 2008).

Bereits moderate Klimaprognosen gehen im Zeitraum von 2071 bis 2100 für Süddeutschland von einem Anstieg der Jahresmitteltemperatur um etwa 2 °C (bezogen auf die Klimaperiode 1961 bis 1990) und einem gleichzeitigen Rückgang der Niederschläge in der Vegetationsperiode um 10 bis 25 % aus (SPEKAT et al. 2007). Diese Entwicklung wird sich auf den Zustand und die Zusammensetzung der Wälder erheblich auswirken (KÖLLING & ZIMMERMANN 2007, KÖLLING 2008). Die Forstwirtschaft ist daher ein von den Folgen des Klimawandels ganz wesentlich betroffener Wirtschaftszweig (BMU 2008). Sie ist eine besonders witterungs- und damit klimaabhängige Art der Landnutzung, arbeitet mit langlebigen Organismen, den Bäumen, und kann die Produktionsstätten nicht verlegen. Es ist zu befürchten, dass die prognostizierten Klimaänderungen bei verschiedenen forstwirtschaftlich bedeutsamen Baumarten direkt oder indirekt, z. B. über neu oder vermehrt auftretende Schädlinge und Pathogene, zu einer erhöhten Mortalität führen und damit das Anbaurisiko dieser Baumarten erheblich steigern werden. Erschwerend kommt hinzu, dass eine Anpassung bei einigen der derzeit angebaute Arten nur bedingt möglich sein wird, da sie den Übergang vom aktuellen zum prognostizierten Klima – gemessen am Lebensalter eines Baumes – in ausgesprochen kurzer Zeit bewältigen müssen (GRAßL 2007, KÖLLING et al. 2008). Dass dies den verschiedenen Arten unterschiedlich gut gelingen wird, liegt auf der Hand. So müssen sie sich auf eine völlig neue Kombination der für ihre Verbreitung und Vitalität relevanten Klimafaktoren (dies sind vor allem das Temperatur- und Niederschlagsregime) einstellen und dazu noch mit neuen Ex-

tremwerten zurechtkommen (WAGNER & FISCHER 2007). Diese Entwicklung wird von einer Veränderung des Schädlingsregimes begleitet, die eine noch stärkere direkte Auswirkung auf Baumarten und Wälder entfalten kann, wie man am Beispiel des „Mountain pine beetle“ (*Dendroctonus ponderosae*) im kanadischen British Columbia sieht, wo flächiges Absterben der Wälder sogar dazu führt, dass sie sich von einer Senke zu einer Quelle atmosphärischen Kohlenstoffs wandeln (KURZ et al. 2008).

Qualität und Intensität der getroffenen oder in naher Zukunft in der Forstwirtschaft zu treffenden Entscheidungen hängen entscheidend von Kenntnisstand bzw. den Annahmen der aktuellen Klimaforschung ab. Diese ist zwar derzeit in der Lage, Szenarien und Projektionen für Trends zu entwickeln, wird aber sichere Prognosen über einen längeren Zeitraum wohl auch in der nahen Zukunft schuldig bleiben. Insbesondere das Auftreten von Extremereignissen wird nicht oder nur sehr schwer vorhersehbar sein. Daher werden Anpassungsstrategien stets mit großen Unsicherheiten arbeiten müssen.

Trotz dieser Ungewissheit muss aufgrund der messbaren Veränderung der Atmosphärenchemie und der Witterungsverläufe der letzten Jahre mit einer Veränderung des Klimas und somit der Standorte gerechnet werden. Erschwerend kommt hinzu, dass in vielen Regionen, für welche abnehmende Niederschlagsmengen vor allem in der Vegetationszeit vorhergesagt werden, Böden mit geringer Wasserkapazität anzutreffen sind. Baumarten, die auf diesen Standorten in der Vergangenheit und gegenwärtig angebaut werden konnten, werden dort zukünftig aller Wahrscheinlichkeit nach die Grenze ihrer ökologischen Belastbarkeit erreichen. Vor diesem Hintergrund steht die Forstwirtschaft in Deutschland vor einer enormen Herausforderung und riskanten Entscheidungen. Es stellt sich die Frage, welche Strategien zukünftig angewendet werden können und müssen, aber auch welchen Waldfunktionen künftig auf welchen Standorten welches Gewicht beigemessen werden soll bzw. wird.

## **2.1 Globale Klimaszenarien**

Prognosen über künftige Klimaänderungen benötigen Modellierungen des aktuellen Klimas als zentrale Grundlage. Klimamodelle beschreiben das Klimasystem der Erde in physikalisch-mathematischen Gleichungen, die von einem Computer numerisch gelöst werden können. Diese Gleichungen bilden, so weit möglich, das Zusammenwirken der einzelnen Teile des komplexen Klimasystems und deren interne Veränderungsprozesse ab. Klimamodelle können in hohem Maße zum Verständnis klimatologischer Prozesse beitragen (PAETH 2007) und werden hauptsächlich bei der Klimaänderungsforschung eingesetzt (HOUGHTON et al. 2001). Das erste Klimamodell, ein mathematisches Modell zur Beschreibung der atmosphärischen Zirkulation, wurde 1956 vom Amerikaner Norman Phillips veröffentlicht. Eine bedeutende, frühe Anwendung von Klimamodellen war 1967 die Simulation des Zusammenhangs von

steigenden Treibhausgasgehalten auf die Klimaerwärmung (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2009).

In den Modellen werden Komponenten der Erde wie Ozeane und Atmosphäre in ihrem Zusammenwirken als Einzelsysteme physikalisch abgebildet und andere Teilsysteme des Klimas nur pauschaliert eingebunden. Die räumliche Auflösung der globalen Modelle ist naturgemäß gering und bewegt sich in einem Bereich von 250 bis 500 km<sup>2</sup> (CUBASCH & FAST 2007).

Aus heutiger Sicht wird die angenommene Quantität der erwarteten Klimaveränderungen maßgeblich von dem globalen Bevölkerungswachstum und der ökonomischen (insbesondere industriellen) Entwicklung beeinflusst. Aufgrund dieser vor allem auch von politischen Entscheidungen geprägten Unsicherheiten wurden bereits im ersten IPCC-Bericht 2001 (IPCC 2001) verschiedene Szenarien unter der Annahme unterschiedlicher Emissionsraten entwickelt, welche im Jahr 2007 eine an die ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen angepasste Modifizierung erfuhren. Bislang liegen vier Statusberichte vor (1990, 1995, 2001, 2007), die sich in ihren Kernaussagen, nämlich einer Erwärmung der Erde von etwa 1 – 6 Kelvin in Abhängigkeit von den Emissionsszenarien, kaum unterscheiden (BEIERKUHNLEIN & FOKEN 2008). „Aufgrund der Unsicherheiten in den zugrundeliegenden Annahmen gibt es mittlerweile 40 Emissionsszenarien, die sich in vier Szenarienfamilien beziehungsweise sechs Szenariengruppen einteilen lassen“ (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2009). Eine detaillierte Beschreibung der Szenarienfamilien findet sich bei PAETH (2007). In Tab. 1 sind die Kernaussagen dieser Emissionsszenarien zusammengefasst.

**Tab. 1: Kernaussagen der Emissionsszenarien aus den IPCC-Berichten der Jahre 2001 und 2007 (IPCC 2001, IPCC 2007) nach BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2008), verändert**

Szenario	Kernaussagen	Schwankungsbreite des Temperaturanstiegs (°C)
<b>A1</b>	Starkes ökonomisches Wachstum und weltweit zunehmend ausgeglichene Verhältnisse zwischen Industriestaaten und Entwicklungsländern; Bevölkerungszunahme bis Mitte des 21. Jahrhunderts; dann Abnahme. Einführung neuer und effizienterer Technologien	
A1FI	Intensive Nutzung fossiler Brennstoffe	2,4 – 6,4
A1T	Nutzung nicht-fossiler Energiequellen	1,4 – 3,8
A1B	Energiemix aus fossilen und nicht-fossilen Quellen	1,7 – 4,4
<b>A2</b>	Ähnlich A1, jedoch ungleiche Entwicklung auf der Erde, regional unterschiedlich starkes Bevölkerungswachstum	2,0 – 5,4
<b>B1</b>	Ähnlich A1, jedoch schnellerer ökonomischer Umbau mit mehr Materialeffizienz, saubereren und ressourceneffizienten Technologien	1,1 – 2,9
<b>B2</b>	Ökonomische Entwicklung wie A1/B1, jedoch regional weniger unausgewogene Entwicklung im Vergleich zu A2; Mischform aus B1 und A2	1,4 – 3,8

## 2.2 Regionalisierte Klimamodelle

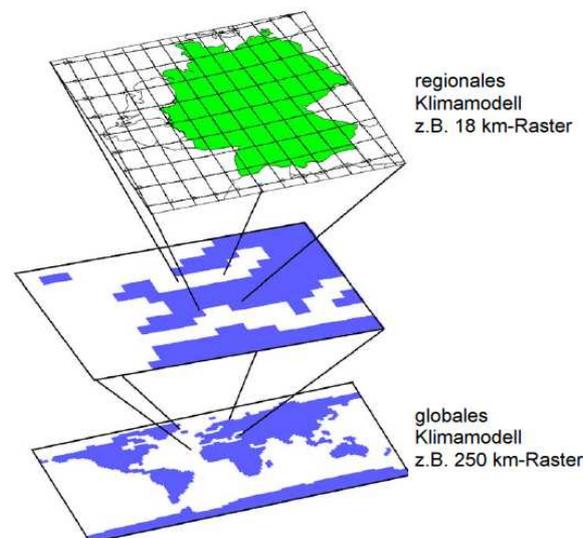
Die verbesserte Leistungsfähigkeit der Rechner erlaubte es, Klimamodelle mit umfangreichen und regionalspezifischen Parametern zu entwickeln. Daraus „errechnet“ der Computer das Klima als „... die für einen geographischen Ort, eine Landschaft oder einen größeren Raum charakteristische Verteilung der häufigsten, mittleren und extremen Wetterzustände und Witterungsvorgänge“ (CUBASCH & FAST 2007).

Einen kurzen Überblick über die Geschichte der Klimamodellierung gibt GATES (2003). Bei dem von FESKE (2009) angestellten Vergleich globaler Klimasimulationen wird besonders herausgearbeitet, „inwieweit die durch verschiedene Modelle simulierten Ausgangsklimata (Kontroll-Klimata) Übereinstimmungen aufweisen und in welchen Aspekten sich die Modelle unterscheiden. Insbesondere für die Arbeit mit Ergebnissen aus regionalen Klimaprojektionen kann von Bedeutung sein, inwieweit sich der verwendete globale Antrieb in den regionalisierten Szenarien widerspiegelt. In diesem Zusammenhang lässt sich anhand des Modellvergleichs leichter beurteilen, ob bestimmte globale Antriebe für die konkrete Region plausible Ergebnisse aufweisen und als alternative Eingangsgrößen für Regionalmodelle geeignet sind“ (FESKE 2009).

**Tab. 2: Überblick über globale Klimamodelle nach FESKE 2009, verändert (G= Gitterpunkte, KL= Kontroll-Lauf [a], ZT= Zeitraum für Trendanalysen, ES=Emissionsszenarien)**

Modell	Bezeichnung	modellbetreibende Institution	G	KL	ZT	ES
BCM2.0	Bergen Climate Model	Bjerknes Centre for Climate Research (BCCR), Norwegen	12	250	2000-2099	A1B, B1
CCSM3	Community Climate System Model	National Center for Atmospheric Research (NCAR), USA	35	230	2000-2099	A1B, A2, B1
CGCM3.1.T47_(medium-res)	Coupled Global Climate Model (Medium Resolution)	Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis (CCCma), Kanada	4	1001	2001-2100	A1B
CSIRO-Mk3.0	Mark 3 Coupled Climate Model	Commonwealth Scientific & Industrial Research Organisation (CSIRO), Australien	15	380	2001-2100	A2, B1
ECHAM5/MPI-OM	European Centre Hamburg Model	Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M), Deutschland	15	506	2001-2100	A1B, A2, B1
ECHO-G	ECHAM4+HOPE-G	University of Bonn (UNI_BN-MI), Deutschland	4	341	2001-2100	A1B, A2
GISS-ER	ModelE-20/Russel	Goddard Institute for Space Studies/NASA (NASA/GISS), USA	2	500	2004-2100	A2, B1
HadCM3	Hadley Centre Coupled Model 3	Met Office (METO), Großbritannien	6	341	2000-2099	A1B,A2, B1
HadGEM	Hadley Centre Global Environment Model (version 1)	Met Office (METO), Großbritannien	30	240	2000-2099	A1B,A2,
INM-CM3.0		Institute for Numerical Mathematics (INM), Russland	4	330	2001-2100	A1B, A2, B1
IPSL-CM4		Institute Pierre Simon Laplace (IPSL), Frankreich	6	500	2000-2099	A1B, A2, B1
MRI-CGCM2.3.2a	Coupled General Circulation Model	Meteorological Research Institute (MRI), Japan	12	350	2001-2100	A1B, A2, B1

Für waldbauliche Entscheidungen sind die Auflösungen der globalen Klimamodelle zu grob, was ein „Herunterrechnen“ auf Regionen oder engl. „downscaling“ notwendig macht (Abb. 1).



**Abb. 1: Grafische Darstellung des Downscaling-Verfahrens. Dieses Verfahren ist notwendig, um die grob aufgelösten globalen Klimamodelle u. a. für forstwissenschaftliche Fragestellungen in regionale Modelle zu übertragen (aus KLIWA 2006).**

Die häufig verwendeten regionalisierten Modelle STAR, WETTREG und REMO besitzen meist eine Auflösung von unter 20 x 20 km und werden von den globalen Klimamodellen der ECHAM-Familie „angetrieben“.

#### Exkurs: Regionalisierte Klimamodelle (nach BÖSCH 2008)

**STAR** (STATistic Regional model) ist ein statistisch basiertes regionales Klimamodell. Mit Clusterverfahren wird ein Zusammenhang zwischen großräumigen Klimainformationen und den langjährigen Messreihen an den Klimastationen des DWD (Deutscher Wetterdienst) hergestellt. Dabei ist die Temperatur die Leitgröße, aus der sich alle anderen meteorologischen Größen berechnen. Aus dem übergeordneten GCM (Global Climate Model) wird nur der Temperaturtrend übernommen. Der Vorteil ist, dass systematische Fehler aus dem globalen Modell auf ein Minimum reduziert werden.

**WETTREG** (wetterlagenbasierte Regionalisierungsmethode) gehört ebenfalls zur Klasse der statistisch-empirischen Verfahren. In WETTREG werden 40 Klima- und 32 Niederschlagsklassen eingesetzt. Für jede Jahreszeit werden zehn Wetterlagen für das Temperatur- und acht für das Niederschlagsregime unterschieden. Aus den Wetterbeobachtungen kann die Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Wetterlagen berechnet werden. Die über einen Zufallsgenerator erzeugte Aneinanderreihung von Wetterlagen wird, zusätzlich zu den Häufigkeiten, durch Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen zwei aufeinander folgenden Wetterlagen gesteuert. Somit ist es möglich, sowohl heutige Wetterlagen zu reproduzieren, und damit auch eine Überprüfung des Modells durchzuführen, als auch künftige lokale Klimabedingungen zu prognostizieren. Zur Prognose der zukünftigen Wetterlagen werden die geänderten Auftretenswahrscheinlichkeiten anhand der GCM-Prognosen ermittelt und dann als Basis für die Prognose übernommen.

Im Gegensatz zu den anderen beiden Modellen ist **REMO** (REgional Model) ein dynamisches Modell, dessen Berechnungen auch nicht an den Stationen des DWD erfolgt, sondern in unterschiedlichen Rastergrößen zwischen 10 x 10 und 18 x 18 km. REMO kann sowohl in die Modelle des IPCC (ECHAM4, ECHAM5), als auch in das Europamodell des DWD eingebettet werden. Die Pro-

zesse werden in REMO unter Einbehaltung der thermodynamischen Energie- und Massenerhaltungsgleichungen berechnet, wobei die Atmosphäre in 20 Schichten geteilt wurde.

**Bewertung der Verfahren.** Die „antreibenden“ Parameter stammen bei allen drei Verfahren aus den übergeordneten GCM-Modellen. Allerdings ist die Verwendung und Dichte dieser Informationen unterschiedlich: STAR benutzt nur den berechneten großräumigen Temperaturtrend, WETTREG analysiert die Wetterlagen und simuliert die Szenarien anhand der Auftretenswahrscheinlichkeit. REMO wiederum übernimmt die gesamte Information der übergeordneten Klimamodelle an den Modellrändern.

Das in der Beschreibung fehlende Regionalmodell **WEREX** ist eine besonders auf die lokalen Gegebenheiten Sachsens angepasste Variante von **WETTREG** (KREIENKAMP et al. 2009).

### 3 Vorgehensweise

#### 3.1 Räumlicher Bezug: Auswahl repräsentativer Bundesländer

Die vorliegende Studie verfolgt das Ziel forstliche Anpassungsstrategien an den Klimawandel und ihre naturschutzfachliche Bewertung für Deutschland zu erfassen und unter dem Aspekt von möglichen Konfliktfeldern und Synergieeffekten zwischen Forstwirtschaft und Naturschutz zu diskutieren. Da aus Zeitgründen nicht alle Bundesländer einbezogen werden konnten, wurden sechs Bundesländer ausgewählt, an deren Beispiel Anpassungsstrategien der Waldwirtschaft an den Klimawandel analysiert und aus forstlicher und naturschutzfachlicher Sicht diskutiert werden.

Die Auswahl der Bundesländer erfolgte unter der Maßgabe, unterschiedliche, für Deutschland repräsentative waldökologische Naturräume abzudecken. Zudem sollten die ausgewählten Bundesländer über eine nennenswerte absolute Waldfläche verfügen. Unter Anwendung dieser Bedingungen wurden die Länder Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Sachsen ausgewählt. Zusammengenommen decken diese Bundesländer 68 % der Gesamtwaldfläche Deutschlands ab (Tab. 3).

Tab. 3: Absolute Waldfläche (in 1000 ha) der in die Studie einbezogenen Bundesländer (BMVEL 2004).

Ausgewählte Bundesländer	Waldfläche (in 1000 ha)
Baden-Württemberg	1 362
Bayern	2 558
Brandenburg (mit Berlin)	1 071
Rheinland-Pfalz	835
Sachsen	511
Niedersachsen (mit Hamburg und Bremen)	1 162
$\Sigma$	<b>7499</b>



### **3.2 Datengrundlage: Literaturlauswertung, Experteninterviews**

Als ein erster wichtiger Schritt wurden alle frei verfügbaren, für die Studie relevanten Informationen zusammengetragen. Dies erfolgte über Literaturrecherchen sowie über die Auswertung der Internetauftritte der Forstverwaltungen, der staatlichen Naturschutzbehörden und der Naturschutzverbände.

In einer weiteren Phase des Projektes wurden die aktuellen Planungen der ausgewählten Bundesländer, deren Planungshintergrund sowie deren Umsetzungen innerhalb der Länder in Form von Expertenbefragungen in Erfahrung gebracht. Dazu wurden Experten der Forstverwaltungen bzw. Staatsforstbetriebe, der forstlichen Forschungseinrichtungen sowie des amtlichen und ehrenamtlichen Naturschutzes befragt. Des Weiteren wurde mit Vertretern aus den Bundeszentralen der Naturschutzorganisationen NABU, BUND und Greenpeace sowie des Bundesforschungsinstituts für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, dem Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), gesprochen.

Die Interviews wurden von drei Mitarbeitern des Projektes durchgeführt. Um die gewonnenen Daten vergleichbar zu gestalten, wurde vorab ein standardisierter Fragenkatalog entwickelt und die Interviews in Form eines halbstrukturierten Leitfadenterviews (MAYER 2006) durchgeführt.

Der Fragenkatalog (siehe Anhang 1) gliederte sich in die folgenden vier Themenkomplexe:

- Klima
- Baumartenwahl und Waldbau
- Umsetzung in der Praxis
- Mögliche Konfliktfelder

Mit Zustimmung der Interviewpartner wurde der Großteil der Interviews aufgezeichnet und im Anschluss an die Befragungen ein schriftliches, auf die wesentlichen Inhalte des Interviews reduziertes Gesprächsprotokoll erstellt. Diese Protokolle wurden den Interviewpartnern zur Durchsicht und Ergänzung noch offener Fragen per E-Mail zugesendet. Auf dem auf diese Weise gewonnenen Datensatz basiert ein Großteil der Erkenntnisse dieser Studie.

### **3.3 Stichprobenumfang der Experteninterviews**

Insgesamt wurden 37 Experten um ein Interview gebeten, 16 aus dem Forst- und 21 aus dem Naturschutzsektor. Von den geplanten 37 Interviews konnten 28 durchgeführt werden, davon jeweils die Hälfte mit Experten der Forstwirtschaft bzw. des Naturschutzes (Tab. 4).

**Tab. 4: Einrichtungen innerhalb der Bundesländer und auf Bundesebene in denen die Experteninterviews durchgeführt wurden.**

	Forstverwaltung/-betrieb	Forstl. Forschungseinrichtung	Nicht amtl. Naturschutz	Amtl. Naturschutz	Σ
Baden-Württemberg	2	1	1	0	4
Bayern	2	1	2	1	6
Brandenburg	1	1	1	1	4
Rheinland-Pfalz	1	1	2	1	5
Sachsen		1	1	1	3
Niedersachsen	1	1	2	0	4
Bund	0	1	1	0	2
Σ	7	7	10	4	28

Die Gründe für das Nichtzustandekommen von Interviews waren verschieden. So wurden zwei geplante Interviews innerhalb einer forstlichen Einrichtung mit beiden Experten gemeinsam geführt. Ein weiteres Interview wurde in beiderseitigem Einverständnis von zwei potentiellen forstlichen Interviewpartnern mit nur einem Experten geführt.

In zwei Bundesländern verwiesen die Vertreter des amtlichen Naturschutzes an die jeweilige Forstverwaltung, während ein Vertreter eines Naturschutzlandesverbandes riet, die Bundesgeschäftsstelle des entsprechenden Verbandes zu konsultieren. Mit vier weiteren Naturschutzverbänden wurde Kontakt aufgenommen, die Verbände sahen sich jedoch nicht in der Lage, in dem erforderlichen Zeitrahmen mitzuwirken, oder das Thema „Wald und Klimawandel“ fand sich nicht auf der Agenda der kontaktierten Organisation.

Mit 25 der 28 Experten konnte ein persönliches Gespräch geführt werden. Ein Interview erfolgte telefonisch. Ein Experte beantwortete den zugesandten Fragebogen schriftlich, während ein weiterer die Verwendung von Informationen aus Publikationen bzw. aus einer anderen Befragung mit ähnlichem Inhalt autorisierte.

### 3.4 Auswertung der Interviews

Zur Verwaltung und Auswertung der Daten wurde eine Datentabelle in MS Excel erstellt. Diese Tabelle wurde nach Ländern, Experten aus Forst und Naturschutz und den vier Themenkomplexen aufgeteilt und dabei die Aussagen zu den diversen Themenkomplexen dem jeweiligen Experten zugeordnet. Anhand dieser Zuordnungen wurden für die Durchführung der Analyse entsprechende Kategorien gebildet, um die Kernaussagen der Experten extrahieren zu können.

Die Aussagen der Experten wurden anonymisiert, die Gruppenzuordnung mit F = Forstexperten sowie N = Naturschutzexperten kodiert.

## 4 Modelle, Prognosen, Szenarien der Klimaentwicklung - welche Annahmen werden getroffen?

### 4.1 Welche Klimaszenarien werden für wahrscheinlich gehalten?

Die in dieser Studie befragten Vertreter der **Forstwirtschaft** unterstellten mehrheitlich das moderate Emissionsszenario B1 (Temperaturerhöhung ca. 2° C; vergl. Kap. 2.1) als Grundlage für ihre Überlegungen. Die Vertreter des Naturschutzes äußerten sich mehrheitlich nicht. Wenn von ihnen ein Szenario präferiert wurde, so war es ebenfalls das Szenario B1. Personen bzw. Institutionen beider Akteursgruppen, die sich noch nicht festlegen wollen, hielten verschiedene Klimaszenarien für möglich (Rubrik „unbestimmt“ in Abb. 2). Im Allgemeinen sind die befragten Naturschutzexperten eher skeptisch, was das Eintreten bestimmter Szenarien anbelangt und hielten sich mit Aussagen darüber zurück (Rubrik „kA“ in Abb. 2). Ein befragter Experte verwies auf die große Unsicherheit, mit der die Klimamodellierung behaftet sei, und gab an, die Entwicklung der Klimamodelle nur am Rande zu verfolgen.

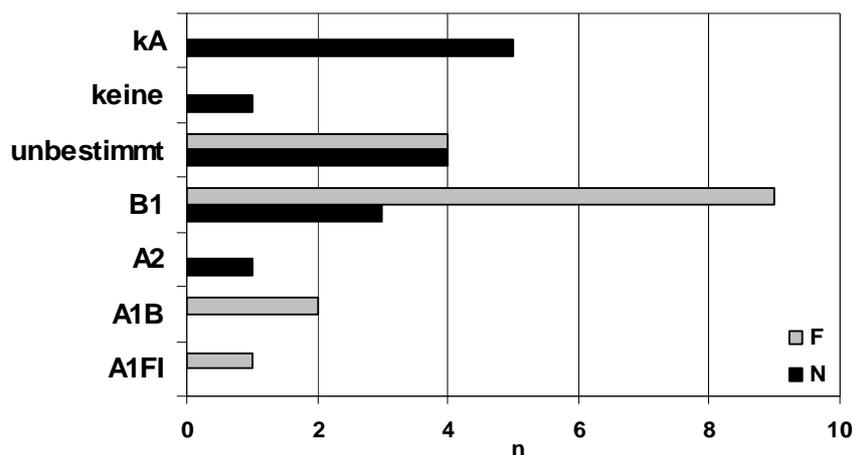


Abb. 2: Von den befragten Experten als wahrscheinlich benannte Emissionsszenarien als Grundlage für zukünftige waldbauliche und naturschutzfachliche Strategien (F = Forstexperten, N = Naturschutzexperten, kA = keine Angaben).

### Diskussion

Angesichts der großen Bandbreite der zu erwartenden Temperaturerhöhung verwundert es auf den ersten Blick, dass – wenn überhaupt – von beiden Akteursgruppen vorwiegend moderate Klimaszenarien unterstellt werden (Abb. 2). Die Annahme einer Erhöhung der Jahresmitteltemperaturerhöhung um 1 °C wird andere waldbauliche Entscheidungen zur Folge haben, als jene einer Temperaturerhöhung um 6 °C. Bei Forstleuten könnte die Auswahl des Szenarios vermutlich von politischen Vorgaben der Landesregierungen oder schlicht der waldbaulichen Umsetzbarkeit beeinflusst sein. So wurde z. B. von einem Forstexperten argumentiert, dass die Umbau-

maßnahmen betriebsintern praktikabel, sowie für außen stehende Entscheidungsträger nachvollziehbar bleiben müssten, und dass das Potential der betrieblichen Möglichkeiten für den Waldumbau und seine langfristige Sicherung erschöpft sei. An dieser Stelle soll nicht unerwähnt bleiben, dass die Thüringer Landesforstverwaltung im Gegensatz zu den in dieser Studie untersuchten Bundesländern angesichts u.a. der global weiter steigenden Treibhausgasemissionen das Szenarium B1 nicht verwendet und statt dessen die Szenarien A1B und A2 für ihre Modellierungen verwendet (PROFFT & FRISCHBIER 2008).

## 4.2 Verwendung regionalisierter Klimamodelle

Bereits nachweisbare Veränderungen in den Regionalklimata der Bundesländer Baden-Württemberg und Bayern werden im Rahmen des Kooperationsvorhabens „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ (KLIWA) anhand von Analysen langer Messreihen detektiert. „Ein wesentliches Ziel von KLIWA ist, für die nächsten Jahrzehnte (Zielhorizont: Jahr 2050) möglichst gesicherte Aussagen über die zukünftigen Auswirkungen der Klimaveränderung auf den Wasserhaushalt zu erhalten. Für diese Abschätzung wurden geeignete regionale Klimaszenarien erstellt. Grundlage bildeten die Berechnungsergebnisse des globalen Klimamodells ECHAM4 unter Annahme eines realitätsnahen Emissionsszenarios“ (KLIWA 2006).

Wie die **Expertenbefragung** bestätigt (Abb. 3), bedient man sich für forstliche Fragestellungen überwiegend der regionalisierten Modelle WETTREG, REMO und STAR. Die häufigste Verwendung findet dabei sowohl auf Seiten der Forstwirtschaft wie auch bei den Naturschutzexperten das Klimamodell WETTREG. Das Modell WEREX bleibt naturgemäß auf Sachsen beschränkt.

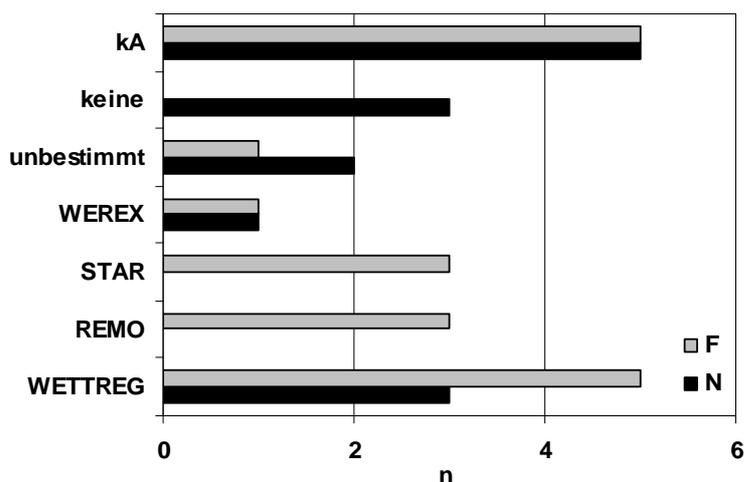


Abb. 3: Die Nennungen der Experten bezüglich der Auswahl der jeweiligen regionalen Klimamodelle spiegelt deren Bedeutung, zumindest deren Bekanntheitsgrad wieder (F = Forstexperten, N = Naturschutzexperten, kA = keine Angaben).

## Diskussion

Die Wahl des entsprechenden Klimamodells als Basis der forstlichen Planung erfolgt an den einzelnen Institutionen und Behörden gutachtlich und orientiert sich an der Übereinstimmung des Klimamodells mit den rezenten klimatischen Trends des jeweiligen Landes bzw. der Region (Abb. 3).

Wie zu erwarten, ähneln sich die Aussagen der Experten zu den verwendeten Klimamodellen und angewandten Emissionsszenarien. Bei den Naturschutzvertretern fällt gegenüber den Forstexperten eine hohe Zahl von Nicht-Nennungen bis hin zur Ablehnung von Klimamodellen für die Fundierung ihrer Sichtweise auf. Offensichtlich sind viele Naturschutzexperten Klimamodellen gegenüber recht skeptisch, oder haben sich damit bisher nicht auseinandergesetzt.

### 4.3 Werden veränderte Häufigkeiten von Extremereignissen erwartet?

Zukünftig wird im Rahmen der Klimaänderung von beiden Interessengruppen mit einer Zunahme der Häufigkeit von Extremereignissen gerechnet.

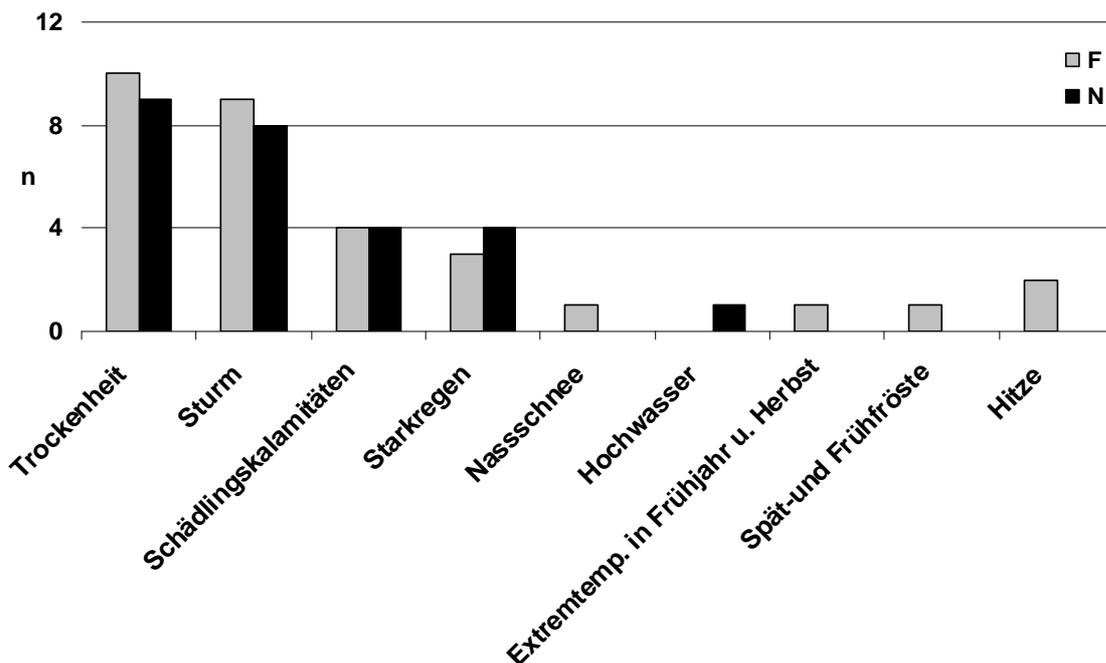
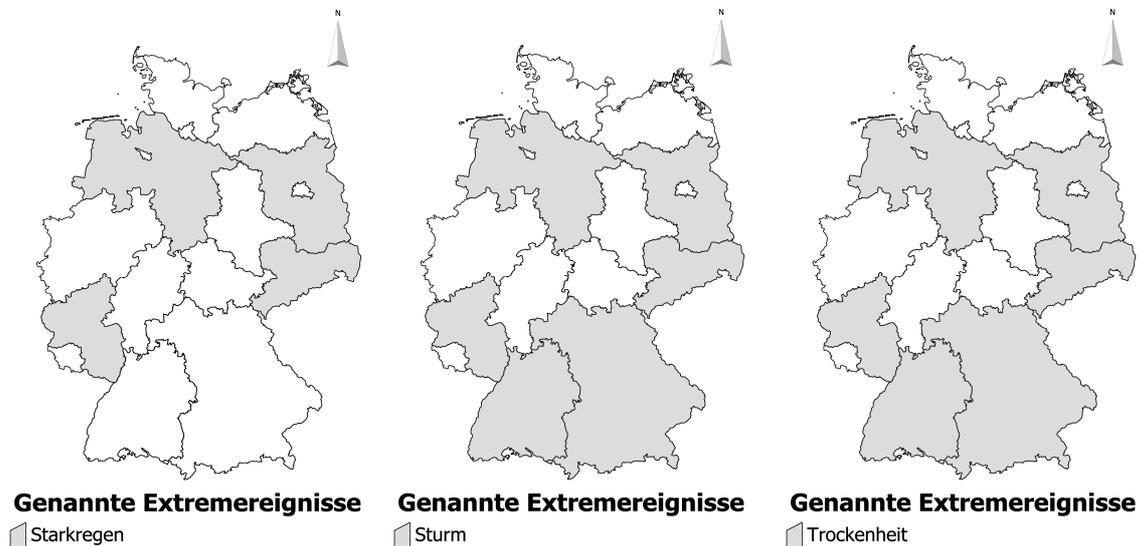


Abb. 4: Von den Experten genannte wichtige, in der Zukunft verstärkt zu erwartende Extremereignisse. (F= Forstexperten, N = Naturschutzexperten).

Offensichtlich gibt es, was die Einschätzung der Experten zum Eintreffen der Extremereignisse Trockenheit, Sturm, Schädlingskalamitäten und Starkregen betrifft, keine nennenswerten Unterschiede zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft (Abb. 4). Nicht ausschließlich auf Wälder beschränkte Schadereignisse (Hochwas-

ser) werden nur von Experten des Naturschutzes erwähnt. Weitere denkbare künftige Extremereignisse bzw. Gefährdungen durch Hitze, Spät- und Frühfrostereignisse, extrem hohe Temperaturen in Frühjahr und Herbst und Nassschnee wurden lediglich von Vertretern des Forstbereichs angesprochen.



**Abb. 5:** Die im Zuge der Klimaänderung zu erwartende Zunahme der Extremereignisse wird in allen Bundesländern als wichtiges Problem gesehen und wird von der Mehrzahl der Befragten auch explizit genannt (Quelle der digitalen Ländergrenzen: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main).

## Diskussion

Bemerkenswert erscheint, dass Nassschneeeignisse auch unter den Forstexperten (Abb. 5) wenig im Blickfeld zu stehen scheinen. Diese könnten künftig bei sich abrupt ändernden Wetterlagen vor allem in höheren Lagen Schneebruchschäden verursachen.

Höhere (Schnee-)Niederschläge während der herbstlichen Übergangszeit bzw. ein abrupterer Übergang vom Sommer zum Winter dürfte dieses Gefährdungspotential für junge Laubholzbestände noch erhöhen.

Insgesamt wäre es interessant zu wissen, bzw. zu untersuchen, inwieweit die Wahrnehmung der Risiken und Arten von Extremereignissen durch die Experten von der jüngeren Vergangenheit und eigenen Erfahrungen beeinflusst ist.

## 4.4 Methoden zur Quantifizierung des standörtlichen Wasserhaushalts und seiner künftigen Veränderungen

In den Bundesländern Bayern, Rheinland-Pfalz und Sachsen wurden Modelle entwickelt, die die Baumartenwahl vor dem Hintergrund der sich verändernden Standortbedingungen erleichtern sollen. In beiden Modellen spielt der Wasserhaushalt eine entscheidende Rolle.

Das **T<sub>diff</sub>-Verfahren** wurde an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) entwickelt und ermöglicht eine überregional gültige Ansprache des Wasserhaushaltes von Fichtenbeständen. Es kann als objektives Kriterium für die Anbauentscheidung einer Baumart verwendet werden (FALK et al. 2008, KÖLLING & ZIMMERMANN 2007, SCHULTZE et al. 2005).

Die **Transpirationsdifferenz T<sub>diff</sub>** wird folgendermaßen definiert:

„Die Transpirationsdifferenz T<sub>diff</sub> ist die Differenz von potentiell möglicher und aktuell realisierter Transpiration der Bäume, also ein Maß für den Unterschied zwischen der bestmöglichen und der wirklichen Wasserversorgung. Je geringer die Differenz, desto besser für den Baum. Da T<sub>diff</sub> stark von klimatischen Größen abhängt, gibt es meist einen typischen Verlauf über die Vegetationszeit: Kein Wassermangel zu Beginn der Vegetationszeit, steigender Mangel mit zunehmenden Temperaturen und Trockenheit im Sommer, und erneutes Sinken mit Einsetzen eines kühl-feuchten Herbstes. T<sub>diff</sub> wird über die Vegetationszeit gemittelt, die Information also auf eine Maßzahl verdichtet, um eine Vergleichbarkeit von Standorten zu ermöglichen“ Als Datenbasis für die Berechnung von T<sub>diff</sub> dienen Angaben über die Textur von 144 Bodenprofilen aus der Profildatenbank der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Dabei wurden in jedem Wuchsgebiet typische Klima-, Relief- und Bodendaten kombiniert und der daraus resultierende Wasserhaushalt für das Klima der Periode 1971-2000 geschätzt. Mit ca. 3880 Simulationläufen wird der Vielfalt der bayerischen Waldstandorte Rechnung getragen. Die Unterschiede zwischen der bestmöglichen und der wirklichen Wasserversorgung errechnet das Modell durch Variation der optimalen und anhand der verwendeten Klimaperiode tatsächlichen Niederschlagsmenge, wobei auch die an den verschiedenen Waldstandorten unterschiedlichen Parameter wie z. B. Hangneigung, Durchlässigkeit und nutzbare Feldkapazität berücksichtigt werden (FALK et al. 2008).

Das Verfahren wird bereits in Form von Beratungskarten (Soforthilfekarten) für private und kommunale Waldbesitzer zur Anbauplanung und zum Management von Fichtenbeständen in Bayern im Rahmen des Förderprogramms „Klimaprogramm Bayern 2020“ umgesetzt (BAYERISCHE STAATSREGIERUNG 2007, ZIMMERMANN et al. 2007, KÖLLING et al. 2009).

Die auf standortkundlichen Bearbeitungen der 1960er bis einschließlich den 1980er Jahre basierende Forstliche Klimagliederung Sachsens wurde im Jahr 2006 auf ihre Anwendbarkeit in Zeiten des Klimawandels überprüft (HÄNTZSCHEL et al. 2006). Die Autoren erachten eine Überarbeitung der Klimagliederung als sachdienlich, wobei ihrer Meinung nach „... die Vegetationszeitlänge sowie die Niederschlags- und Verdunstungsverhältnisse während der realen Vegetationszeit stärker bei der Abgrenzung und Charakterisierung der Areale zu berücksichtigen“ wären (HÄNTZSCHEL et al. 2006). Im Jahr 2007 erfolgte die Überarbeitung der Forstlichen Klimagliederung Sachsens durch GEMBALLA & SCHLUTOW (2007). Dabei wurden zur Abschätzung der

Klimaänderungen die vom Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) zur Verfügung gestellten Ergebnisse der WEREX-Regionalisierung auf Basis des B1-Szenariums der ECHAM5-Simulation verwendet. Als pflanzenphysiologisch relevante Klimadaten wurden die Vegetationszeitlänge und die klimatische Wasserbilanz während der Vegetationszeit ausgewählt. Dabei zeigt die klimatische Wasserbilanz (= Differenzgröße aus Niederschlag und potentieller Verdunstung) an, wie sich das Klima auf den Bodenwasserhaushalt auswirkt (GEMBALLA & SCHLUTOW 2007). In ähnlicher Weise wird die klimatische Wasserbilanz in der Thüringer Waldbaustrategie zur Anpassung an den Klimawandel verwendet (FRISCHBIER & PROFFT 2008).

Im April 2008 wurde in Rheinland-Pfalz unter der Leitung der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF) das interdisziplinäre Forschungsprojekt KlimLandRP installiert. Kooperationspartner ist das Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Es ist geplant, das Projekt bis 30.09.2011 abzuschließen (MATTHES & BÜCKING 2008).

Im **Modul „Wasser“**, das unter der Leitung von Prof. Dr. Casper an der Universität Trier angesiedelt ist, werden folgende Schwerpunkte behandelt:

Das Modul Wasser befasst sich auf der Grundlage einer landschaftsbezogenen Wasserhaushaltsmodellierung mit den Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodenwasserhaushalt für ausgewählte Standorte und entsprechenden Rückkopplungseffekten auf Land- und Forstwirtschaft. Ein weiterer Schwerpunkt werden Analysen zur Schadstoffdynamik und Veränderung der Fließgewässerbiozönosen sein. Mit entsprechenden Stoffhaushaltsmodellen werden für ausgewählte Standorte bzw. Landschaftsräume flächenhafte Bilanzen von Stickstoff und Phosphor erstellt (MUFV 2008a).

Auf der Basis des Bilanzmodells Stoffbilanz ([www.stoffbilanz.de](http://www.stoffbilanz.de)) wird dabei eine landesweite Analyse erstellt sowie „... in Zusammenarbeit mit dem Modul Wald [s. u.] ein Ansatz entwickelt, der es erlaubt, den Einfluss des Klimas bei der Bestimmung der Wasserhaushaltsstufe in der forstlichen Standortkartierung direkt zu integrieren. „... Auf der Basis aktueller Messdaten werden Großregionen identifiziert, welche in Hinblick auf ihren Wasserhaushalt und auf die Wasserqualität bereits heute kritisch sind“ (CASPER & GRIGORYAN 2009).

Naturgemäß muss der Wasserhaushalt auch im **Modul „Wald“** eine wichtige Rolle einnehmen. Dieses Modul wird von Prof. Dr. Konold an der Universität Freiburg bearbeitet:

Mit einer Landschaftsanalyse wird die aktuelle raum-zeitliche Dynamik der Waldlandschaft auf der Grundlage regionalisierter Klimaprojektionen und Wasserhaushaltsmodellierungen sowie bodenkundlicher Erkenntnisse (gemeinsam mit den anderen Modulen) erfasst. Anhand von Landnutzungsszenarien werden für ausgewählte Landschaftsräume die Wirkungen auf die Multifunktionalität untersucht. Daraus sind Optionen ableitbar, wie die Multifunktionalität adaptiv und im Sinne von Risikostreuung dynamisch erhalten werden kann. Wichtige Themenschwerpunkte werden u. a. sein: Anpassungsfähigkeit bzw. Elastizität der Baumarten bei Standortveränderungen, künftige Holznutzungspotentiale, Maßnahmen/Anpassungsoptionen hinsichtlich Baumartenwahl, Strukturvielfalt (Mischung, Schichtung) sowie Auftreten von Schadorganismen (MUFV 2008a).

Für die Bundesländer Baden-Württemberg, Niedersachsen und Brandenburg wurden von den Teilnehmern der Befragung explizit keine Methoden zur Quantifizierung des standörtlichen Wasserhaushalts genannt.

## Diskussion

Während mit dem Model  $T_{diff}$  und der klimatischen Wasserbilanz die Veränderung des Wasserhaushaltes im Vordergrund bei der zukünftigen, „klimagerechten“ Baumartenwahl steht, wird im Projekt KlimLandRP auch den zukünftig zu erwartenden Nährelementflüssen Rechnung getragen. Es ist anzunehmen, dass auch zukünftig z.B. die Stickstoffimmissionen – wenn überhaupt – nicht in dem Maße rückläufig sein werden, wie dies für einen naturnahen Waldbau wünschenswert bzw. notwendig wäre. Denn neben der Veränderung des Wasserhaushaltes erfolgen weitere Modifikationen der Umweltbedingungen durch Immissionen und Depositionen (BEIERKUHNLEIN & FOKEN 2008), die einen erheblichen Einfluss auf die Serviceleistungen (z.B. Grundwasserneubildung, Trinkwasserreservoir) und die Stabilität von Ökosystemen haben können.

## 4.5 Großklima-Vegetations-Beziehungen zur Beschreibung von Standortsveränderungen

Eine weitere Methode zur Beschreibung von prognostizierten Standortsveränderungen in Wäldern, welche nicht ausschließlich auf dem Wasserhaushalt abzielt, stellen die sogenannten Klimahüllen wichtiger Baumarten dar. Diese wurden an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft entwickelt und orientieren sich in Ansatz und Namensgebung an dem Begriff „Bioclimate Envelope“, wie er von BOX (1981), PEARSON & DAWSON (2003) und SKOV & SVENNING (2004) verwendet wurde. Sie basieren auf dem Konzept der „ökologischen Nische“, die das Vorkommen von Arten in Abhängigkeit von verschiedenen Umweltfaktoren beschreiben (BOLTE et al. 2008).

**Klimahüllen** sind Darstellungen der zweidimensionalen Häufigkeitsverteilung von Jahresdurchschnittstemperatur und Jahresniederschlagssumme. Sie können für die Areale von Baumarten und für beliebige geografische Einheiten erstellt werden (KÖLLING 2007a).

Alle befragten bayerischen Forstexperten ( $n = 3$ ) sowie zwei Vertreter des Naturschutzes gaben an, Klimahüllen in ihre Überlegungen zum Waldumbau mit einzubeziehen.

Des Weiteren detektieren Vertreter der Forstwirtschaft Veränderungen der Standorte mit Hilfe der Standortkartierung ( $n = 2$ ) sowie anderer bestehender Messnetze ( $n = 1$ ). Für 3 Forstexperten, die an der Befragung teilgenommen haben, bilden Vegetationsaufnahmen die Grundlage für die Erfassung von Standortsveränderungen. Laut befragter Anwender könne mittels Indikatorpflanzen die Änderung der Trophie, der

Temperatur und des Wasserhaushaltes erfasst und die Geschwindigkeit und Richtung der Veränderung abgeschätzt werden.

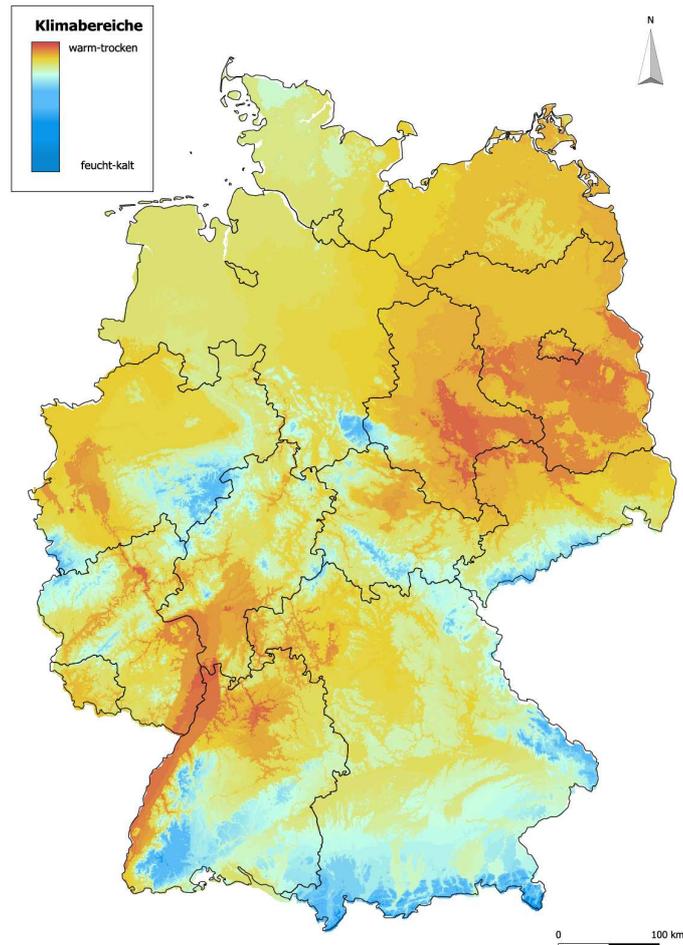
## **Diskussion**

Mittelwerte von Jahresniederschlag und Jahrestemperatur bilden die Basis für die Generierung der publizierten Klimahüllen wichtiger Baumarten (KÖLLING 2007a). Da sich Mittelwerte aus langen Zeitreihen ohne größeren Aufwand ermitteln lassen, Extremwerte dagegen nur mit großer Anstrengung aus Klimadaten detektiert werden können und eine Vorhersage praktisch bis dato nicht möglich ist, stellen die Klimahüllen derzeit ein wichtiges Element bei der regionalen Modellierung der Standortsangepasstheit von Baumarten und Wäldern dar. Dennoch wird vermehrt diskutiert, ob das Verfahren der Klimahüllen in seiner bisher einfachen Form ausreicht, „um darauf die waldbaulichen Planungen zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel aufzubauen“ (BOLTE et al. 2008). Auch BEIERKUHNLEIN und FOKEN (2008) argumentieren ähnlich und konstatieren, „dass die Veränderung der Temperatur und des Niederschlagsregimes nicht isoliert von den Depositionen von Nährstoffen und von der Anreicherung von Kohlendioxid sowie von Schäden durch biotische Schaderreger betrachtet werden dürfen.“ Ein weiterer Schwachpunkt ist die fehlende Anpassung an topographisch bedingte Lokalklimata (vgl. GÄRTNER et al. 2008a).

Monitoringverfahren mittels vegetationskundlicher Methoden kann vor dem Hintergrund des Klimawandels dazu beitragen, Veränderungen der Waldstandorte ohne aufwendige Messverfahren retrospektiv zu detektieren, zumal Messungen über einen kurzen Zeitraum nur Momentaufnahmen des Bodenzustandes wiedergeben können. Die aus den Vegetationserfassungen gewonnenen Informationen können anschließend in Modelle einfließen, erlauben aber per se keine Vorhersagen, insbesondere nicht der Veränderungsraten.

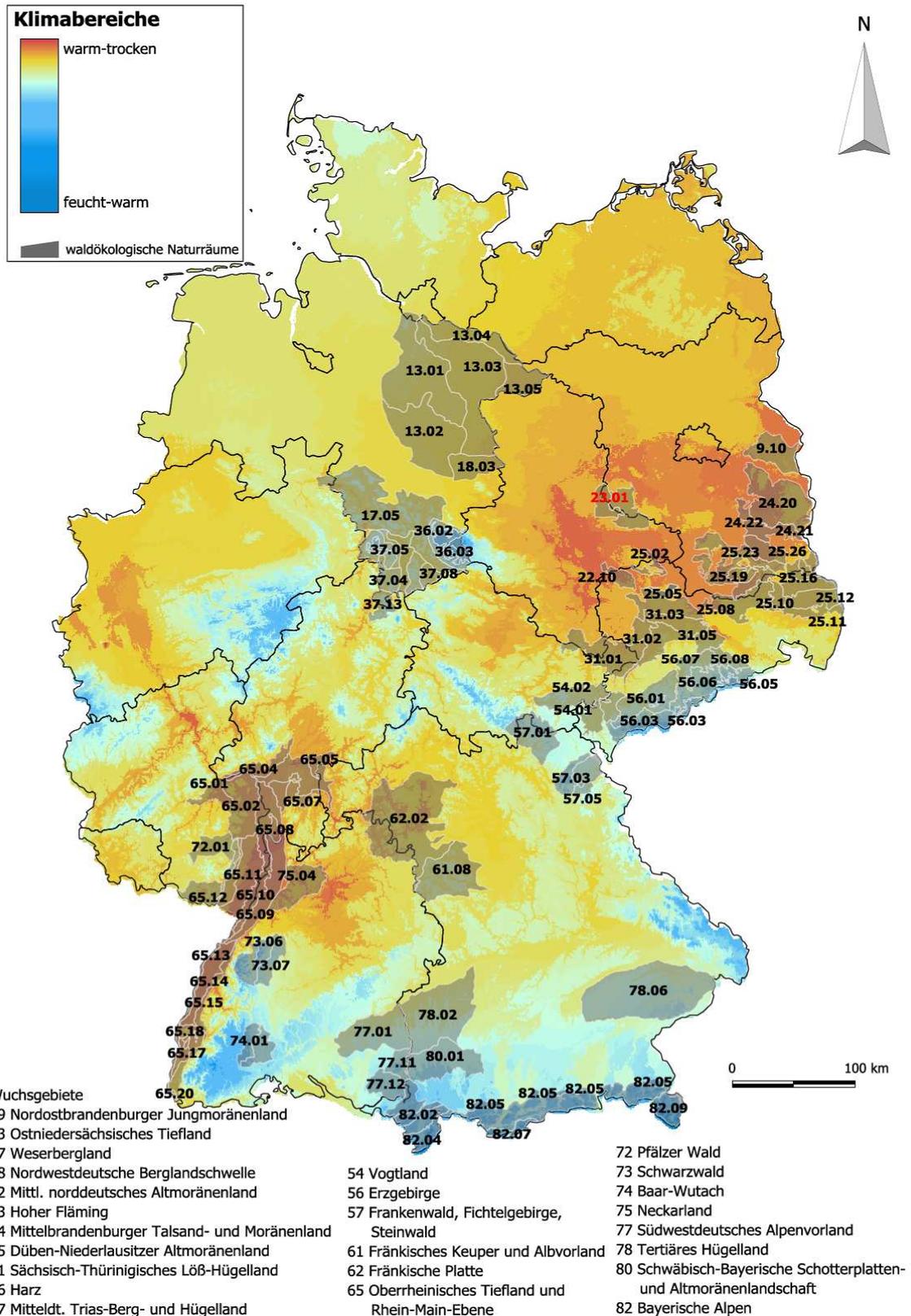
## **4.6 Besonders betroffene Regionen und Baumarten**

Deutschland gehört mit einer Waldfläche von 11,1 Mio. ha (31 % der Landesfläche) zu den walddreichen Ländern der Europäischen Union (BMELV 2009). Groß angelegte, kurzfristige Waldumbaumaßnahmen werden auch vor dem Hintergrund des Klimawandels auf großer Fläche nicht möglich sein. Dagegen sprechen logistische und finanzielle Gründe. Vielmehr muss – sofern ein Umbau derzeit politisch gewollt ist – eine Konzentration auf jene Regionen und Standorte erfolgen, in welchen bereits jetzt warme und trockene Klimabedingungen (Abb. 6) vorherrschen (KÖLLING 2008) und die Bestockung nicht standortgerecht und mit hohen Risiken für die Zukunft behaftet ist.



**Abb. 6: Darstellung der in Deutschland vorherrschenden Klimabereiche. Die Farbskala basiert auf der 1. Hauptkomponente der Verteilung von Jahresdurchschnittstemperatur und Jahresniederschlagssumme (aus: KÖLLING 2008, verändert).**

Die in dieser Studie befragten Forst- und Naturschutzexperten wurden gebeten, jeweils für ihr Bundesland Regionen anzugeben, die ihrer Ansicht nach in Zukunft besonders von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein könnten. Die Antworten auf diese Frage werden in Abb. 7 kartografisch dargestellt.



**Abb. 7:** Nach Auffassung der Naturschutz- und Forstexperten zukünftig potentiell besonders von den Auswirkungen des Klimawandels betroffene Regionen in Deutschland. Dargestellt werden die Wuchsbezirke (GAUER & ALDINGER 2005) die für die Expertennennungen relevant sind (Kartengrundlage aus KÖLLING 2008, verändert). In der Legende werden nur die Wuchsgebiete aufgeführt. Die Beschreibung der Wuchsbezirke kann GAUER & ALDINGER 2005 entnommen werden.

Von den Experten in **Bayern** werden vor allem Regionen mit hohem Fichtenanteil in von Natur aus laubholzgeprägten, kollinen bis montanen Landschaften als besonders gefährdet eingestuft (z.B. Tertiäres Hügelland, westliches Mittelfranken, Allgäu). Darüber hinaus wird für die Zukunft eine Zunahme von Extremereignissen im Alpenraum befürchtet.

Regionen mit vorherrschender Fichtenbestockung (Oberschwaben, Baar-Hochfläche, Nordschwarzwald) werden auch in **Baden-Württemberg** als besonders gefährdet angesehen. Die Experten in **Niedersachsen** betrachten die tieferen Lagen des südniedersächsischen Berglandes sowie die flachgründigen Südwest-Hänge in den tieferen Lagen des Harzes als zukünftige Problemstandorte für die Baumart Fichte (*Picea abies*). In **Rheinland-Pfalz** werden die mit Kiefern (*Pinus sylvestris*) bestockten tieferen Lagen des Pfälzer Waldes und der Rheinauen sowie insgesamt die unteren Weinbaulagen der großen Flusstäler, sofern diese eine nicht standortgemäße Bestockung aufweisen, sowie das Mainzer Becken als besonders klimasensibel angesehen. In **Brandenburg** bereitet den Fachleuten vor allem der Bodenwasserhaushalt Sorgen (v.a. Ostbrandenburg, Fläming, Spreewald). Die Kiefer wird vor dem Hintergrund von Waldbränden und Schädlingskalamitäten, welche durch den Klimawandel vermutlich zunehmen werden, als höchst vulnerabel eingestuft. Die Stakeholder in **Sachsen** führen u. a. für die kolline Stufe Wälder im Lößhügelland mit einer stark ausgeprägten negativen Wasserbilanz als besonders bedroht an, darüber hinaus die mittleren Lagen des Erzgebirges, sowie Sandböden des Tieflandes.

Ohne genauere Lokalisierung wurden ferner als besonders gefährdet vor dem Hintergrund des Klimawandels eingestuft:

- Fichtenbestände der planaren und kollinen Bereiche,
- Fichtenbestände auf schlecht wasserversorgten Standorten,
- Waldbestände auf Gipskeuper in Bayern

Neben den genannten Annahmen werden auch Fallbeispiele für den bereits stattfindenden Klimawandel angeführt. In diesem Zusammenhang verweist ein bayerischer Forstexperte auf die stark von Schädlingskalamitäten und Sturmschäden getriebenen Hiebsmaßnahmen der Jahre 2008 und 2009 in den im Frankenwald, Fichtelgebirge und im westlichen Mittelfranken vorherrschenden Fichtenbeständen. Über alle heimischen Baumarten hinweg bereiten die Grundwasserabsenkungen in den Rheinauen erhebliche Probleme (Abb. 8). Von den Forstexperten wird angenommen, dass die negative Wasserbilanz während der Vegetationsperiode durch den Klimawandel noch verstärkt wird.

Die **baumartenbezogenen** Nennungen der Experten bescheinigen der Fichte bzw. den Beständen mit vorherrschender Fichte in den planaren bis montanen Lagen ein hohes Vulnerabilitätspotential. 9 Forstexperten und 7 Naturschutzfachleute kamen zu dieser Einschätzung. Weit weniger explizit genannt wurden die Baumarten Kiefer (n

= 2 je Expertengruppe), Eiche (n = 1 je Expertengruppe) und Buche (*Fagus sylvatica*) (n = 1 je Expertengruppe). Für Bayern werden von einem Forstexperten baumartenspezifische Randsituationen mit besonderer Gefährdung anhand der Jahresmitteltemperatur angegeben: Fichte bei 8 °C, Kiefer bei 9 °C, Buche bei 10 °C und Traubeneiche (*Quercus petraea*) sowie Stieleiche (*Quercus robur*) 13°C.



**Abb. 8:** In Auflösung begriffener Buchenbestand in der hessischen Rhein-Main-Ebene südlich von Weiterstadt im Mai 2009. Grundwasserabsenkungen einhergehend mit abnehmenden Niederschlägen werden als Gründe für das großflächige Absterben angenommen.

Die Ergebnisse zeigen, dass in allen an der Studie beteiligten Bundesländern erhebliche Probleme vor allem in von Nadelholz dominierten Beständen zu erwarten sind, bzw. bereits jetzt auftreten. Baumarten, die in der Vergangenheit am Rande oder außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets angebaut wurden, werden als besonders gefährdet eingestuft. Um den Grad der Vulnerabilität der Wälder der einzelnen Bundesländer bestimmen zu können, muss der Anteil dieser „Fehlbestockung“ erfasst werden. Laut Expertenangaben schwanken diese Umbauflächen z.B. in Bayern zwischen 310.000 ha und 780.000 ha, je nachdem ob nur Fichte oder auch andere Koniferenarten in die Schätzung aufgenommen werden. Neben dem Anbau von nicht standortgerechten Baumarten wurden auch anthropogene Veränderungen des Standortes per se, wie Grundwasserabsenkungen und Tagebaustätten als Wegbereiter klimawandelbedingter Schadereignisse angesprochen.

## 5 Standortsveränderungen und Baumartenwahl

Der Klimawandel ist ein dynamischer Vorgang. Alle aktuell veröffentlichten Ergebnisse regionaler Klimaszenarien legen dar, dass sich die Erde in einem Zeitalter rasanter Klimaänderung befindet. Wie schnell diese stattfindet ist ungewiss, da die Szenarien lediglich mögliche Entwicklungen des Klimas darstellen.

Vor diesem Hintergrund wurden Forst- und Naturschutzexperten darüber befragt, welche Schlüsse daraus gezogen werden sollten: Welche Eigenschaften müssen Baumarten heute und zukünftig besitzen, welche Kriterien für die Wahl der Baumarten werden herangezogen, welche Baumarten werden in Zukunft noch als standortsgerecht eingeschätzt und welche waldbaulichen Maßnahmen dienen ihrer Meinung einer Anpassung an einen künftigen Klimawandel.

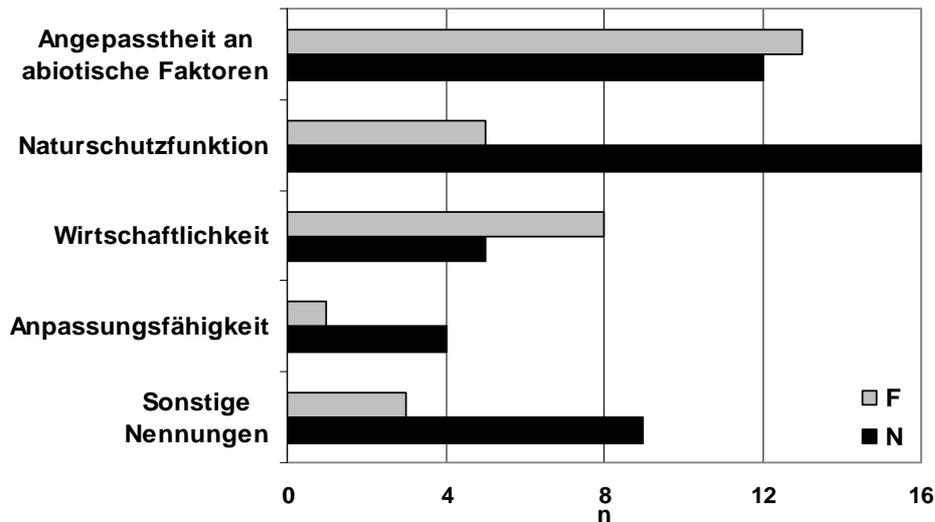
### 5.1 Welche Kriterien der Baumartenwahl sind wichtig?

Die Wahl der Baumart im Wirtschaftswald ist eine wichtige Entscheidung und sehr häufig viel diskutiert. Bei der Entscheidungsfindung können je nach Zielsetzung verschiedene Kriterien angelegt werden. In den letzten Jahrzehnten erreichte die Diskussion eine neue Qualität. Eine neue Größe tritt bzw. trat zu den Überlegungen hinzu, nämlich, dass die Standortsbedingungen im Laufe eines Bestandeslebens nicht mehr als konstant angesehen werden können (ELLENBERG 1996, MICHIELS 2008). Vor diesem Hintergrund könnte sich auch eine Verschiebung der Zielsetzungen und damit der Gewichtung der Kriterien der Baumartenwahl ergeben.

Die von den Experten genannten Kriterien, die bei der Ermittlung der Baumarteneignung angelegt werden, ließen sich im Wesentlichen den folgenden vier Hauptkategorien zuordnen (Abb. 9):

- Angepasstheit an Boden und Klima
- Erfüllung von Naturschutzfunktionen
- Wirtschaftlichkeit
- Anpassungsfähigkeit

Sehr allgemein gehaltene Nennungen bzw. Einzelnennungen, die keiner dieser vier Kategorien zuzuordnen waren, wurden unter „Sonstige Nennungen“ erfasst.



**Abb. 9:** Anzahl der Nennungen der, für die Ermittlung der Baumarteneignung herangezogenen Kriterien nach Hauptkategorien durch Vertreter der Forstwirtschaft (F) und des Naturschutzes (N).

Im Folgenden werden die von den Forst- und Naturschutzexperten genannten Kriterien zur Baumarteneignung kurz erläutert. Abb. 10 am Ende dieses Kapitels veranschaulicht die Verteilung der Nennungen der einzelnen Kriterien auf die Interessengruppen.

### **Angepasstheit an abiotische Faktoren (Boden, Klima)**

Unter der Kategorie „Angepasstheit der Baumart an abiotische Faktoren“ wurden alle Nennungen zusammengefasst, die Bezug nehmen zu folgenden Kriterien:

- Standortsansprüche der Baumart
- Standortgerechtigkeit
- Stresstoleranz

Während von forstlicher Seite vor allem die Erfüllung der ökologischen Ansprüche einer Baumart an den jeweiligen Standort betont wurde ( $n = 6$ ), verwendeten die Naturschutzexperten fast ausschließlich den umfassenderen Begriff der „Standortgerechtigkeit“ ( $n = 8$ ). Dieser bezieht per Definition nicht nur die Standortsansprüche der Baumart mit ein, sondern auch, dass der Baum bzw. der Bestand bei angemessener Pflege vital und stabil erwachsen muss sowie keine nachteiligen Auswirkungen auf den Standort auftreten (ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 2003). Besondere Erwähnung findet die Fähigkeit von Baumarten, Stress, wie z.B. Frost oder Trockenheit, zu tolerieren. Dieses Kriterium wurde von sechs Forst- und von drei Naturschutzexperten genannt.

## **Erfüllung von Funktionen des Natur- und Umweltschutzes**

Unter dieser Kategorie wurden alle Nennungen zusammengefasst, die folgende Kriterien betreffen:

- Naturnähe
- Vielfalt
- Schutz abiotischer Ressourcen

Insgesamt wurden Punkte, welche die Erfüllung dieser „ecosystem services“ betreffen, von Naturschutzexperten dreimal häufiger genannt als von Forstfachleuten.

Eine von den Naturschutzexperten häufig geforderte Eigenschaft ist, dass die jeweilige Baumart heimisch ( $n = 3$ ), standortsheimisch ( $n = 2$ ) bzw. der potentiellen natürlichen Vegetation (pnV) angehörig sein solle ( $n = 4$ ). Dieser Aspekt der Naturnähe fand bei den Vertretern der Forstwirtschaft keine Nennung, lediglich die (unerwünschte) Eigenschaft des Invasionspotentials einer (fremdländischen) Baumart wurde einmal angesprochen. Ein weiterer Gesichtspunkt bei der Baumartenwahl ist die Baumartenvielfalt (von Beständen) ( $n = 3$ ). Dies beinhaltet die grundsätzliche Eigenschaft der Mischungsfähigkeit einer Baumart. Ein Experte argumentierte beispielsweise dahingehend, dass die Biodiversität und damit die Baumartenvielfalt möglichst hoch sein solle (N1). Der Schutz abiotischer Ressourcen wie Boden und Grundwasser wurde von beiden Interessengruppen ähnlich häufig erwähnt (F:  $n = 3$ ; N:  $n = 4$ ). Letztgenannter Punkt dient nicht nur der Erfüllung von Naturschutzfunktionen, sondern ist auch für den Erhalt der Produktionsfunktion und für die Bereitstellung anderer Ökosystemdienstleistungen (z. B. Trinkwasser) von Bedeutung.

## **Wirtschaftlichkeit**

Folgende Kriterien wiesen ökonomische Aspekte bei der Baumartenwahl auf

- Produktionsaufwand
- Betriebssicherheit
- Ertrag

Während Kriterien des Produktionsaufwandes und der Betriebssicherheit vor allem von Seiten der forstlichen Vertreter genannt wurden, wurde die Erfüllung der Ertragsfunktion von Seiten des Naturschutzes häufiger angeführt.

## **Anpassungsfähigkeit**

Neben der Angepasstheit einer Baumart an standörtliche Gegebenheiten wurde auch die Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Umweltbedingungen als Kriterium genannt. Die Experten bezogen sich sowohl auf die Ebene des Individuums (= physiologische Anpassungsfähigkeit) als auch auf Bestandesebene (= evolutive, genetische

Anpassung). Die genetische Anpassungsfähigkeit auf Populationsebene wurde nur von zwei Personen des Naturschutzes genannt, beispielsweise in Form einer erwünschten „breiten ökologischen Amplitude“ oder „Klimaplastizität“ einer Baumart. Experten des Naturschutzes führten diesen Punkt mit insgesamt fünf Nennungen häufiger an als die forstlichen Fachleute (n = 2).

### Sonstige Nennungen

Hierunter wurden sehr allgemein gehaltene Angaben wie z.B. „hohe ökologische Relevanz“ oder „die Erfüllung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit“ zusammengefasst.

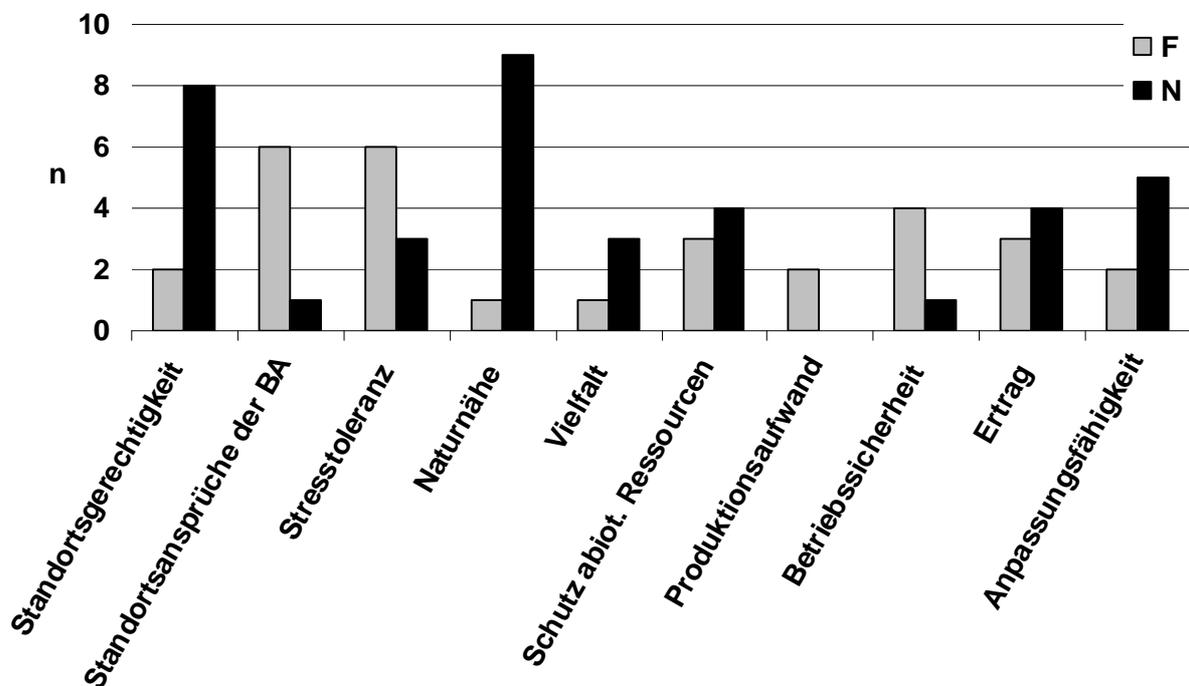


Abb. 10: Kriterien zur Ermittlung der Baumarteneignung. Anzahl der Nennungen der Forstexperten (F) und der Naturschutzexperten (N) je Kriterium (BA=Baumarten).

### Diskussion der Kriterien der Baumartenwahl

Wichtige Parameter der Baumartenwahl, wie sie von Vertretern beider Expertengruppen gleichermaßen sehr häufig genannt wurden, sind die **Standortansprüche** der Baumarten sowie die **Standortgerechtigkeit**.

„Man spricht von „standortgerecht (Synonym: standortgemäß“), wenn die ökologischen Ansprüche mit den erfassten Standortseigenschaften (Umweltbedingungen) übereinstimmen, wenn der Baum oder Baumbestand vital und bei angemessener Pflege ausreichend stabil ist und wenn er keine nachteiligen Einflüsse auf den Standort hat“ (ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 2003: S.199).

Auffallend ist die fast durchgehend konsistente Wortwahl, die innerhalb der Expertengruppen verwendet wurde. Über die hohe Bedeutung von baumspezifischen ökologischen Ansprüchen mit den herrschenden Standortseigenschaften herrscht Übereinstimmung. Der zusätzliche Akzent, den die Naturschutzexperten durch die Verwendung des Begriffes „Standortsgerechtigkeit“ setzen, äußert sich in der Betonung der Vitalität des Bestandes sowie dem Ausschluss von negativen Einflüssen auf den Standort. Letzteres Kriterium findet bei einigen Naturschutz- und Forstexperten nochmalig separat Erwähnung im Hinblick auf abiotischen Ressourcenschutz. Sowohl die Standortsgerechtigkeit als auch das Kriterium der Standortsansprüche der Baumarten beinhalten dabei auch einen wirtschaftlichen Kernpunkt im Sinne der Ertragsleistung und Betriebssicherheit. Je besser die ökologischen Ansprüche der Baumarten bzw. Baumindividuen mit den herrschenden Umweltbedingungen übereinstimmen, desto höher ist deren Vitalität. Vitale Bestände wiederum weisen eine hohe Widerstandskraft gegenüber biotischen und abiotischen Faktoren auf (PROFFT et al. 2008). Die Vertreter der Forstwirtschaft sehen in diesem Zusammenhang Vitalität und Stabilität als eine Folge der Standortfunktion und der waldbaulichen Erziehung, wie sich bei der Frage der künftigen Bewirtschaftungsformen der Wälder zeigte (siehe Kap. 6). Generell standen bei den Überlegungen zur Standortsangepasstheit abiotische Faktoren im Vordergrund. Dass sich die Standortsgerechtigkeit einer Baumart auch sehr stark durch ein sich änderndes Schädlingsregime beeinflussen kann, wurde an dieser Stelle nicht oder nur indirekt in Betracht gezogen.

Standortsgerecht bzw. standortsangepasst können auch nicht standortsheimische Baumarten sowie fremdländische Baumarten sein. Ein Großteil der Naturschutzexperten befürwortet den Anbau fremdländischer Baumarten jedoch nicht. Die Verwendung **standortsheimischer, heimischer oder der potentiellen natürlichen Vegetation (pnV)** angehörender Baumarten ist bei vielen Naturschutzexperten ein zentrales Kriterium der Baumartenwahl.

Offen ließen die Naturschutzexperten im Zusammenhang mit dem Konzept der pnV den Referenzzeitpunkt, also jenen Zeitpunkt für welchen die jeweilige pnV konstruiert wird. Definitionsgemäß sind die heutige pnV und die künftige, unter veränderten Klimabedingungen zu erwartende pnV grundverschieden (vgl. TÜXEN 1956; REIF & WALENTOWSKI 2008). Des Weiteren bleibt offen, ob eine künftige Standortsveränderung durch Einflüsse wie Säure- und Nährstoffeinträge mit einbezogen werden soll, oder ob der Boden als relativ konstante Größe betrachtet wird.

**Wirtschaftliche Kriterien** wie Holzproduktion, Wertschöpfung oder Ertrag fanden wenig Eingang in die Nennungen hinsichtlich der Baumartenwahl. Bemerkenswert erscheint, dass die Forstexperten mit insgesamt acht Nennungen dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit bei der Baumartenwahl nicht wesentlich mehr Gewicht beimessen als die Naturschutzexperten (n = 5).

Eine hohe **Stresstoleranz** sowie eine hohe **Anpassungsfähigkeit** sind als spezifische Eigenschaften von Baumarten in Hinblick auf eine künftige Klimaveränderung zu werten. Die Fähigkeit einer Baumart, Stress wie etwa Trockenheit (klimatisch und

edaphisch), Hitze oder Frost zu tolerieren und an diese Umweltfaktoren angepasst zu sein, ist vor allem für Forstexperten ein nicht zu vernachlässigendes Kriterium (n = 6). Gerade diesen Extremsituationen, so schätzt ein Großteil der Experten, werden Bäume künftig zunehmend ausgesetzt sein (siehe Kap. 4.3). Den Unsicherheiten, die ein künftiger Klimawandel mit sich bringt, soll auch mit Baumarten begegnet werden, die sich aufgrund ihrer physiologischen Amplitude an eine sich ändernde Umwelt anpassen können, sowie mit Baumarten, die sich durch ihre genetische Ausstattung auf Populationsebene evolutiv an neue Klimabedingungen anpassen können. Nur zwei Naturschutzexperten bezogen sich dabei auf die Anpassungsfähigkeit auf Populationsebene und damit auf genetische Prozesse wie Genfluß und natürliche Auslese.

Die entscheidende und gleichzeitig nicht zu beantwortende Frage ist, wie schnell diese Anpassung ablaufen kann. Mehr Experten forderten eine hohe Anpassungsfähigkeit der Individuen im Sinne einer breiten ökologischen Amplitude bzw. der Eigenschaft der „**Klimaplastizität**“. Dieser Begriff beruht dabei auf dem neu vorgestellten Konzept der „klimaplastischen Wälder“ nach JENSSEN et al. (2007) bzw. JENSSEN (2009). Den Autoren folgend ist Plastizität eine Eigenschaft auf verschiedenen Ebenen biologisch-ökologischer Systeme. Auf Ebene der Baumart sei diese vor allem im Rahmen ihrer physiologischen Anpassungsfähigkeit gegeben. Dies bedeutet, dass eine Baumart/Population auf Grund ihrer genetischen Ausstattung (hohe Genvarianten) eine große Spanne an Reaktionsmöglichkeit hat (GEBUREK 2008) und dadurch „plastisch“ auf Änderungen reagieren kann. Wird der Begriff der Klimaplastizität auf Ebene des Bestandes bezogen, finden sich auch inhaltliche Komponenten, die Kriterien wie Vielfalt (auf Bestandesebene) bzw. Mischungsfähigkeit (der Baumart), Standortsangepasstheit und natürliche Prozesse auf Art- und Populationsebene betreffen (JENSSEN 2009; vgl. Exkurs: Klimaplastizität).

#### **Exkurs: Klimaplastizität**

Unter **Klimaplastizität** wird die Fähigkeit eines biologisch-ökologischen Systems zu einer dauerhaften Anpassung seiner Strukturen an einen Klimawandel verstanden. Im Gegensatz zum Konzept der Resilienz wird mit Plastizität die dauerhafte „Verformung“ des Ökosystems bezeichnet, d.h. eine dauerhafte Anpassung seiner Struktur an sich verändernde Umweltbedingungen.

Klimaplastizität auf der Ebene der Waldgesellschaft wird vor allem durch Baumartenmischungen und ökologische Interaktionen zwischen den Baumarten erzeugt. Ein Waldbestand kann sich durch Veränderung der Mengenanteile der Baumarten an das sich wandelnde Klima anpassen. Die Klimaplastizität eines Waldbestandes ist dann besonders groß, wenn sich die ökologischen Amplituden der Baumarten unter dem aktuellen Klima und den gegebenen kleinstandörtlichen Bedingungen überlappen und eine Vergesellschaftung ermöglichen, jede für sich aber möglichst unterschiedliche Bereiche möglicher Klimaszenarien abdecken.

**Ziel des Konzepts der Klimaplastizität** ist es, Wälder mit der Fähigkeit zu struktureller Selbstorganisation in Anpassung an veränderliche Umweltbedingungen zu entwickeln, dabei nicht einseitig auf bestimmte Baumarten zu setzen, sondern auf standortsangepasste, baumartenreiche Waldgesellschaften (JENSSEN 2009).

## 5.2 Künftige Bedeutung verschiedener Baumarten

### 5.2.1 Einschätzung der künftigen Bedeutung der Hauptbaumarten

Auf die Frage, welche Baumarten in Zukunft unter der Annahme einer Klimaänderung als standortsgerecht angesehen werden, war die Ausführlichkeit der Antworten sehr unterschiedlich. Viele Forst- und Naturschutzexperten gaben pauschal eine Einschätzung über die künftige Flächenentwicklung ab, gingen bei einem Großteil der Baumarten aber nicht konkret auf Standorte ein. Andere legten ihre Sicht in aller Ausführlichkeit dar. Da die Fragen dahingehend sehr unterschiedlich beantwortet wurden, konnte die Analyse nicht speziell auf die Fragestellung der Standortsgerechtigkeit und Standorte hin ausgerichtet werden. Wenn möglich, werden die Auslegungen der Experten erörtert. Die pauschale Einschätzung der künftigen Bedeutung der Baumarten Fichte, Kiefer, Tanne, Buche, Eiche (Trauben- und Stieleiche), Douglasie und Roteiche ist in Tab. 5 dargestellt.

Tab. 5: Einschätzung der Forst- und Naturschutzexperten bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Bedeutung der Baumarten Fichte (Fi), Kiefer (Kie), Tanne (Ta), Buche (Bu), Eiche (Ei) (Trauben- und Stieleiche), Douglasie (Dgl) und Roteiche (REi); BA= Baumarten.

	Fi		Kie		Ta		Bu		Ei		Dgl		REi	
	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N
Abnahme	12	12	4	4		2		2		1				1
keine Veränderung			4	2	1		2	1	1			3	2	5
Zunahme			5	8	7	7	9	11	11	12	13	6	3	
ungewiss					1	1	2		2	1	1			
unbedeutend im Bundesland	2	2			5	3							3	1
keine Angaben			1			1	1					2	6	6
Ablehnung fremdl. BA											3			1

Als große „Verliererin“ des Klimawandels wird von den Naturschutz- und den Forstexperten einhellig die **Fichte** (*Picea abies*) gesehen. Bei keiner anderen Baumart herrschte größere Einigkeit über die künftige Entwicklung. Als in Zukunft standortsgerecht gilt sie nur noch in den Hochlagen der Mittelgebirge (N7, N12, N10, N14) bzw. in niederschlagsreichen, kühleren Bereichen (F12).

Im Gegenzug dazu werden Buche und Eichen als die „Gewinner“ des Klimawandels eingeschätzt. Mit einer Zunahme der **Buche** rechnen vor allem die Naturschutzexperten (n = 11). Zwei Naturschützer schätzen, dass die Buche vor allem auf den mäßig frischen bis trockenen Standorten wenig geeignet ist und ihr Flächenanteil auf Grund der Zunahme trockener Standorte in ihrem Bundesland abnehmen könnte (N2, N7). Auch einige Forstexperten haben dahingehend Zweifel, weshalb sie die

Zukunft der Buche zum momentanen Zeitpunkt als ungewiss einschätzten (n = 2), bzw. für ihr Bundesland keine Ausweitung der Fläche in Frage kommt (n = 2).

Die Mehrheit der Naturschutz- und Forstexperten sehen die **Eichen** als geeignete Baumgattung für die Zukunft. Obwohl sie als grundsätzlich geeignet angesehen werden und mit einer Zunahme des Anbaus gerechnet wird, betrachteten vier Forstexperten die Entwicklung der biotischen Schadrisiken sowie den Wildverbiss gleichzeitig mit Sorge. Trotzdem blieben sie bei ihrer Einschätzung. Zwei Forstexperten jedoch schätzten die zukünftige Entwicklung des Eichenanbaus aus Forstschutzgründen als ungewiss ein.

Die **Douglasie** (*Pseudotsuga menziesii*) ist neben der Buche und den Eichen eine weitere Baumart, von der aus forstlicher Sicht mit einer eindeutigen Zunahme der Fläche gerechnet wird (n = 13). Sie wird von den Forstexperten als hervorragende Wirtschaftsbaumart geschätzt, die auf den trockeneren Standorten den Rückgang des Fichtenanbaus teilweise kompensieren könnte. Auch von Seiten der Naturschutzexperten wird mit einer Zunahme der Douglasie gerechnet. Der konkrete Anbau einer fremdländischen Baumart wird von ihnen jedoch nicht oder nur unter bestimmten Bedingungen erwünscht. (siehe Kap. 5.4.2). Drei Experten äußerten sich nicht über die prinzipielle Eignung der Douglasie. Sie erwarten einen vermehrten Anbau dieser Baumart aus ökonomisch motivierten Gründen der Waldbesitzer, unterstreichen aber, dass die Douglasie aus naturschutzfachlicher Sicht nicht angebaut werden sollte. Drei weitere Experten schätzten, dass die Anbaufläche stabil bleibt, zwei Experten äußerten sich zu dieser Baumart nicht.

Die **Weißtanne** (*Abies alba*) kommt nicht in allen Bundesländern, die in die Befragung mit aufgenommen wurden, in größerem Maße vor (vgl. BMVEL 2004). Innerhalb der Bundesländer, in denen sie eine gewisse Präsenz hat (v.a. Baden-Württemberg und Bayern), wird sie als geeignete Baumart für viele Standorte auch unter wärmeren Klimabedingungen gesehen. Sowohl von Seiten der Forstwirtschaft als auch des Naturschutzes wird mit einer zukünftigen Zunahme gerechnet. Gerade Naturschutzexperten sehen in ihr auf den mäßig frischen bis frischen Standorten eine passende heimische Nadelholzart, die dort die Fichte ersetzen kann.

Für die **Kiefer** (*Pinus sylvestris*) entstand als Ergebnis der Expertenbefragung ein heterogenes Bild. Während die befragten Personen der Kiefer von Seiten der Forstwirtschaft mit gleich häufigen Nennungen eine Zunahme, Abnahme bzw. unverändertes Aufkommen bescheinigen, wird sie von Seiten des Naturschutzes als angepasster eingeschätzt. Die erwartete flächenmäßige Abnahme der Kiefer wurde unterschiedlich begründet. Zum einen wird bei einigen Naturschutz- und Forstexperten bezweifelt, dass die Kiefer als „boreale Baumart“ mit den steigenden Temperaturen und auch mit den damit zusammenhängenden verstärkt auftretenden biotischen Schädlingen zurechtkommt. Zum anderen liegt die Einschätzung der künftig abnehmenden Bedeutung der Kiefer bei einigen Experten in einer programmatischen Ab-

kehr von der Kiefernwirtschaft begründet, die bereits in der Vergangenheit eingesetzt hat. Die Einschätzung der Tauglichkeit der Kiefer unter den Bedingungen eines Klimawandels unterliegt dabei einer untergeordneten Rolle. Nach Einschätzung der Experten wird sie weiterhin eine wichtige Baumart auf sandigen, trockenen Standorten bleiben.

Seit den 1990er Jahren findet in Brandenburg ein großflächiger Waldumbau statt, dessen Ziel langfristig eine deutliche Reduzierung des Kiefernanteils ist (vgl. MELF 1998, MLUR 2004). Wesentliches Motiv der waldbaulichen Bemühungen in Brandenburg waren ökologische Probleme, insbesondere geringere Grundwasserneubildung unter Kiefer (MLUV 2005).

Die aus dem östlichen Nordamerika stammende Baumart **Roteiche** (*Quercus rubra*) nimmt in vielen der in diese Studie mit aufgenommenen Bundesländer keine nennenswerten Flächen ein. Aus diesem Grund wurden zu dieser Baumart häufig keine Angaben gemacht (N, F jeweils n = 6). Drei Forstexperten rechnen mit einem vermehrten Anbau der Roteiche, zwei mit einer mehr oder minder konstant bleibenden waldbaulichen Bedeutung. Ein Naturschutzexperte äußerte, dass der künftige Anbau der Roteiche wohl zurückgehe, fünf schätzten den Flächenanteil als gleich bleibend ein. Ein Naturschutzexperte sprach sich generell gegen den Anbau dieser fremdländischen Baumarten aus, ohne auf ihre grundsätzliche Eignung einzugehen.

## Diskussion

Über die grundsätzliche Eignung der **heimischen Hauptbaumarten** unter Annahme einer künftigen Klimaänderung herrscht sowohl innerhalb als auch zwischen den Interessengruppen ein hoher Konsens. Der **Fichte** als Baumart der kühlen und feuchten Region wird eine schlechte Angepasstheit an das künftige Klima beschieden (vgl. BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT 2009).

Buche, Eiche und Tanne kommen nach der Einschätzung der Experten beider Interessengruppen besser mit der künftigen Klimaentwicklung und den sich darunter entwickelnden Standortsbedingungen zurecht. Dabei werden vor allem die **Buche** und in geringerem Maße die **Weißtanne** auf die Standorte nachrücken, an denen die Fichte auf Grund von Wärme und Trockenheit ausfällt (z.B. KÖLLING et al. 2007, ELLING & DITTMAR 2008, KOHNLE et al. 2008). Die **Eiche** ist eine Baumgattung, die zwar oft genannt wird, die aber in der waldbaulichen Praxis Schwierigkeiten mit sich bringt. Bestandesbegründungen erwiesen sich in der Vergangenheit oft als schwierig, wenn sie mittels Naturverjüngung praktiziert wurden und teuer, wenn gepflanzt wurde (z. B. MUNLV 2003, KÜHNE et al. 2005). Auch die Forstschutzsituation ist problematisch (FVA 2005), wie dies einige Forstexperten im Interview auch schon anklingen ließen. Die künftige Entwicklung des Eichenanbaus ist aus diesen Gründen mit Unsicherheiten behaftet.

Die Einschätzung der **Kiefer** beruht auf zwei verschiedenen Argumenten, (1) deren künftige Angepasstheit und (2) deren Standortgerechtigkeit in der heutigen Anbau-

form. Über die Einschätzung der Wärmetoleranz herrscht gegenwärtig ein wissenschaftlicher Dissens. Während es Hinweise auf eine Wärmegrenze der Kiefer im Wallis und der Oberrheinebene gibt und ihre Anfälligkeit gegen Schaderreger als zunehmend eingeschätzt wird (vgl. WALENTOWSKI et al. 2007), schreiben KÄTZEL et al. (2008), dass die biochemische, physiologische und genetische Vielfalt der Kiefer die notwendigen Spielräume für eine Anpassungsfähigkeit an künftige Umweltveränderungen bietet. Sie warnen vor einer Pauschalisierung, da sich die Kiefernngenotypen stark unterscheiden und sehen in ihr eine waldbauliche Alternative unter den heimischen Baumarten. Die unterschiedliche Meinung über die Anpassungsfähigkeit der Kiefer im Klimawandel kam auch in den Experteninterviews deutlich hervor. In großflächig angebaute Reinkultur wird sie zudem als nicht Ressourcen schonend und wenig bodenpfleglich gesehen. Ein Beispiel dafür ist die geringe Grundwasserneubildung unter Kiefer im nordostdeutschen Flachland (vgl. MÜLLER 2007). Auch die Schädlingsproblematik (ROLOFF 2008) und Waldbrände spielen in großflächigen Kiefernreinbeständen eine wichtige Rolle (BADECK et al. 2003). Weitere Gründe für eine Abwendung von der Kiefer, die allerdings von den Experten nicht genannt wurden, sind die heute generell bessere Nährstoffversorgung der Standorte (KAHLE et al. 2008), die den Anbau von anspruchsvolleren und produktiveren Baumarten auf vielen derzeit oder ehemals von der Kiefer dominierten Standorten erlaubt, sowie die schlechten wirtschaftlichen Ergebnisse von Kiefernbetrieben, z. B. in den Wärmegebieten am südlichen Oberrhein (GÄRTNER et al. 2008 a, b).

Über die Bedeutung, die künftig den **fremdländischen Baumarten Roteiche** und in besonderem Maße der **Douglasie** zukommen sollte, herrscht Dissens. Während die Forstexperten in der Douglasie einen durchaus angepassten und standortgerechten Ersatz für die „Brotbaumart“ Fichte sehen, sieht ein Teil der Naturschutzexperten den Anbau dieser Baumart kritisch. Der Vorbehalt der Naturschutzexperten bezieht sich dabei nicht die grundsätzliche Angepasstheit der Baumart bezüglich der künftigen Klimaentwicklung - rund die Hälfte der Experten halten sie durchaus für geeignet und stimmt einem Anbau unter bestimmten Bedingungen auch zu. Die von den Naturschutzexperten angebrachten Gründe gegen einen Anbau sind Argumente wie Bodenpfleglichkeit, fehlende Naturnähe und eine hohes Invasionspotential.

### 5.2.2 Weitere wichtige Baumarten

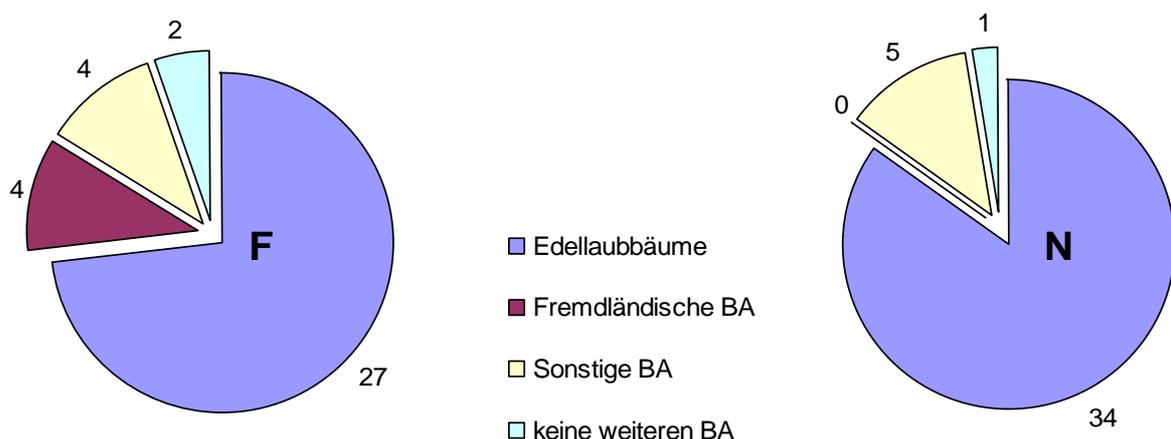
Als weitere künftig wichtige Baumarten, die in der ersten Teilfrage nicht explizit Erwähnung fanden, wurden sowohl von den Forst- als auch den Naturschutzexperten vor allem **Edellaubbaumarten** genannt (Abb. 11 und 12). Auffallend häufig fanden bei den Naturschutzexperten Arten der Gattung Ahorn (*Acer*) Erwähnung (n = 9). Die Schatt- bis Halbschattbaumarten der Gattung Linde (*Tilia cordata* und *T. platyphyllos*) und die Hainbuche (*Carpinus betulus*) gehören ebenfalls zu den Baumarten, die mehrere Nennungen erhielten. Die Linden wurden dabei besonders häufig von den

Forstexperten (n = 4), die Hainbuche vor allem von den Naturschutzexperten (n = 4). erwähnt. Kirsche (*Prunus avium*), Esche (*Fraxinus excelsior*) und Ulmen (Gattung *Ulmus*) sowie Arten der Gattung *Sorbus*, wie Speierling (*S. domestica*), Elsbeere (*S. torminalis*), Eberesche (*S. aucuparia*) und Mehlbeere (*S. aria*), sowie Esskastanie (*Castanea sativa*) und Walnuss (*Juglans regia*) wurden nur von einzelnen Experten angeführt (jeweils bis zu drei Nennungen). Viele forstliche Experten betonten, dass die genannten Edellaubbaumarten vor allem als Nebenbaumarten in einen Hauptbestand aus anderen Baumarten wie Buche oder Eiche eingebracht werden könnten bzw. auf Sonderstandorten zunehmend wichtig würden.

**Fremdländische Baumarten** wie Schwarzkiefer (*Pinus nigra*), Küstentanne (*Abies grandis*) oder Robinie (*Robinia pseudoacacia*) wurden nur von forstlicher Seite und auch nur von wenigen Personen als zukünftig an Bedeutung gewinnend aufgeführt (insgesamt 4 Nennungen).

Weitere Baumarten, die weder den Edellaubbäumen noch fremdländischen Baumarten zuzuordnen sind, finden sich in der Kategorie „**Sonstige Baumarten**“. Lichtliebenden und stresstolerante Baumarten wie Spirke (*Pinus mugo* subsp. *rotundata*), Lärche (Gattung *Larix*) und Flaumeiche (*Quercus pubescens*) sowie die nicht weiter spezifizierte Gattung der Birken (*Betula*) wurden jeweils nur von 1-2 Experten genannt. Ebenfalls in diese Kategorie aufgenommen wurden die wenig konkreten Nennungen wie „Baumarten der Hart- und Weichholzaue“ (eine Nennung eines Naturschutzexperten) sowie „Pionierbaumarten“ (zwei Nennungen von Forstexperten). Die Forstexperten begründeten ihre Einschätzung unter der Annahme zunehmender Sturmereignisse mit Windwurf und -bruch. Die daraus resultierenden Freiflächen könnten gerade Pionierbaumarten begünstigen.

Zwei Forst- und ein Naturschutzexperte erklärten keine weiteren Baumarten außer den in Teilfrage 1 besprochenen Hauptbaumarten als künftig wichtig.



**Abb. 11: Anzahl an Nennungen von Edellaubbäumen, Fremdländischen Baumarten und Sonstigen Baumarten innerhalb der Expertengruppen (F = Forstwirtschaft, N = Naturschutz, BA= Baumart).**

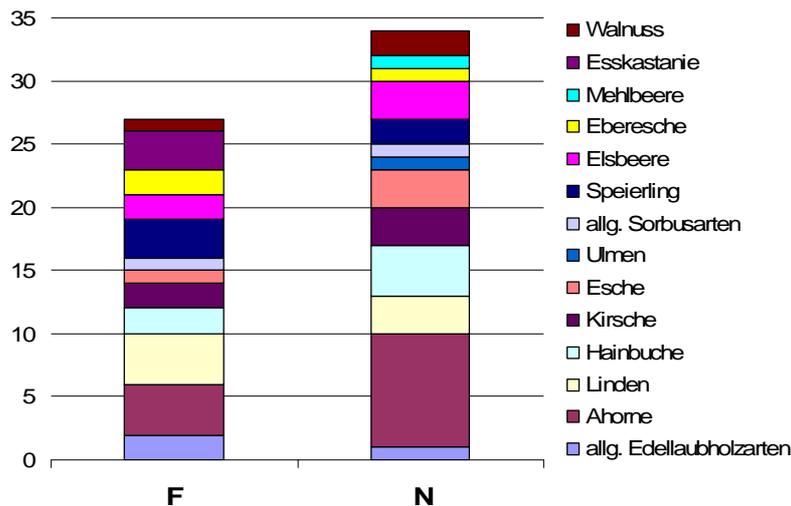


Abb. 12: Edellaubbaumarten, die innerhalb der Expertengruppe als künftig wichtige Baumarten identifiziert wurden (F = Forstwirtschaft, N = Naturschutz).

### Diskussion der zukünftigen Bedeutung von Baumarten

Vor dem Hintergrund eines Klimawandels könnten künftig vermehrt Baumarten benötigt werden, die auf Grund ihrer Stresstoleranz Standorte besiedeln können, an denen Hauptbaumarten wie die Buche auf Grund ihrer Amplitude ertragsschwach werden, an ihre Grenze kommen oder völlig ausfallen. Dies betrifft vor allem die heute schon warm-trockenen Standorte, die bei einer Klimaverschiebung hin zu wärmeren und niederschlagärmeren Verhältnissen flächenmäßig zunehmen werden. Baumarten, denen unter diesen sehr trockenen standörtlichen Bedingungen eine besondere Bedeutung zukommen könnten, sind neben den Hauptbaumarten Stiel- und Traubeneiche die Esskastanie, Walnuss, Speierling, Felsenahorn oder die Flaumeiche.

Auf „mittleren“, nährstoffreicheren und gut wasserversorgten Standorten kommen künftig anspruchsvollere Baumarten wie Berg- und Spitzahorn, Sommer- und Winterlinde, Esche, Ulme oder Kirsche in Frage. Sie tragen zur Baumartenmischung und damit auch Risikostreuung sowohl innerhalb eines Bestandes als auch auf Landschaftsebene bei. Sie dienen zudem in besonderem Maß der Wertholzproduktion (SPIECKER et al. 2008).

Störungsereignisse wie Windwurf oder Feuer werden möglicherweise künftig häufiger auftreten, auch wenn dies regional unterschiedlich sein wird (z.B. USBECK et al. 2009). Die daraus resultierenden großen Kahlfächensituationen neigen zu (aus forstlicher Sicht) negativen Effekten, wie Verunkrautung, Vernässung und Nährstoffausträgen. Um dies zu vermeiden oder zu reduzieren und um die Verjüngung des Folgebestandes zu sichern, bedarf es rasch wachsender Pionierbaumarten, welche die Freiflächen schnell besiedeln (WAGNER 2004). Als hierfür geeignete Baumarten wurden Birke und Eberesche genannt. Weitere Baumarten, die dieses Potential haben, aber nicht genannt wurden, sind Zitterpappel (*Populus tremula*), Schwarz- und

Grauerle (*Alnus glutinosa* und *A. incana*) und Salweide (*Salix caprea*). Damit die Pionierbaumarten ihre Funktion im Falle einer Störung erfüllen können ohne gepflanzt zu werden, müssen sie als Samenquelle wenigstens in geringen Anteilen schon im Vorbestand enthalten sein (WAGNER 2004). Die Lichtbedürftigkeit der Pionierbaumarten muss daher bei der waldbaulichen Behandlung von Beständen unbedingt beachtet werden. Über diese „dienende Funktion“ hinaus müssen vor allem Birke und Eberesche nicht ausschließlich in „dienender“ Funktion eines Vorwaldes verbleiben. Sie liefern bei guter Qualität Vorerträge in Form von Stammholz. Die Biomasse der schnellwachsenden Baumarten kann auch einer energetischen Nutzung zugeführt werden.

Linden und Hainbuche treten in waldbaulicher Sicht heute in Deutschland vor allem in „dienender Funktion“ (Schaftpflege) in Eichenwäldern in Erscheinung. Als schattentolerante Baumart kann künftig vor allem die Hainbuche, wie heute schon teilweise in Polen, auch die Funktion einer bestandesbildenden Baumart und damit die ökologische Rolle der Buche übernehmen. Somit könnte sie vor allem im nordostdeutschen Tiefland, teilweise an die Stelle der Buche rücken (MLUV 2009), ohne jedoch deren Wertleistung erzielen zu können.

Unter den genannten fremdländischen Baumarten, die bisher nicht sehr verbreitet sind, besteht aus forstlicher Sicht vor allem für die nordamerikanische Küstentanne (*Abies grandis*) ein großes Interesse. Sie besticht durch ihre Schnellwüchsigkeit (LÜDEMANN 2007), wodurch sie eine wirtschaftlich attraktive Baumart sein könnte, zumal der Rückgang der Fichte von der Holzwirtschaft mit Sorge gesehen wird. So wurde von 2005 bis 2008 vom BMBF ein interdisziplinäres Forschungsprojekt eigens zum Thema Mischbestände aus Buchen und Küstentannen gefördert.

Neben der Erhöhung der Vielfalt an Baumarten, die durch die Abkehr von großflächigen Reinbeständen hin zu baumartenreicheren Mischwäldern eingeleitet wird, würde künftig auch eine Erhöhung der Biodiversität auf Landschaftsebene stattfinden. So ergäbe sich nicht nur eine Baumartenmischung innerhalb der Bestände, sondern auch eine Vielfalt an Bestandestypen auf Landschaftsebene. Hingewiesen sei jedoch darauf, dass Vielfalt (wie Naturnähe) nicht die einzigen naturschutzfachlichen Kriterien zur Beurteilung sind (vgl. USHER & ERZ 1994).

### **5.3 Südeuropäische trockenstresstolerante Provenienzen heimischer Baumarten**

Einige Baumarten haben ein sehr großes Verbreitungsgebiet. So erstreckt sich beispielsweise das natürliche Vorkommen der Stieleiche von Nordportugal bis nach Vorderasien, im Norden kommt sie noch im südlichen Teil Skandinaviens vor. Waldbäume bildeten so über lange Zeiträume lokale Rassen (Provenienzen, Ursprünge/Herkünfte) mit einem hohen Grad der Anpassung an die jeweils herrschenden

standörtlichen Gegebenheiten aus (KONNERT 2007). Stieleiche ist damit nicht gleich Stieleiche.

**Herkunft/Provenienz:** Autochthone oder nicht autochthone Population von Bäumen einer Art, die an einem bestimmten, abgegrenzten Ort wächst und bestimmte charakteristische und genetisch fixierte Eigenschaften aufweist (nach STINGLWAGNER 2005).

Vor diesem Hintergrund gibt es Überlegungen, durch einen Transfer von Provenienzen einheimischer Baumarten aus wärmeren und trockeneren Regionen Europas, die sich unter den Bedingungen von Versuchsanbauten bewährt haben (KRIEBITZSCH et al. 2005), Wälder an einen Klimawandel anzupassen. Diese Überlegungen sind nicht grundsätzlich neu. Bereits zu Zeiten der Waldsterbensdiskussion wurde überlegt, Tannen aus Kalabrien einzuführen. Sie zeichnen sich durch eine höhere genetische Diversität und eine größere ökologische Amplitude aus als die süddeutschen Herkünfte (LARSEN 1986a).

### 5.3.1 Anbauüberlegungen der Forstwirtschaft

Zehn der 14 befragten Forstexperten ziehen Provenienzen einheimischer Baumarten aus wärmeren, südeuropäischen Klimaten in ihre Anbauüberlegungen mit ein. Zwei Experten äußerten sich kritisch zu solchen Vorhaben. Ein Experte machte keine Angaben zu dieser Frage. Ein Vertreter einer forstlichen Forschungseinrichtung gab an, eine solche Fragestellung entspräche nicht ihrem Forschungsziel, weshalb sich der betreffende Experte ebenfalls nicht äußerte.

Damit besteht in vier der insgesamt sechs Bundesländer, die in die Befragung einbezogen wurden, eine grundsätzlich positive Einstellung gegenüber Anbauüberlegungen von Provenienzen heimischer Baumarten aus wärmeren oder trockeneren Ländern Europas. In keinem der Bundesländer finden allerdings heute schon Anbauten größeren Umfangs statt. Die Umsetzung eines solchen Vorhabens bewegt sich in zwei Bundesländern (Bayern, Brandenburg) auf der Stufe von Versuchsanbauten mit verschiedenen Baumarten (v.a. Buche, Eiche, Tanne). In Rheinland-Pfalz äußerte ein Experte konkrete Planungsabsichten von Versuchsanbauten, ein weiterer Experte aus Brandenburg möchte Provenienzforschung verstärkt forcieren. In Baden-Württemberg äußerten die befragten Experten eine grundsätzlich positive Haltung, allerdings ohne eigene Aktivität zum jetzigen Zeitpunkt (F6) bzw. den Wunsch nach mehr Forschung in diesem Bereich (F7) (Tab. 6).

**Tab. 6: Stadium der Umsetzung von Anbauten mit Provenienzen heimischer Baumarten aus wärmeren Klimaten innerhalb der in die Befragung einbezogenen Bundesländer; n = Anzahl der Bundesländer.**

Stadium der Umsetzung	n
Herkunftsversuche werden durchgeführt	2
Herkunftsversuche mit einzelnen BA in Planung	1
Positive Einstellung ohne konkrete Planung und Wunsch/ Bedarf nach mehr Forschung	1

Zwei Forstexperten äußerten sich kritisch gegenüber derartigen Überlegungen. Ein Experte begründete seine Sicht damit, dass das heutige und vermutlich auch zukünftige Klimaspektrum nicht dem der wärmeren Länder entspricht (Frost, Länge der Vegetationszeit). Die Zielsetzung sei daher eher, ein breites genetisches Spektrum der heimischen Provenienzen zu erhalten, welches sich schon angepasst habe (F2). Ein anderer Experte sieht ein solches Vorgehen ebenfalls als nicht Erfolg versprechend an. Er warnte zudem vor möglichen negativen Auswirkungen der Einkreuzung in einheimische Provenienzen (F9), die jedoch nicht weiter ausgeführt wurden (Tab. 7).

**Tab. 7: Begründungen gegen den Anbau von Provenienzen heimischer Baumarten aus wärmeren Klimaten von Seiten der Forstwirtschaft (n = 2); n = Anzahl der Nennungen.**

Begründung	n
Wenig Aussicht auf Erfolg	1
Negative Auswirkungen der Einkreuzung in einheimische Provenienzen	1
Wirtschaftlich nicht attraktiv	1
Klimaspektrum nicht identisch	1

### 5.3.2 Standpunkt des Naturschutzes zum Anbau nichtheimischer Provenienzen

Da die Experten des Naturschutzes keine Entscheidungskompetenzen bezüglich der Planung und Ausführung im Bereich des Anbaus neuer Provenienzen haben, wurden die befragten Personen um eine Erläuterung ihres Standpunktes zu Anbauten von Provenienzen heimischer Baumarten aus wärmeren Ländern gebeten (Tab. 8).

Von Seiten des Naturschutzes gab es konträre Sichtweisen. Sechs Experten äußerten sich positiv gegenüber solchen Anbauüberlegungen. Ein Experte begründete seine Haltung beispielsweise damit, dass die rasant fortschreitende Klimaveränderung den Provenienzen aus anderen Ländern zu wenig Zeit geben wird, um von selbst einzuwandern. Daher erscheine es sinnvoll, Anbauversuche durchzuführen bzw. die Erfahrungen von europäischen Arboreten zu nutzen (N11). Zwei dieser sechs Naturschutzexperten schränkten einen solchen Anbau allerdings ein. So sollte der Anbau einem Experten zu Folge nicht in Schutzgebieten erfolgen (N13). Ein anderer war der Meinung, dass ein solcher Anbau erst zu einem Zeitpunkt erfolgen sollte, an dem der Anbau heimischer Provenienzen durch den Klimawandel erschwert oder nicht mehr möglich erscheint (N9).

Sechs Experten vertraten gegenüber einem solchen Vorhaben eine ablehnende Position. Ihre Sicht begründeten sie mit einer fehlenden Notwendigkeit dieser Maßnahme. Ihrer Einschätzung nach seien die heimischen Baumarten in der Lage, unter bestimmten Bedingungen auch in Zeiten des Klimawandels genügend anpassungsfähig zu sein (n = 7). Als weitere Gründe wurden mögliche negative Folgen für die Biodi-

versität (n = 2) und eine unsichere wissenschaftliche Grundlage das künftige Klima und die Herkünfte der Baumarten betreffend (jeweils 1x) angeführt.

Ein Experte zeigte eine indifferente Haltung, da er zum einen ökologische Risiken befürchtet, zum anderen aber auch einen ökonomischen Sinn darin erkennt (N7). Ein weiterer Experte wollte sich nicht äußern, da es innerhalb des Verbandes zum Zeitpunkt des Interviews noch keine inhaltliche Auseinandersetzung mit diesem Thema gegeben hatte.

**Tab. 8: Sichtweisen des Naturschutzes über den Anbau von Provenienzen heimischer Baumarten aus wärmeren Klimaten; n = Anzahl der Nennungen.**

Zustimmung (n = 4)	Zustimmung mit Einschränkung (n = 2)	indifferente Haltung (n = 1)	Ablehnung (n = 6)
Klimawandel schreitet zu schnell voran für Provenienzen, um von selbst einzuwandern (n=1)	nicht in Schutzgebieten (n=1) wenn Anbau heimischer Provenienzen durch Klimawandel	einerseits: ökol. Risiko (mögl. Verlust heimischer Herkünfte; Vereinheitlichung des Genpool)	Unsichere wissenschaftliche Grundlage (künftiges Klimaspektrum, ökol. Auswirkungen) (n=2)
es sprechen keine naturschutzfachlichen Gründe dagegen, trägt zur Erhaltung der Vielfalt bei (n=1)	erschwert oder nicht mehr möglich ist (n=1)	andererseits: ökonomische Sinnhaftigkeit	negative Auswirkung auf Biodiversität (n=2)
empfehlenswert, ohne weitere Angaben (n=2)			keine Notwendigkeit, heimische Baumarten und Provenienzen sind unter bestimmten Bedingungen anpassungsfähig (n=7)

### Diskussion zum Anbau nichtheimischer Provenienzen

Die Wahl der Herkunft der Baumarten kann folgenreich sein für die Vitalität und Stabilität, und damit auch für die Zukunft eines Bestandes. In der Wahl der geeigneten Herkunft (Provenienz) erhält der Waldbesitzer Beratung durch die Forstverwaltungen. Diese geben Empfehlungen für die Verwendung bestimmter Herkünfte einer Baumart innerhalb der jeweiligen Regionen (vgl. z.B. FVA 2004, NIEDERSÄCHSISCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT 2004). Der Fokus richtet sich bei den Empfehlungen neben der Angepasstheit der Herkünfte an das jeweilige Klima der Region auch auf gutes Wachstum und Leistungsfähigkeit. Die Auswahl von Provenienzen innerhalb der Baumarten ist somit in der Forstwirtschaft kein neues Thema. Die bedeutende Frage ist, ob die Forstwirtschaft von den Provenienzen aus wärmeren Klimaten eine bessere Angepasstheit an künftiges Klima erwartet und durch das Einbringen solcher Provenienzen eine adäquate Anpassungsmöglichkeit oder eher Risiken (Angepasstheit ungewiss) gesehen werden. Hinzu kommt die Frage nach der Akzeptanz von Seiten der Naturschützer.

Die Mehrheit der **Forstexperten** befürwortet solche Überlegungen und identifizierte Forschungsaktivitäten in diesem Bereich als sehr wichtig. Neben der Möglichkeit, angepasste Provenienzen heimischer Baumarten sowie (angepasste Provenienzen) fremdländischer Baumarten für den Anbau zu wählen, scheinen Provenienzen heimischer Baumarten wie Buche, Eiche und Tanne aus wärmeren und trockeneren Ländern für die Forstwirtschaft eine dritte Option zu sein, um durch die gezielte Auswahl von Genotypen Wälder an den zu erwartenden Klimawandel anzupassen. Der Blick richtet sich dabei auf Regionen, in denen heute schon ein Klima herrscht, welches sich analog verhält zu einem künftig zu erwartenden Klima, in dem diese Provenienz angebaut werden soll. Diese Provenienzen müssen dabei nicht nur an ein künftiges Klima angepasst sein, sondern müssen auch die aktuell herrschenden klimatischen Bedingungen tolerieren. Besonders zu nennen sind hier Früh- und Spätfröste (z.B. LARSEN 1986b).

Die „südlichen“ Provenienzen sollten sich zudem nicht nur als „stabil“ in Bezug auf das Klima erweisen, sondern gleichzeitig eine ertragswirtschaftliche Funktion erfüllen. Dass es wichtig ist, die Eignung der Provenienzen zu testen, und diese Versuche nicht immer von Erfolg gekrönt sind, sind Erkenntnisse aus Versuchsanbauten (auch fremdländischer Baumarten) in der Vergangenheit (BEHM & KONNERT o.J., KLEINSCHMIT et al. 1974). Die Provenienzen sollten sich zudem nicht nur durch eine Angepasstheit an das künftige Klima und durch die Erfüllung der Ansprüche an Qualität und Massenleistung auszeichnen, sondern eine hohe genetische Diversität und eine breite ökologische Amplitude aufweisen. Dies scheint bei einigen Herkünften der Fall zu sein, deren genetische Diversität weniger durch sehr kleine eiszeitliche Reliktpopulationen reduziert worden ist, als das bei einheimischen Herkünften der Fall war (z. B. Larsen 1986a).

Eine ablehnende Haltung gegenüber diesen Versuchsanbauten wurde ebenfalls geäußert (n = 2). Begründet wurde diese damit, dass Anbauten solcher Provenienzen wenig erfolgversprechend seien und negative Auswirkungen auf das Waldökosystem haben. Diese Haltung impliziert, dass weiterhin mit heimischen Provenienzen gearbeitet werden kann, oder mit fremdländischen Provenienzen gearbeitet werden soll, die angepasst und anpassungsfähig genug sind, um in einem sich ändernden Klima zu bestehen.

Innerhalb der Interessengruppe der **Naturschützer** ergaben sich konträre Sichtweisen, die das Spektrum von einer vorbehaltlosen Zustimmung bis Ablehnung beinhalten. Innerhalb der Gruppe von Naturschützern, die einen Anbau akzeptieren, scheint es wenig Vorbehalte zu geben, was die „Andersartigkeit“ der genetischen Ausstattung dieser Genotypen anbelangt. Die Experten, die den Anbau von Provenienzen aus anderen Ländern ablehnten, argumentierten auf verschiedenen Ebenen. Das Eintreten des Klimawandels wurde dabei nicht in Abrede gestellt. Dennoch waren etwa die Hälfte der befragten Naturschutzexperten der Meinung, dass keine Notwendigkeit besteht, Provenienzen heimischer Baumarten aus anderen Ländern zu „im-

portieren“, da das Anpassungspotential unserer heimischen Provenienzen genügend groß sei. Weiterhin wurden negative ökologische Folgen auf die Waldökosysteme befürchtet, wie z.B. der Verlust der ursprünglichen genetischen Vielfalt.

Die erläuterten Abwägungen, die schließlich zu einer Ablehnung dieser Maßnahme im Rahmen einer Anpassungsstrategie führen, lassen darauf schließen, dass ein Teil der Naturschützer annehmen, dass sich

(1) die künftige Klimaveränderung in einem Rahmen bewegen wird, der die physiologische Amplitude und die Anpassungsfähigkeit der heimischen Provenienzen unserer Baumarten nicht überschreitet; oder dass

(2) bei Überschreiten der ökologischen Grenzen das Risiko eines möglichen Zusammenbrechens von Beständen in Kauf genommen wird, da sich durch Sukzession wohl eine neue (Wald-)Vegetation einstellen wird.

Andere Alternativen erscheinen etwa der Hälfte der Naturschutzexperten als nicht akzeptabel, oder die Konsequenzen die sich aus einem solchen Handeln ergeben, werden als zu schwerwiegend oder unabwägbar gehalten. Interessant erscheint besonders die Einschätzung, dass die ökologische Amplitude der einheimischen Herkünfte ausreichend breit sei, um auch unter zukünftigen Klimabedingungen Vitalität der Art zu garantieren. Denn gerade die physiologische Amplitude der Baumarten und ihrer Provenienzen ist zur Zeit Gegenstand umfangreicher Forschungsvorhaben, wie z.B. MOTIVE, Teilprojekte des bayerischen „Klimaprogramms 2020“ oder des Freilandlabors des von Thünen Institut.

**MOTIVE** (Models for Adaptive Forest Management) Klimafolgenforschungsprojekt in Baden-Württemberg, Finanzierung: Europäische Union (EU)

„Kernfragen des MOTIVE -Projektes sind, welche Auswirkungen Klimaveränderungen auf die Wälder haben und welche Bäume dem Klimawandel am besten Stand halten. ... Ganz konkret wird bei den Forschungsaktivitäten der FVA in Bezug auf den Klimawandel unter anderem den Fragen nachgegangen, welche genetischen Merkmale Bäume haben müssen, um trocken tolerant zu sein, und welche Bäume Stürmen am besten standhalten“

(<http://www.fva-bw.de/presse/prm/52.pdf>; Zugriff am 10.12.2009).

**Klimaprogramm 2020, Projekt 15:** Risiken von Trockenheit und Ozonbelastung - Leistungspotentiale der Buche im Klimawandel; Bayern

„Ziel des Forschungsvorhabens ist es, das Leistungspotential der Buche (*Fagus sylvatica*) unter den Bedingungen des Klimawandels zu bewerten. Insbesondere sollen die Risiken der Trockenheit und Ozonbelastung für die waldbaulich bedeutsame Baumart Buche auf edaphisch und klimatisch unterschiedlichen und gut dokumentierten Referenzstandorten in Bayern vergleichend eingeschätzt werden. Die Intensivmessorte des forstlichen Monitoring bieten hierfür besonders gute Voraussetzungen. Den nachfolgend genannten Fragestellungen liegt die Hypothese zugrunde, dass die im Klimawandel als sehr anpassungsfähig eingeschätzte Wirtschaftsbaumart Buche wegen der Kombination der Einflussgrößen Trockenheit und Ozonbelastung, besonders hohen Risiken ausgesetzt ist. Als spezifische Belastung werden der Trockenstress auf wasserlimitierten Standorten sowie erhöhte Ozonaufnahme und damit Belastung bei guter Wasserversorgung angesehen. Im Vordergrund stehen die Bewertung der Stresstoleranz der Buche und potentielle Produktionseinbußen auf einem breiten Standorts-

spektrum für Bayern“

(<http://www.lwf.bayern.de/waldoekologie/umweltmonitoring/projekte/laufend/36540/index.php>;  
Zugriff am 12.12.2009).

**Freilandlabor** (Überdachte Lysimeteranlage „Drylab“), vTI in Eberswalde

„Das Freilandlabor dient der Erforschung der Wachstumsdynamik von oberirdischen Teilen und Wurzeln junger Waldbäume. Die Untersuchungen sind Bestandteil des Forschungsplanes des Institutes. Das Ziel der Forschungsarbeiten besteht in der Untersuchung der Wachstumsdynamik der Feinwurzeln bei unterschiedlicher Bodenaustrocknung unter definierten Bodenbedingungen. Diese Untersuchungen gewinnen vor dem Hintergrund zukünftiger Klimaveränderungen und der Zunahme von Sommertrockenheit an besonderer Bedeutung“ (<http://www.vti.bund.de/de/institute/woi/forschung/versuchseinrichtungen.htm>; Zugriff am 10.12.2009).

## **5.4 Forstplanung: Werden vermehrt fremdländische Baumarten benötigt?**

### **5.4.1 Forstliche Planung mit fremdländischen Baumarten**

In jedem der in die Befragung aufgenommenen Bundesländer werden bereits fremdländischen Baumarten angebaut, und auch die Planungen für die Zukunft sehen dies vor. In Bezug auf die Baumarten, die in die Anbauüberlegungen mit einbezogen werden, ist die Douglasie eindeutig die wichtigste. Sie wird bereits heute in allen der in die Befragung mit einbezogenen Bundesländer angebaut, wenngleich die aktuellen Flächenanteile sehr unterschiedlich sind. Zum Zeitpunkt 2001/2002 (= Aufnahme der BWI<sup>2</sup>) lag der maximale Douglasienanteil innerhalb der Bundesländer bei 5,7 % (Rheinland-Pfalz), der bundesdeutsche Schnitt betrug 1,7 % (BMVEL 2004).

Die Baumarten, die zusätzlich zur Douglasie von den Forstexperten in einer künftigen Planung berücksichtigt werden (Tab. 9), stammen mit Ausnahme der Schwarzkiefer (*Pinus nigra*) alle aus Nordamerika. So fand die Roteiche bei sechs Experten aus vier Bundesländern Erwähnung, die Küstentanne (*Abies grandis*) bei vier und die Robinie (*Robinia pseudoacacia*) bei drei Experten aus jeweils drei Bundesländern. Schwarznuss (*Juglans nigra*), Balsampappel (*Populus trichocarpa*), Edel-Tanne (*A. procera*) und die südeuropäische Schwarzkiefer wurden jeweils einmal erwähnt. Ein Experte fand es empfehlenswert, mit weiteren Baumarten, die bisher noch nicht im Bundesland angebaut werden, Anbauversuche durchzuführen (F8). Vier Experten aus zwei Bundesländern äußerten explizit, dass das im jeweiligen Bundesland vorhandene fremdländische Baumartenspektrum in Zukunft nicht erweitert werden soll. Einige Experten betonten aber auch, dass trotz der festen Einbeziehung fremdländischer Baumarten in die waldbauliche Planung der Schwerpunkt auf dem Anbau heimischer Baumarten liegen sollte (n = 5).

**Tab. 9: Anzahl der Nennungen der Forstexperten, die auf fremdländische Baumarten entfielen, aufgeführt für die einzelnen Bundesländer. Abkürzungen der Baumarten: Dgl: Douglasie; REi: Roteiche; KTa: Küstentanne; Rob: Robinie; SKie: Schwarzkiefer; SNuss: Schwarznuss; BPa: Balsampappel, ETa: Edeltanne.**

	Dgl	REi	KTa	Rob	SKie	SNuss	BPa	ETa
<b>Baden- Württemberg</b>	3	1				1	1	
<b>Bayern</b>	3	2						
<b>Brandenburg</b>	1			2	1			
<b>Rheinland- Pfalz</b>	1							
<b>Niedersachsen</b>	2	2	2	1	1			
<b>Sachsen</b>	1	1	1					
<b>von Thünen- Institut</b>	1	1	1					1

Die zukünftig gewünschten Flächenanteile fremdländischer Baumarten konnten die Forstexperten zahlenmäßig nicht festlegen. Die forstlichen Planungen betreffen jeweils nur den Staatswald und damit nur einen mehr oder weniger großen Teil der jeweiligen Landeswaldfläche (vgl. BMVEL 2004).

Den Staatswald betreffend sind die quantitativen Zielvorgaben für die Flächenanteile von fremdländischen Baumarten in einigen Fällen den Veröffentlichungen der jeweiligen Bundesländer zu entnehmen, worauf auch viele Forstexperten verwiesen (siehe Tab. 10). Eine deutlich steigende Tendenz zeigt dabei die Douglasie. So soll beispielsweise ihr Flächenanteil in Niedersachsen und Sachsen von aktuell 0,2 % bzw. rund 3 % langfristig jeweils auf rund 10 % ansteigen (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR DEN LÄNDLICHEN RAUM, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ 2004, EISENHAUER & SONNEMANN 2009). Bezüglich der bestehenden waldbaulichen Planung äußerten zwei Experten aber auch die Sicht, dass die aktuell veröffentlichten Flächenzahlen vor dem Hintergrund des Klimawandels neu überdacht werden müssen (F7, F9). Dies betrifft selbstverständlich nicht nur die Flächenanteile der fremdländischen Baumarten. Die Hälfte der Experten wies bei der Douglasie besonders darauf hin, dass sie vor allem in Mischung mit Buche angebaut werden soll.

Im Gegensatz zur Douglasie, deren Anbau wohl mittel- bis langfristig deutlich ansteigen wird, werden die weiteren von den Forstexperten genannten fremdländischen Baumarten weniger „flächendeckend“ an Bedeutung gewinnen. Das größte Potential lassen die Roteiche und mit Einschränkungen die Küstentanne vermuten. Die Roteiche wurde beispielsweise von einem Experten als mögliche Ersatzbaumart für die Stieleiche auf wechselfeuchten bzw. wechselfrockenen Standorten gesehen (F14). Einzelne Baumarten könnten nach Ansicht der Forstexperten aber sehr wohl verstärkt regional angebaut werden.

**Tab. 10: Aktuelle und langfristig angestrebte Baumartenzusammensetzung der Forstwirtschaft der in die Studie einbezogenen Bundesländer.**

Bundesland	Aktuelle Baumartenzusammensetzung	Langfristige Bestockungsziele
Baden-Württemberg (Öffentlicher Wald)	Fichte: 36 % Tanne: 9 % Douglasie: 4 % Kiefer: 9 % Eiche: 8 % Buche: 25 %	Fichte: 28 % Tanne: 11 % Douglasie: 8 % Kiefer: 3 % Eiche: 8 % Buche: 31 %  (MLR 2008) Anteil Laubbaumarten: 50 % Anteil Nadelbaumarten: 50 %  (GILSA 2008)
Bayern (Staatswald)	Fichte: 46 % Kiefer 18 % Tanne: 2 % Sonst. Nadelholz: 4 % Eiche: 5 % Buche: 16 % Sonst. Edellaubholz: 9 %  (BaySF <a href="http://www.baysf.de/de/home/unternehmen_wald/ueber_uns/zahlen_und_fakten.html">http://www.baysf.de/de/home/unternehmen_wald/ueber_uns/zahlen_und_fakten.html</a> )	Fichte: kA % Kiefer kA % Tanne: 5 % Douglasie: 3 % Eiche: 7 % Buche: 26 % Ahorn: 7 %  (BaySF 2009b)
Brandenburg (alle Waldbesitzarten)	Fichte: 1,9 % Douglasie: 1,0 % Kiefer: 71,5 % Eiche: 5,3 % Buche: 3,0 %	Nadelwaldreinbestand: 6 % Nadel- Laub- Mischbestand: 34 % Laub- Nadel- Mischbestand: 33 % Laubwaldreinbestand: 20 % Nicht planbar; fehlende Standortangaben: 7 %  (BMVEL 2004) (LFE 2007)
Niedersachsen (Staatswald)	Fichte: 29 % Douglasie: 3 % Kiefer: 23 % Eiche: 12 % Buche: 21 %	Fichte: 22 % Douglasie: 10 % Kiefer: 19 % Eiche: 17 % Buche: 35 %  (MLN 2004) Anteil Laubbaumarten: 65 % Anteil Nadelbaumarten: 35 %  (MLN 2004) (NLF 2007)
Rheinland- Pfalz (alle Waldbesitzarten)	Fichte: 22,5 % Tanne: 0,6 % Douglasie: 5,7 % Kiefer: 10,7 % Eiche: 19,5 % Buche: 20,9 %	Keine Angaben
Sachsen (Staatswald)	Fichte: 56 % Kiefer: 22 % Douglasie: 0 % Eiche: 4 % Buche: 5 %	Fichte: 32 % Kiefer: 6 % Douglasie: 9 % Eiche: 14 % Buche: 27 %  (EISENHAUER et al. 2005) (EISENHAUER et al. 2005)

#### 5.4.2 Akzeptanz fremdländischer Baumarten durch den Naturschutz

Naturschutzexperten sind, abgesehen von wenigen Ausnahmen, nicht selbst planerisch tätig. Sie wurden daher zu ihrer Sichtweise zum Anbau fremdländischer Baumarten vor dem Hintergrund des Klimawandels befragt. Die Antworten fielen sehr kontrovers aus: Die Mehrzahl lehnt den Anbau fremdländischer Baumarten ganz ( $n = 6$ ) oder teilweise ab („problematisch und diskussionswürdig“ (N2); kein großflächiger Anbau von fremdländischen Baumarten, höchstens Versuchsanbauten (N1) ( $n = 3$ ). Fünf Experten hielten den Anbau unter der Einhaltung bestimmter Bedingungen für vertretbar.

Die Gründe, welche die insgesamt neun Experten gegen einen Anbau fremdländischer Baumarten vorbrachten, bzw. die negativen Folgen, die sich aus einem solchen Anbau ergeben könnten, konnten in sechs Kategorien von Argumenten zusammengefasst werden (Tab. 11).

**Tab. 11: Begründungen gegen den Anbau fremdländischer Baumarten aus naturschützerischer Sicht ( $n = 9$ );  $n$  = Anzahl der Nennungen.**

Begründung	n
Invasivität der fremdländischen Baumarten/Verdrängung heimischer Arten	6
Fehlende Einpassung in Biozönose und daraus folgender Verlust an Biodiversität	5
Nicht pfleglich den Standort betreffend	3
Unsicherheit über langfristige Auswirkungen auf das Ökosystem	3
Keine Notwendigkeit, heimische Arten sind anpassungsfähig	1
Birgt ökonomische Risiken	3

Fünf der 14 Naturschutzexperten hielten den Anbau fremdländischer Baumarten vor dem Hintergrund eines Klimawandels für vertretbar. Sie knüpften allerdings bestimmte Bedingungen an den Anbau fremdländischer Baumarten (Tab. 12). So sollte ihr Anbau in Form von Monokulturen unbedingt vermieden werden ( $n = 3$ ) und nicht in Schutzgebieten erfolgen ( $n = 2$ ). Ein Experte verwies darauf, dass erst dann mit einem Anbau begonnen werden solle, wenn der Anbau heimischer Arten nicht mehr möglich sei und die „Ersatzbaumarten“ aus ähnlichen europäischen Waldgesellschaften stammen (N11). Einige Experten schränkten ihre Akzeptanz auf den Anbau bestimmter Baumarten ein. Akzeptiert wurde die Douglasie ( $n = 2$ ), die Roteiche und Robinie (jeweils eine Person).

Trotz einer positiven Grundhaltung gegenüber fremdländischen Baumarten wurden auch mögliche negative Folgen thematisiert. Als bedenkenswert wurde ein mögliches invasives Verhalten der fremdländischen Baumarten ( $n = 3$ ) und Störungen des ökologischen Gleichgewichts ( $n = 3$ ) eingestuft.

**Tab. 12: Bedingungen aus naturschützerischer Sicht für eine Akzeptanz des Anbaus fremdländischer Baumarten (n = 5); n = Anzahl der Nennungen.**

Bedingung		n
Anbauform:	Nur in Mischung, kein Anbau in Monokultur	3
Ort:	Nicht in Schutzgebieten oder Naturwaldreservaten	2
Zeithorizont:	Wenn Anbau heimischer Arten nicht mehr möglich	1
Baumart:	a) europäische Arten aus ähnlichen Waldgesellschaften	1
	b) Douglasie	2
	c) Robinie	1
	d) Roteiche	1

### Diskussion der Einstellungen zum Anbau fremdländischer Baumarten

In der Frage des Fremdländeranbaus differieren die Planungen und damit auch Sichtweisen der Forstwirtschaft mit denen des Naturschutzes. Dies ist wenig überraschend. Im besonderen Fokus beider Interessengruppen steht dabei die Baumart Douglasie. Die jeweiligen Standpunkte zu Gastbaumarten wurden vielfach am Beispiel der Douglasie erörtert. Zahlreiche Veröffentlichungen, die das Thema „Douglasie aus naturschutzfachlicher Sicht“ aufgreifen, weisen auf einen Zielkonflikt gerade bei dieser Baumart hin (z.B. KAISER & PURPS 1991, KNOERZER 1999a, b, WINTER 2001, WINTER et al. 2001, GROßNER 2004, HÖLTERMANN et al. 2008, WALENTOWSKI 2008).

Obwohl der bundesdeutsche Douglasienanteil mit 1,7 % aktuell sehr gering ist (BMVEL 2004), kann sie in Abhängigkeit von standörtlichen Besonderheiten und/oder einer besonderen Marktlage einen signifikanten Anteil innerhalb eines Forstamtes/Region/Naturraumes/Bundeslandes erreichen. So liegt der durchschnittliche Douglasienanteil in Baden-Württemberg bei 2,8 % (BMVEL 2004), innerhalb des 5200 ha umfassenden Freiburger Stadtwaldes erreicht er einen Anteil von rund 14 % (BURGBACHER 2001). Dies kann auch auf andere fremdländische Baumarten zutreffen, wenngleich in geringerem Umfang. So befinden sich rund 2/3 der Robinienflächen in Brandenburg und Sachsen-Anhalt, wenngleich deren Fläche mit insgesamt rund 14 000 ha (STARFINGER & KOWARIK 2003) als eher gering einzuschätzen ist.

Die **Argumente** der Naturschutzexperten gegen einen Anbau fremdländischer Baumarten oder auch die Bedingungen, unter denen der Anbau akzeptabel erscheint, richten sich in erster Linie auf deren ökologische Auswirkungen in heimischen Biozöosen. Zu nennen sind

- (1) Interaktionen mit der heimischen Tier- und Pflanzenwelt
- (2) Ressourcenschutz (vor allem Boden und Grundwasser)
- (3) Potential der Invasivität
- (4) Beeinträchtigung des Schutzzieles schützenswerter Waldtypen (was u.a. durch Punkte 1-3 hervorgerufen werden kann).

Besonders hinsichtlich des langfristigen ökologischen Verhaltens besteht ein großes Wissensdefizit, wie drei Naturschutzexperten kritisch anmerkten.

Die Forstverwaltungen scheinen sich dieser ökologischen Probleme und dem daraus entstehenden Konflikt mit dem Naturschutz bewusst zu sein. Die Planungen vieler Bundesländer sehen trotzdem eine Erhöhung des Anteils fremdländischer Baumarten, vor allem der Douglasie, vor. Allerdings gelten für ihren Anbau in vielen Bundesländern bestimmte Empfehlungen, die auch als solche und nicht als Richtlinie aufzufassen sind. So sollen Douglasien z.B. nicht in Reinbeständen, sondern bevorzugt in Mischung angebaut werden, wie dies auch von den Forstexperten im Interview mehrfach betont wurde (vgl. hierzu auch z.B. MLUR 2004, NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR DEN LÄNDLICHEN RAUM, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ 2004). Für den Douglasienanbau gelten teilweise auch Empfehlungen über den Abstand zu Sonderbiotopen, z.B. in Niedersachsen.

„Die Douglasie soll nicht im unmittelbaren Randbereich zu Waldschutzgebieten angebaut werden, um diese Gebiete möglichst langfristig ohne hohen Aufwand von Douglasien-Naturverjüngung freihalten zu können. Die Randbereichstiefe ist abhängig vom Gelände und der Exposition sowie der Waldschutzgebietsgröße. ...sowie nicht im Nationalpark und seinen unmittelbaren Grenzbereichen angebaut werden“ (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR DEN LÄNDLICHEN RAUM, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ 2004).

Insgesamt entsteht der Eindruck, dass die Forstwirtschaft Wege sucht, die sowohl die ökologische Verträglichkeit, die Ansprüche des Naturschutzes sowie ihre wirtschaftliche Zielsetzung vereinen, ohne den Anbau fremdländischer Baumarten wesentlich einzuschränken. Werden die in den Interviews formulierten Voraussetzungen der Naturschutzexperten, unter denen sie einen Anbau fremdländischer Baumarten akzeptierten, betrachtet (v. a. Mischung und die Berücksichtigung von Schutzgebieten in Form von Pufferzonen und regelmäßigem Entfernen des Douglasienanflugs, vgl. KNOERZER 1999), ergab sich daraus auch schon teilweise in der Vergangenheit eine Annäherung zwischen den Interessengruppen. Ein bleibender Diskussionspunkt wird auch weiterhin das Mischungsprozent sein (vgl. HÖLTERMANN et al. 2008).

Neben Naturschützern, die unter Einhaltung bestimmter Bedingungen den Anbau fremdländischer Baumarten zwar nicht begrüßen aber akzeptieren (n = 5), überwiegt innerhalb der Interessengruppe der Naturschützer die klare Ablehnung des Fremdländeranbaus (n = 9). Douglasienanbau in Form großflächiger Bestände wird von ihnen auf keinen Fall akzeptiert. Diesem Standpunkt liegen verschiedene Argumentationsstränge zu Grunde:

(1) Die Anpassungsfähigkeit heimischer bzw. standortsheimischer Baumarten wird als so hoch eingeschätzt und/oder der Verlauf der Klimaveränderung als so moderat, dass die grundsätzliche Einstellung, nur diese Baumarten anzubauen beibehalten werden kann.

(2) Die ökologischen Folgen, die sich aus dem Anbau fremdländischer Baumarten ergeben können, werden als so schwerwiegend eingeschätzt, dass das naturschutzfachliche Wertesystem auch nicht vor dem Hintergrund einer Klimaveränderung ver-

lassen wird. Die Gesamtheit der negativen Auswirkungen des Anbaus fremdländischer Baumarten übersteigt deren Nutzen.

(3) Der Anbau fremdländischer Baumarten ist mit (mindestens) so hohen betriebswirtschaftlichen Risiken behaftet wie der Anbau heimischer Baumarten. Für die Forstwirtschaft besteht daher auch aus wirtschaftlicher Sicht keine Berechtigung für den Anbau fremdländischer Baumarten.

## 6 Waldbauliche Maßnahmen zur Anpassung von Wäldern an den Klimawandel

### 6.1 Elemente waldbaulicher Anpassungsstrategien

Bei der Anpassung von Wäldern an eine künftige Klimaveränderung spielt die Wahl der „richtigen“ Baumart oder Provenienz am jeweiligen Standort eine wichtige Rolle für die Zukunftsfähigkeit eines Bestandes. Diese Maßnahme greift jedoch nur langfristig. Kurz- bis mittelfristig werden auch Anstrengungen unternommen (werden müssen), um die Stabilität und Anpassungsfähigkeit existierender Wälder mit der momentanen Artenzusammensetzung gegenüber klimabedingten Stressoren und Störungen zu erhöhen. Regulierend eingegriffen werden kann in allen Phasen des Bestandeslebens, wobei der waldbauliche Gestaltungsspielraum i.d.R. mit zunehmendem Alter abnimmt. Wie waldbauliche Maßnahmen aussehen sollen, um Wälder an einen Klimawandel anzupassen, wollten wir von den Expertengruppen wissen.

Die Ausführungen der Experten über waldbauliche Anpassungsstrategien beinhalten unterschiedliche Zeithorizonte und hierarchische Ebenen. Sie bezogen sich auf übergeordnete Ziele, die erreicht werden sollen, auf Zielzustände von Beständen oder konkrete waldbauliche Maßnahmen. In einem ersten Analyseschritt wurden die Strategien und Maßnahmen, die von Forst- und Naturschutzexperten genannt wurden, zu folgenden Themen zusammengefasst:

- Schaffung und Erhalt von **Mischbeständen**
- Schaffung und Erhalt von **Waldstruktur** (horizontal und vertikal)
- Erhöhung der **Stabilität** (von Beständen und Einzelbäumen)
- Verwendung geeigneter **Verjüngungsverfahren**
- Wahl von **Baumarten und Provenienzen**
- **Waldumbau/Baumarten-Wechsel**
- Veränderung der **Produktionszeit/Umtriebszeit**
- Erhaltung und Förderung der **Walddynamik/natürlicher Prozesse**
- Erhaltung und Förderung des **naturnahen Waldbaus/ Dauerwald**
- Erhaltung von **Wasser- und Nährstoffkreisläufen/schonender Umgang mit Ressourcen**

Als übergeordnete Ziele waldbaulicher Maßnahmen wurden, vor allem von Seiten der Forstwirtschaft, eine Risikominimierung bzw. Risikostreuung formuliert, sowie der Aufbau bzw. Erhalt stabiler Wälder.

#### Exkurs: Stabilität

In der Ökosystemforschung bedeutet „Stabilität“ die Fähigkeit eines Ökosystems, Veränderungen zu widerstehen oder nach einer Störung in den Ausgangszustand zurückzukehren (Fritz 2006). Stabilität besteht aus den Komponenten Resistenz und Resilienz.

Die Fähigkeit eines Ökosystems Veränderungen und Störungen zu widerstehen wird auch als **Resistenz**, die Fähigkeit des Ökosystems sich von Störungen zu erholen, auch als **Resilienz** bezeichnet. Diese beiden Eigenschaften von Ökosystemen sind immer spezifisch im Hinblick auf bestimmte Störungsfaktoren zu sehen. Resistenz und Resilienz bedingen sich nicht gegenseitig. Z. B. kann ein Ökosystem, welches ein hohes Maß an Resistenz gegenüber Trockenheit hat, eine geringe Resistenz gegenüber Windwurf aufweisen. Eine hohe Resistenz gegenüber einem Störungsfaktor, z. B. Dürre, muss nicht mit einer hohen Resilienz gekoppelt sein. Die Resilienz von Wäldern hängt in hohem Maße von der Anwesenheit von Vorverjüngung bzw. der Fähigkeit, sich rasch zu verjüngen ab.

In den Befragungen der Experten wurden die Störungsfaktoren, gegenüber denen das Waldökosystem stabil reagieren soll, selten präzisiert. Der Aufbau von Mischbeständen als waldbauliche Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel wurde von allen Forstexperten in der einen oder anderen Form benannt (Etablierung von Mischbeständen, Mischwuchsregulierung, Baumartenvielfalt). Neben der Mischung von Baumarten wird auch eine vertikale Strukturierung innerhalb der Bestände angestrebt, welche als ein wichtiges Instrument zur Stabilisierung gesehen wird (n = 7). Als weitere wichtige Maßnahme zur Anpassung der Wälder an eine Klimaänderung wird die den Erfordernissen entsprechende Wahl der Verjüngungsverfahren genannt. Acht Experten sprachen sich für eine natürliche Verjüngung von Beständen aus, wenn dieses Verfahren möglich sei. Gleichwohl müsse, wenn eine natürliche Verjüngung wie z.B. bei einem Wechsel der Baumart nicht möglich sei, auf Pflanzung oder Saat zurückgegriffen werden (n = 3).

Der Wechsel der Baumart/Baumarten an Standorten, wo dies notwendig sei, wurde von acht Experten als zielführend erachtet. Dieser so genannte „Waldumbau“ solle laut Aussage eines Experten „rasch“ erfolgen (F13). Ein anderer Experte äußerte die Meinung, dass besonders labile Bestände frühzeitig umzubauen wären (F12).

Waldumbaumaßnahmen stehen besonders bei reinen Fichten- und Kiefernbeständen auf den Standorten im Vordergrund, auf denen in Zukunft nicht mehr mit der aktuellen Baumart oder nur noch in Mischung mit anderen Baumarten gewirtschaftet werden soll. Obwohl die Baumartwahl nicht mehr explizit erörtert werden sollte, wiesen einige Experten nochmals auf die sorgfältige Wahl der Baumart bzw. der Provenienzen bei der Bestandesbegründung hin (standortgerecht, angepasst, leistungsfähig, zertifiziert) (n = 7).

### Exkurs: Waldumbau

Waldumbau ist der gezielte, vollständige oder teilweise Wechsel in der Baumartenbestockung. Die neuen Baumarten können unter Ausnutzung des momentanen Bestandesgefüges vorangebaut werden. Dieses Verfahren bietet sich bei stabilen Ausgangsbeständen und bei der Verjüngung von schattentoleranten und frostempfindlichen Baumarten wie der Buche und Tanne an. Die neuen Baumarten können auch nach Störung oder Räumung des Vorbestandes in großen Lücken oder auf der Freifläche eingebracht werden. Diese Vorgehensweise bietet sich bei zu verjüngenden Lichtbaumarten wie z. B. den Eichen an.

Im Gegensatz zum eigentlichen Waldumbau stellt die **Überführung** von Wäldern einen Wechsel in der Betriebsform dar, z. B. vom gleichaltrigen, schlagweisen Hochwald zum ungleichaltrigen Plenterwald.

Eine weitere, wenn auch meist vorsichtig formulierte Anpassungsstrategie, wird in einer Verkürzung der Produktionszeit bzw. Umtriebszeit gesehen ( $n = 7$ ). Dies bewirkt einerseits eine Verkürzung des Gefährdungszeitraumes gegenüber biotischen und abiotischen Schäden, andererseits eine Reduktion der Endhöhe von Bäumen und des durchschnittlichen Bestandesvorrats. Gerade die Bestandeshöhe ist ein kritischer Faktor bzgl. des Sturmwurftrisikos. Die Baumart, anhand der diese Maßnahme in den meisten Fällen diskutiert wurde, ist die Fichte.

Drei Forstexperten sprachen sich für die Etablierung von Dauerwaldstrukturen aus. Zwei Experten führten an, dass waldbauliche Anpassungen im Rahmen der heute schon praktizierten Grundsätze des „naturnahen Waldbaus“ umgesetzt werden, was auch weiterhin als guter Weg gesehen wird (vgl. Exkurs: Naturnahe Waldwirtschaft).

Sechs Forstexperten gingen auf Maßnahmen zur Schonung der abiotischen Ressourcen ein. So wurde die Vollbaumnutzung kritisch betrachtet oder auch die Wichtigkeit von bestandesschonenden Pflege- und Erntemaßnahmen hervorgehoben. Bei dem Thema Bodenwasserhaushalt ging es um die Frage der Evapotranspiration von Beständen, wofür von den Experten aber mehr Fragen als Lösungen aufgeworfen wurden (optimaler Bestockungsgrad, Öffnung des Kronendaches) sowie um Fragen der Walderschließung (Wege und Gräben, Drainagen). Letzteres ist allerdings nicht im engeren Sinne den waldbaulichen Maßnahmen zuzurechnen.

## Exkurs: Naturnahe Waldwirtschaft und naturnaher Waldbau

Die **naturnahe Waldwirtschaft** ist ein biologisches Produktionssystem, geboren aus der Idee multifunktionalen Forstwirtschaft. Mit ihr wird die Integration von Waldbewirtschaftungszielen bzw. die Erfüllung von Waldfunktionen auf der ganzen Fläche angestrebt. Dies steht im Gegensatz zu anderen Ansätzen wie z.B. der räumlichen Segregation von unterschiedlichen Waldbewirtschaftungsformen zur Erfüllung von Eigentümerzielen. Im Gegensatz zur „naturgemäßen Waldwirtschaft“, deren Anhänger sich in der „Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft“ (ANW) organisiert und ihrer Tätigkeit klare Prinzipien vorgegeben haben, sind die Grundsätze des naturnahen Waldbaus nicht so eindeutig definiert. Es lassen sich jedoch einige Grundelemente in den meisten Formulierungen der naturnahen Waldwirtschaft wieder erkennen.

**a) Naturnahe, standortgerechte Baumartenzusammensetzung.** Die Artenzusammensetzung der Wälder orientiert sich an Leitbildern, die auf der Grundlage der Standortkunde entwickelt worden sind. Die in diesen „Waldentwicklungstypen“ dargestellten Baumartenkombinationen setzen sich aus Baumarten zusammen, die der potentiell natürlichen Waldgesellschaft für den jeweiligen Standortstyp angehören oder standortgerechte, eingeführte Arten darstellen. Letztere können einheimische Arten aus anderen Waldgesellschaften sein (z.B. Fichte) oder Exoten, die von außerhalb Europas eingeführt worden sind (z.B. Douglasie, Roteiche). Die in dem Leitbild zusammengefassten Baumarten können auf dem jeweiligen Standort ökologisch stabile Wälder bilden. Einerseits nutzen sie das Standortpotential aus, andererseits wirken sie sich nicht verschlechternd auf den Standort aus. Die Arten haben das Potential, sich am Standort natürlich zu verjüngen.

**b) Stabile Ökosysteme.** Insbesondere die verheerenden Stürme der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts, von denen in besonderem Maße die gleichaltrigen Nadelwälder betroffen waren, haben der naturnahen Waldwirtschaft, die sich sehr stark an der ökologischen Stabilität der Wälder orientiert, großen Auftrieb gegeben. In Mitteleuropa sind Stürme und Insektenkalamitäten die bisher wichtigsten Störungsfaktoren für Wälder. Die Erziehung stabiler Wälder orientiert sich daher insbesondere an der Sturmstabilität und der Herabsetzung der Anfälligkeit gegenüber Schadinsekten. Dies bedeutet in erster Linie die Verwendung von „sturmfesten“ Baumarten und die Erziehung von Beständen mit einem hohen Grad von Sturmstabilität der Einzelbäume sowie des Bestandeskollektivs im Rahmen der Waldpflege. Auch erwartet man sich von Mischbeständen aus Laub- und Nadelholz eine höhere Stabilität als von Nadelholzzreinbeständen. Bezüglich der Resilienz spielt vor allem die Vorverjüngung und die Erhaltung von Verjüngungsvorräten eine wichtige Rolle, so dass die Verjüngung nicht erst nach dem Störungsereignis aufwändiger Weise gegen die Konkurrenz der Bodenvegetation etabliert werden muss. Eine weitere Komponente der Resilienz ist die Erhaltung der Baumartenvielfalt im Walde, so dass die Erholung des Waldes nach Störungen von einem möglichst großen Artenspektrum, inklusive Pionieren wie etwa Birken, erfolgen kann.

**c) Gemischte und ungleichaltrige, stufig aufgebaute Wälder.** Die angestrebten Mischbestände bedeuten in der Regel eine Erhöhung des Laubholzanteils, insbesondere zur Begründung von stabilen Mischungen mit Nadelholz. Die Erhöhung des Laubholzanteils zielt auch darauf ab, die negativen Auswirkungen auf den Standort zu minimieren. Die Ungleichaltrigkeit der Wälder ist einerseits die Voraussetzung, andererseits die Konsequenz einer am Einzelbaum orientierten Nutzung, die zur Entstehung von kleinen Lücken oder Gruppen führt.

**d) Ausnutzung und Optimierung natürlicher Prozesse.** Der naturnahe Waldbau zielt auf die Einbindung und Ausnutzung natürlicher Prozesse ab. Dies wird manchmal auch als „Bioautomation“ bezeichnet. Jedoch suggeriert dieser Begriff fälschlicherweise, dass waldbauliche Steuerung der Prozesse nicht mehr notwendig sei. Die Ausnutzung natürlicher Prozesse beinhaltet die natürliche Verjüngung der standortgerechten Baumarten, wo immer dies möglich ist. Großflächig künstliche Bestandesbegründungen finden im regulären und etablierten Betrieb nicht statt, es sei denn im Rahmen des Waldumbaus bzw. nach Störungen. Grundlage für die Naturverjüngung und Erhaltung von Verjüngungsvorräten ist eine „waldgerechte“, sprich intensive, Jagd, die eine Verjüngung aller Baumarten ohne Schutzmaßnahmen zulässt. Auch die anschließende Waldpflege kann sich die Differenzierungsprozesse in der Selbstdurchforstungsphase zunutze machen, um waldbauliche Eingriffe darauf zu konzentrieren, mögliche Fehlentwicklungen, wie z.B. eine Entmischung, zu vermeiden. Auch die Ausnutzung des Entwicklungspotentials des Einzelbaums gehört zur Optimierung der natürlichen Prozesse. Sie zielt darauf ab, den Einzelbaum zum Zeitpunkt seiner Wertkulmination, der Zielstärke, zu ernten. Diese Form der Ernte kann, je nach Waldgesellschaft, zu ausgedehnten Verjüngungszeiträumen bzw. zu dauerhaft ungleichaltrigen Wäldern führen.

**e) Konsequente und schonende Waldpflege.** Das Produktionsziel ist in der Regel Wertholz beim Laubholz, sowie Wert- oder Bauholz beim Nadelholz. Die Erziehung der entsprechenden Sortimente in stabilen und gemischten Wäldern erfordert eine konsequente Waldpflege. Diese ist durch eine hohe Intensität des Monitorings sowie eine phasenweise hohe Frequenz der Eingriffe gekennzeichnet. Die Waldpflege wird auch bei Einsatz von schweren Forstmaschinen auf der Grundlage einer guten Walderschließung boden- und bestandesschonend ausgeführt.

**f) Integration von Naturschutzziele.** Die Erfüllung von Naturschutzziele wird auf der gesamten Waldfläche verfolgt. Dazu gehört die Pflege und Entwicklung von Habitaten sowie die Erhaltung und Entwicklung von wichtigen Waldstrukturen wie z.B. Totholz oder Habitatbäumen. Dies beinhaltet auch das Konzept des integrierten Waldschutzes, in dem notwendige Maßnahmen zur Abwendung von Schäden zunächst mit mechanischen, biologischen bzw. biotechnischen Verfahren durchgeführt werden. Nur in Ausnahmefällen werden Herbizide und Insektizide eingesetzt.

Die **Experten des Naturschutzes** benannten im Wesentlichen ähnliche waldbauliche Maßnahmen, um Wälder an den Klimawandel anzupassen, wie die Experten der Forstwirtschaft. Der Waldumbau wird ebenfalls von vielen Naturschutzexperten als wichtiges Element einer Anpassungsstrategie an den Klimawandel gesehen (n = 8). Die Betonung lag dabei vor allem auf einem „beschleunigten“ Umbau der monotonen, gleichaltrigen, von Fichten und Kiefern dominierten Beständen hin zu reich strukturierten, diversen Laubmischwäldern. So forderte beispielsweise ein Naturschutzexperte einen „schnellen Waldumbau mit dem Ziel, die Kieferwälder ab- und Mischwälder aufzubauen“ (N4). Dem steht die Meinung zweier Experten gegenüber, die an dieser Stelle äußerten, dass der Waldumbau bzw. vermeintliche Anpassungsmaßnahmen nicht zu schnell vorangetrieben werden sollten, da die Wissensbasis unsicher sei. Die explizite Forderung des Aufbaus von Mischbeständen wurde von acht Personen genannt. Bei der Thematisierung der künftigen Bewirtschaftung der Wälder lag die Betonung der Naturschutzexperten sehr stark auf Begriffen wie „naturnaher Waldbau“, „ökologischer Waldbau“, „mehr Naturwald“ oder „mehr Dauerwald“ (n = 7). Diese Nennungen implizieren das Ziel einer Baumartenmischung, sowie die ebenfalls selten explizit genannte Strukturierung von Beständen.

Der schonende Umgang mit den Ressourcen „Boden“ und „Wasser“ wurde von den Experten des Naturschutzes ebenfalls thematisiert (n = 8). Aus ihrer Sicht sollte keine Vollbaumnutzung und kein Einsatz schwerer Erntemaschinen praktiziert, Entwässerungsgräben rückgebaut und auf Kahlschläge verzichtet werden. Einige der genannten Maßnahmen sind, wie auch bei den Antworten der Forstexperten, nicht im eigentlichen Sinne waldbaulichen Anpassungsstrategien an den Klimawandel zuzurechnen, auch wenn sie waldbauliche Konsequenzen haben.

In einigen grundsätzlichen Punkten wichen die Ansichten der Naturschutzexperten von denen der Forstexperten ab. So wiesen vier Personen ausdrücklich darauf hin, dass die künftigen Mischwälder aus heimischen bzw. aus autochthonen Baumarten aufgebaut sein sollten. Obwohl der Anbau fremdländischer Baumarten nicht explizit als Element einer Anpassungsstrategie von den Forstexperten genannt wurde, ist ihr Anbau doch in den meisten Fällen in der forstlichen Planung vorgesehen (siehe Tab

10). Drei Naturschutzexperten sind der Ansicht, dass eine Anpassung der Wälder an den Klimawandel durch natürliche Anpassungsprozesse erfolgen sollte. Ein Experte ging dabei auf die Wichtigkeit von Verbänden zwischen einzelnen Biotopen ein, um die Migration von Baumarten durch diese Korridore zu ermöglichen (N2). Zwei Experten führten nicht näher aus, welche natürlichen Prozesse gemeint sind.

Auch bei den Produktionszeiträumen vertraten Naturschutz- und Forstexperten konträre Standpunkte. Während sich sechs forstliche Experten für eine Verkürzung der Produktionszeiträume aussprachen, äußerten fünf Experten des Naturschutzes, dass die Zeiträume verlängert werden sollten.

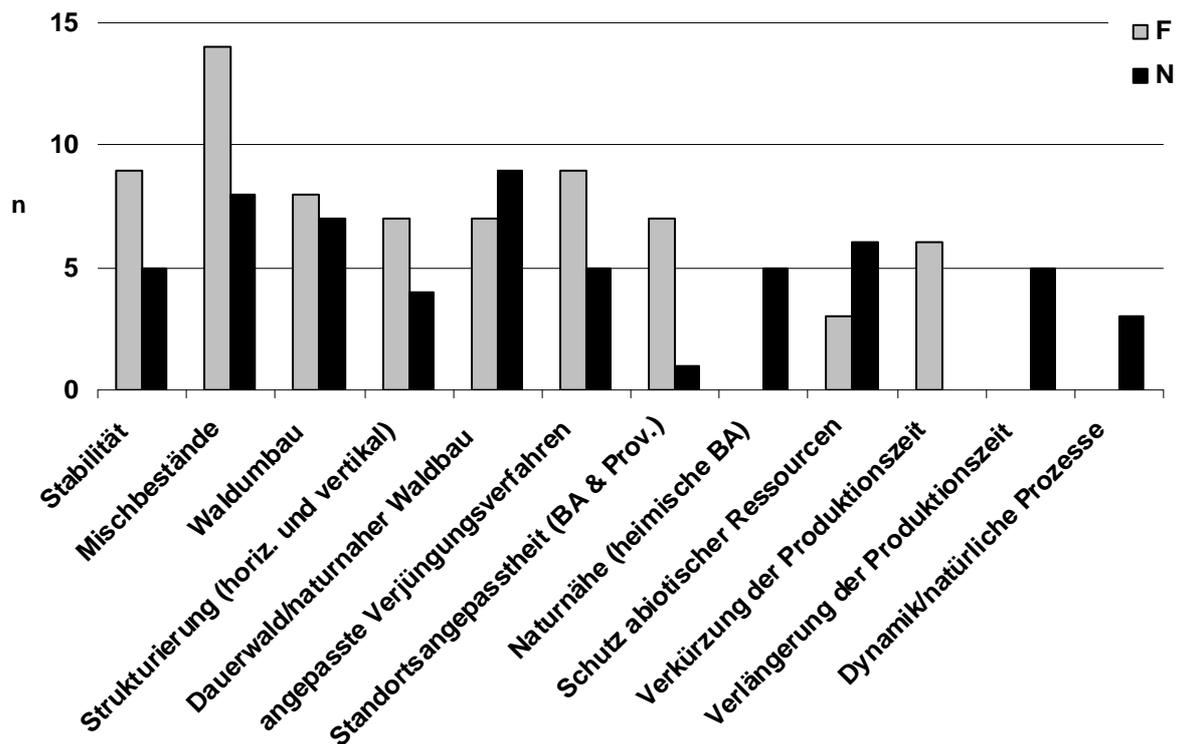


Abb. 13: Häufigkeit der Nennungen der Forst- und Naturschutzexperten einzelner waldbaulicher Maßnahmen zur Anpassung von Wäldern an den Klimawandel; F = Forstexperten, N = Naturschutzexperten, BA = Baumarten.

## 6.2 Leitbilder, Maßnahmen und begleitende Ziele

In der bisherigen Darstellung waldbaulicher Anpassungsstrategien erfolgte die Einteilung ausschließlich nach übergeordneten Zielen. Wie eingangs erwähnt, beziehen die Nennungen und Erläuterungen zu den waldbaulichen Anpassungsstrategien verschiedene **hierarchische Ebenen** mit ein. In den folgenden Tabellen (Tab. 13 und 14) werden die von den Experten benannten Elemente einer Anpassungsstrategie nach den Zielzuständen, die die Waldökosysteme erreichen sollen (Leitbilder) sowie nach Maßnahmen der Bestandespflege und -erziehung und den weiteren begleitenden (teilweise übergeordneten) Maßnahmen bzw. Zielen aufgelöst dargestellt.

**Tab. 13: Waldbauliche Anpassungsstrategien. Leitbilder, Maßnahmen der Bestandespflege sowie begleitende Maßnahmen und Ziele der Experten der Forstwirtschaft, n = Anzahl der Nennungen.**

<b>Forstwirtschaft</b>					
<b>Leitbilder</b>	<b>n</b>	<b>Bestandespflege/- erziehung</b>	<b>n</b>	<b>begleitende Maßnah- men/Ziele</b>	<b>n</b>
Mischbestände	11	frühe Mischungsregulierung	3	standortsangepasste Baumarten und Provenienzen	7
unterschiedliche Mischungsformen	1	Standraumregulierung (hohe Einzelbaumstabilität durch Z-Baum-Konzept)	5	Schutz abiotischer Ressourcen	6
horizontale und vertikale Strukturierung	9	Früh einsetzende Bestandespflege zur Erziehung vitaler Individuen	3	Diversifizierung von Bestandestypen auf Landschaftsebene	2
Dauerwald	2	Zieldurchmesserernte (Z-Baum-Konzept)	5	flexible waldbaul. Konzepte	1
keine großflächigen Reinbestände	1	Bestockungsgrad nicht zu tief halten	3	naturnaher Waldbau	1
keine Altersklassenwälder	1	Vorratspflege	1	angepasste Wildbestände	2
		Vorausverjüngung der Bestände	3		
		Produktionszeit verkürzen (v.a. der Fichte)	7		
		Waldumbau (v.a. Fichten- und Kiefernbestände)	8		

**Tab. 14: Waldbauliche Anpassungsstrategien. Leitbilder, Maßnahmen der Bestandespflege sowie begleitende Maßnahmen und Ziele der Experten des Naturschutzes, n = Anzahl der Nennungen.**

<b>Naturschutz</b>					
<b>Leitbilder</b>	<b>n</b>	<b>Bestandespflege/- erziehung</b>	<b>n</b>	<b>begleitende Maßnah- men/Ziele</b>	<b>n</b>
Mischbestände	8	frühzeitige Vorausverjüngung in den Beständen	1	standortsangepasste Baumarten und Provenienzen	1
horizontale und vertikale Strukturierung	3	stärkere Durchforstung zu Umbauzwecken	1	heimische Baumarten	4
Dauerwald	2	„naturnahes Arbeiten“	1	Schutz abiotischer Ressourcen	8
keine Reinbestände	1	keine Kahlschläge	1	naturnaher Waldbau	2
Vorratsreiche Bestände	1	Produktionszeit erhöhen	5	Biotopverbund	1
		Waldumbau		Eigendynamik zulassen	2
		- rasch	5	Wälder teilweise aus der Nutzung nehmen	2
		- wo nötig	2		
		- nicht zu schnell	2	angepasste Wildbestände	2

Als Leitbild für künftige Wälder formulierten beide Expertengruppen einen reich strukturierten, stabilen (ungleichaltriger) Mischwald, bestehend aus vitalen Einzelbäumen. Die Bewirtschaftung dieser Wälder soll nach den Grundsätzen einer naturnahen Waldwirtschaft erfolgen. Wälder, die diesen Zustand erst noch erreichen müssen, sind durch Waldumbau- und Überführungsmaßnahmen auf dieses Ziel hin zu entwickeln. Maßnahmen, die diesem Zweck dienen und von den Experten genannt wurden, sind beispielsweise

- das Einbringen von Mischbaumarten, falls diese nicht im Bestand oder in der Verjüngung vorhanden sind;
- die entstandene oder entstehende Baumartenmischung durch Pflegemaßnahmen zu erhalten und zu regulieren;
- eine frühzeitige Vorausverjüngung in Beständen, um Altersklassenwälder zu strukturieren und gleichzeitig Verjüngungsvorräte zu sichern;
- eine stärkere Durchforstung der Bestände, um Verjüngung einzuleiten,
- Zieldurchmesserernte zur Strukturierung von Beständen.

Eine hohe Einzelbaumstabilität soll über die Regulierung des Standraumes erfolgen. Durch Auslesedurchforstungen wird der Zuwachs auf die qualitativ guten Auslesebäume eines Bestandes konzentriert (Z-Baum-Konzept). Die Nutzung erfolgt in Orientierung am Zieldurchmesser des Einzelbaumes (Zieldurchmesserernte). Dieses Vorgehen führt zur Entstehung von kleinen Lücken, in denen wiederum die Verjüngung heranwachsen kann (Strukturierung des Bestandes, Differenzierung der sich verjüngenden Baumarten innerhalb der Lücke durch unterschiedliches Lichtregime). Begleitende Maßnahmen und Ziele sind die Wahl der Baumarten und Provenienzen und der Schutz abiotischer Ressourcen. Jeweils zwei Experten der Interessengruppen wiesen auf die Notwendigkeit angepasster Wilddichten hin. Sind diese zu hoch, ist eine Begründung von Mischbeständen nur mit großem finanziellem und arbeits-technischem Aufwand wie zum Beispiel durch Zäunung möglich. Zwei Experten des Naturschutzes wiesen darauf hin, dass mehr Waldflächen aus der Nutzung genommen werden sollten.

## **6.3 Sichtweisen über waldbauliche Anpassungsstrategien**

### **6.3.1 Diskussion der waldbaulichen Ziele von Forstwirtschaft und Naturschutz**

Die **Leitbilder** der Waldstruktur und –zusammensetzung von Forstwirtschaft und Naturschutz, die als Grundlage der Anpassungsstrategien angesehen werden könnten, weisen einen hohen Grad an Übereinstimmung auf. Dies ist nicht verwunderlich, da

die hier genannten Leitbilder nicht neu sind und bereits heute als Paradigmen der Forstwirtschaft in Deutschland angesehen werden können.

Als Leitbild für künftige Wälder kristallisierte sich aus der Expertenbefragung ein gemischter, reich strukturierter (ungleichaltriger) Wald heraus, welcher nach den Grundsätzen einer naturnahen Waldwirtschaft bewirtschaftet wird. Die konkrete Ausgestaltung innerhalb dieses sehr weit gefassten Leitbildes birgt einen großen **Gestaltungsspielraum**, der zu Interessenskonflikten führen kann, da bei der Durchführung teilweise unterschiedliche Ziele verfolgt werden. Dissens herrscht insbesondere bezüglich der Rolle fremdländischer Baumarten in den künftigen Mischwäldern oder über die Absenkung der Bestandesvorräte, die von vielen Naturschützern nicht akzeptiert wird. Trotz dieser Meinungsverschiedenheiten bleibt als Zwischenfazit zu nennen, dass die grundsätzliche Entwicklung, die die Forstwirtschaft in den letzten zwei Jahrzehnten im Rahmen eines naturnahen Bewirtschaftungskonzeptes gegangen ist - und auch weiterhin gehen will - auf größere Akzeptanz stößt, als die Bewirtschaftung der Wälder in Form von monoton aufgebauten Altersklassenwäldern.

Präziserweise hätte bei der Fragestellung nach waldbaulichen Anpassungsstrategien nach **kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen** unterschieden werden müssen. Die Notwendigkeit für und die Kombination von Maßnahmen mit unterschiedlichem Zeithorizont hängt dabei sehr von der konkreten Ausgangslage ab. So könnten z. B. die Stabilität gegenüber Trockenstress in „naturnahen“ Bestände mit einer zukunftsfähigen Baumartenzusammensetzung durch wenige gezielte, kurzfristige greifende Durchforstungen erhöht werden (Reduktion der Evapotranspiration). Langfristige Maßnahmen sind dort erforderlich, wo eine auch künftig standortgemäße Folgegeneration erst geschaffen werden muss. Ausgehend von der jeweiligen Alters- und Bestandesstruktur, der aktuellen Gefährdung durch den Klimawandel und dem mit einem Umbau verbundenen Arbeitsaufwand und Kosten muss der Prozess des Waldumbaus, der in sich eine Summe von Maßnahmen beinhaltet, auf unterschiedlichen Zeitachsen betrachtet werden.

Wird der Faktor Zeit in die Überlegung mit einbezogen, sollte nicht davon ausgegangen werden, dass Deutschlands Waldbilder bereits in naher Zukunft ausschließlich von durch Laubbaumarten dominierte **Mischwälder** geprägt sein werden. Zudem wird es auch mittelfristig auf geeigneten Standorten Bestände geben, bei denen auf eine führende Beteiligung von **Nadelholzarten** wie Fichte und Kiefer nicht verzichtet wird bzw. werden kann. Die Kiefer wird vor allem auf den nährstoffarmen, trockenen oder grundwasserbeeinflussten Standorten auch künftig angebaut werden (vgl. NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR DEN LÄNDLICHEN RAUM, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ 2004, MLUV 2006). Diese standörtlichen Bedingungen werden von anderen Baumarten nur schwer toleriert. Begleitbaumarten werden in solchen Beständen eine ökologisch wichtige, aber flächenmäßig untergeordnete Rolle spielen. Auch wird es in den Hochlagen der Mittelgebirge weiterhin Standorte geben, in denen Fichtenwirtschaft mit vertretbarem Risiko betrieben wer-

den kann (MÖHRING 2004, SPELLMANN et al. 2007, BORCHERS et al. 2008). Laufende Forschungsbemühungen mit dem Ziel, den Waldbesitzern Hilfen für künftige Anbauentscheidung in Form von Risikokarten zu geben, beziehen sich besonders auf diese Baumart (SPELLMANN et al. 2007, FALK et al. 2008).

Über die Dauer der **Produktionszeit** herrschen unterschiedliche Vorstellungen zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft. Aus der Sicht der Forstwirtschaft ist eine schnellere Erreichung von Produktionszielen zur Risikominimierung vor dem Hintergrund einer Klimaänderung zunehmend wichtig. Einerseits wird dadurch generell die Eintrittswahrscheinlichkeit eines schädigenden Ereignisses während der Produktionszeit gesenkt. Andererseits nehmen eine Reihe von Risiken mit zunehmendem Alter und zunehmender Bestandeshöhe zu. Dazu gehören mit klarem Bezug zum Klimawandel Risiken wie Dürrestress und Windwurf, aber auch andere Produktionsrisiken wie Farbkerne bei Buche, Ahorn, Esche, oder pilzliche Fäulen, insbesondere bei Kiefer und Fichte.

Zur Verkürzung der Produktionszeit existieren zwei Ansätze. (1) Das Produktionsziel (dies ist meist der Zieldurchmesser) wird beibehalten, aber die Realisierung des Produktionsziels wird in möglichst kurzen Zeitraum durch die Wahl eines geeigneten Durchforstungskonzeptes erreicht. (2) Der Zieldurchmesser als „Produktionsziel“ wird herabgesetzt, wodurch der Produktionszeitraum ebenfalls verkürzt wird (KOHLE et al. 2008). Ob und wie weit dies möglich oder sinnvoll ist, ist u. a. auch eine Frage des Absatzmarktes. Praktiziert wurde diese Strategie in der jüngeren Vergangenheit vor allem bei der Baumart Fichte, unterstützt von einer Weiterentwicklung in der Sägeindustrie. Gerade schwächer dimensionierte Fichte mittlerer Qualität wurde in den letzten Jahren verstärkt nachgefragt (KOHLE & TEUFFEL 2004).

Aus **naturschutzfachlicher Sicht** wird befürchtet, dass eine Verkürzung der Produktionszeit einen Verlust an Waldstrukturen und Altholzbeständen mit sich bringt und somit Artenschutzziele gefährdet (KLEIN 2006, WEIGER & STRAUßBERGER 2006, NABU 2008).

Das Konfliktpotential, das sich aus einer Verkürzung von Produktionszeiträumen ergibt, lässt sich theoretisch durch eine Reihe von Maßnahmen entschärfen. (1) Angestrebt werden kann eine räumliche Trennung zwischen Wäldern mit unterschiedlichen Produktionszeiträumen in der Landschaft (HARVEY et al. 2002). Z. B. können längere Produktionszeiträume auf Standorten mit geringerem Risiko angestrebt werden; umgekehrt können Standorte, auf denen mit häufigen und intensiven Störungen zu rechnen ist, in kurzen Produktionszeiträumen bewirtschaftet werden. „Old-growth“ Wälder entstehen jedoch nicht mit gleicher Wahrscheinlichkeit überall in der Landschaft, sondern sie bedürfen der gezielten Ausweisung als Schutzgebiet oder Altholzinseln (SCHERZINGER 1996, REIF et al. 2001). Für die Umsetzung einer solchen Verteilung von Beständen mit unterschiedlichen Produktionszeiträumen in der Landschaft fehlt aber noch die wissenschaftliche Grundlage. (2) Der Wert von älteren Be-

ständen liegt vor allem in den besonderen Strukturen, die sich in ihnen entwickelt haben und die für die Habitatqualität bestimmter, oft hochspezialisierten Arten von essentieller Bedeutung sind (SCHERZINGER 1996, WEIGER & STRAUSSBERGER 2006, BAUHUS et al. 2009). Diese Strukturen wie z. B. Habitatbäume und Totholz lassen sich durch gezielte, restaurative und erhaltende Maßnahmen auch in Beständen mit kürzeren Produktionszeiträumen integrieren (BAUHUS et al. 2009). Dies wird derzeit bereits mit entsprechenden Managementkonzepten zur Anreicherung bzw. Erhaltung von Alt- u. Totholz, Habitatbäumen, Altholzinseln, etc., die einer Erweiterung der naturnahen Waldwirtschaft darstellen, in vielen Bundesländern verfolgt (z.B. SAARFORST LANDESBETRIEB 2006, NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTEN 2007, BAYSF 2009a).

Zu vielen der erforderlichen Maßnahmen zur Erreichung der in den Leitbildern formulierten Ziele wurden von den Experten wenig konkrete Angaben gemacht (siehe Tab. 13 und 14). Dies ist zum einen verständlich, da eine genaue Erläuterung waldbaulicher Vorgehensweisen, die sich auch nach den verschiedenen Bestandestypen unterscheiden, den zeitlichen Rahmen unserer Interviews gesprengt hätte. Zum anderen hatten die Interviewpartner aus dem Naturschutzsektor zwar alle ein hohes Maß an Fachwissen vorzuweisen, bei der Fragestellung nach konkreten waldbaulichen Maßnahmen zur Bestandespflege und -erziehung wurden sie jedoch mit einem sehr speziellen waldbautechnischen Bereich konfrontiert, den nicht jeder Experte abdecken konnte.

### **6.3.2 Betrachtung der Maßnahmen unter den Gesichtspunkten Stabilität, Resistenz, Resilienz und Anpassungsfähigkeit**

**Stabilität** wurde im Rahmen der Experteninterviews als ein übergeordnetes Ziel waldbaulicher Strategien identifiziert. Stabilität ist ein Ausdruck für die Reaktion eines Systems auf Störungen. Stabilität und Anpassungsfähigkeit von Ökosystemen sind wichtige Eigenschaften von Ökosystemen unter sich ändernden Umweltbedingungen.

Im Zusammenhang mit Stabilität sollte präziserweise von der Stabilität von Strukturen, Lebensgemeinschaften, Populationen, Prozessen, etc. gesprochen werden (PERRY & AMARANTHUS 1997). Die Stabilität, mit ihren Komponenten Resistenz und Resilienz, sollte zusätzlich in Beziehung gesetzt werden zu dem erwarteten Stör- oder Stressfaktor. Eine **spezifische stabilisierende Maßnahme** wäre z.B. die Verkürzung der Produktionszeit. Über die geringere durchschnittliche Bestandeshöhe soll sich die Resistenz der Wälder gegenüber Sturm erhöhen. Eine Beimischung von trockenheitstoleranten Baumarten kann die Resistenz von Beständen gegenüber Dürren erhöhen. Die Etablierung von Vorverjüngung erhöht die Resilienz im Falle von Sturmwurf, wohl aber nicht bei Waldbrand, es sei denn, die Verjüngung der Arten kann ein Feuer überleben (wie z. B. Eichen).

Andere Maßnahmen sind in ihrer Wirkung **unspezifisch**. So soll die Etablierung von Mischbeständen durch Waldumbaumaßnahmen sowie die Bewirtschaftung von Wäldern in Form eines naturnahen Waldbaus einer allgemeinen Erhöhung der Resistenz, Resilienz und auch der Anpassungsfähigkeit der Wälder dienen.

**Mischbestände** stehen nach den negativen Erfahrungen der Vergangenheit (vor allem Störungen wie Windwurf und –bruch sowie Insektenkalamitäten in Fichtenreinbestände) auch in der Diskussion um eine Anpassung an den Klimawandel sehr weit oben in der Hierarchie waldbaulicher Ziele. Von der Etablierung von Mischwäldern werden eine hohe Anpassungsfähigkeit (z.B. JENSSEN 2009) sowie eine höhere Resistenz und Resilienz gegenüber Störungen erwartet. Diese Annahmen werden in den meisten Fällen, aber nicht durch alle Forschungsergebnisse unterstützt (vgl. BENGSSON et al. 2000, KNOKE et al. 2008). LÜPKE (2009) sieht als Grundlage der Erhöhung der Stabilität die funktionale Diversität durch Mischung von Baumarten mit unterschiedlichen Resistenzen und Resilienzen gegenüber verschiedenen Stressoren und Störungen. Da es keine Baumart gibt, die auf jegliche Art von Stress und Störung stabil reagiert, kann durch die funktionale Mischung von Baumarten mit unterschiedlichen, für die Stabilität relevanten Eigenschaften die Stabilität von Beständen verbessert werden. Dieser Ansatz stellt eine sinnvolle Erweiterung bzw. Präzisierung der allgemeinen Forderung von Mischbeständen dar, der in letzter Konsequenz zu ganz neuen „Waldentwicklungstypen“ führen kann. Denn die Forderung nach Mischbeständen ist nicht ohne **innere Widersprüche**. Mischbestände weisen im Vergleich zu Reinbeständen oftmals, aber nicht in jedem Fall, eine höhere Produktivität auf (vgl. BAUHUS et al. 2006, KNOKE et al. 2008). Eine höhere Produktivität bedeutet in aller Regel aber auch einen insgesamt höheren Transpirationsbedarf.

FORRESTER et al. (2008) zeigten für australische Wälder, dass ein erhöhter Wasserverbrauch in Mischbeständen zum Teil durch eine erhöhte Wassernutzungseffizienz der beteiligten Baumarten kompensiert wird. Jedoch ist leicht vorzustellen, dass in Mischbeständen, in denen z. B. durch eine Stratifizierung des Wurzelsystems eine höhere Ausnutzung des Standorts besteht, die Konkurrenz um Wasser bei Trockenstress deutlich verschärft wird. Hier besteht offensichtlich noch sehr viel Forschungsbedarf, um das waldbauliche Instrument der Mischbestände auf solider wissenschaftlicher Grundlage einzusetzen.

Auffallend ist, dass die Erweiterung der Standräume von Einzelbäumen zur Erhöhung der Resistenz gegen Trockenstress selten Erwähnung findet (z. B. BREDÁ et al. 1995, CESCATTI & PIUTTI 1998).

Die künftige Verwendung von ausschließlich (standorts)**heimischen Baumarten**, wie sie von einer Gruppe von Naturschützern gefordert wird, ist unter der Betrachtung der Stabilität von Waldökosystemen vor dem Hintergrund des Klimawandels fragwürdig (LÜPKE 2004, WAGNER 2004, BRANG et al. 2008). Die Eigenschaften der Baumarten sind das Ergebnis eines Anpassungsprozesses, welcher in der Vergangenheit stattgefunden hat. Dies lässt aber nicht den Schluss zu, dass alle heimischen Baumarten über eine ausreichend hohe Anpassungsfähigkeit verfügen (LARSEN 1986a, LÜPKE 2009). Auch zur Anpassungsfähigkeit sowie zu den ökologischen

Grenzen des Vorkommens der Baumarten besteht daher ein großer Forschungsbedarf, der die heimischen Baumarten ebenso betrifft wie die fremdländischen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass aus wissenschaftlicher Sicht die genannten Maßnahmen noch Lücken enthalten, und einige der genannten Elemente von Anpassungsstrategien noch nicht wirklich ausgereift oder in letzter Konsequenz durchdacht zu sein scheinen.

## **7 Implementierung von Anpassungsstrategien**

Die Forstverwaltungen bzw. Forstbetriebe der 16 Bundesländer Deutschlands verfolgen mit sehr ähnlichen Waldbauprogrammen das Ziel einer naturnahen Forstwirtschaft (NEUMANN 2000 in TEUFFEL et al. 2005). Teil aller Waldbauprogramme ist der Umbau standortsfremder, naturferner Nadelholz-Reinbestände in naturnahe, stabile und standortgerechte laubholzreiche Mischbestände mit möglichst hoher Produktivität. Die forstpolitische Zielsetzung der Länder und des Bundes bezieht sich vor allem auf die Stabilisierung der Wälder gegenüber abiotischen und biotischen Schadfaktoren (FRITZ 2006) (vgl. Anhang 2).

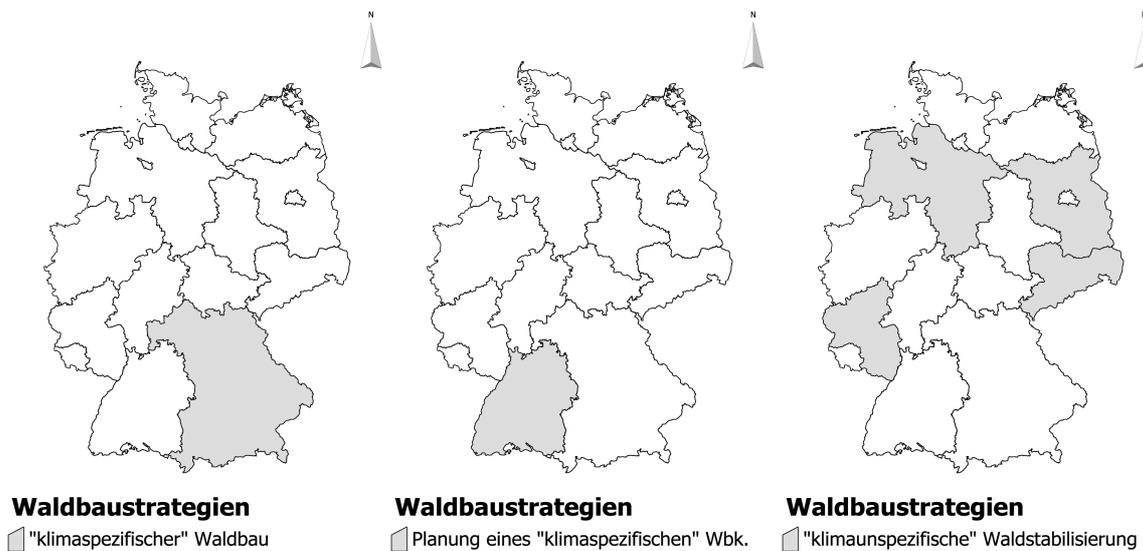
Die Waldbauprogramme der Länder sind ausschließlich für den jeweiligen Staatswald verbindlich und betreffen die übrigen Waldbesitzarten nicht. Aufgrund des Klimawandels kommen, neben den Bemühungen um eine ökologische, standortsangepasste Waldbewirtschaftung, neue Herausforderungen auf die Forstwirtschaft zu. Inwieweit die Forstbetriebe bzw. -verwaltungen der einzelnen Länder für eine zu erwartende Klimaänderung Vorsorge treffen, und wie der Kommunal- und Privatwald in diese Überlegungen einbezogen wird, war Teil unserer Expertenbefragungen.

### **7.1 Expertenbefragung zur Umsetzung forstlicher Anpassungsstrategien in der Fläche und deren Erfolgskontrolle**

Da die Naturschutzexperten mit wenigen Ausnahmen keine eigenen waldbaulichen Planungen vornehmen, betraf die Frage der Umsetzung waldbaulicher Maßnahmen nur die Vertreter der Forstwirtschaft.

Abb. 14 verdeutlicht den unterschiedlichen Stand der waldbaulichen Umsetzungen und Planungen innerhalb der Bundesländer hinsichtlich der Anpassung der Wälder an den Klimawandel. Die Aussagen der Forstexperten ließen den Schluss zu, dass sich die in die Befragung einbezogenen Bundesländer in unterschiedlichen strategischen Ausrichtungen und Stadien der Anpassung befinden. So gibt es Bundesländer, die

- (1) bereits ein **Waldumbauprogramm durchführen**, welches speziell auf die Anpassung der Wälder an einen Klimawandel zugeschnitten ist (gerichtete, aktive Anpassung);
- (2) sich in der Phase der **Planung** eines „klimaspezifischen“ Waldumbauprogramms befinden, sowie
- (3) an bestehenden „**klimaunspezifischen**“ **Waldbauprogrammen** festhalten um damit eine generelle Stabilisierung der Wälder zu verfolgen (Risikominde- rung).



**Abb. 14: Darstellung des waldbauliches Umsetzungsprozesses von Anpassungsstrategien an den Klimawandel in den untersuchten Bundesländern (n = 6). (Wbk. = Waldbaukonzept) (Quelle der digitalen Ländergrenzen: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main).**

Auf Länderebene ist **Bayern** das einzige Bundesland, welches bereits mit der Umsetzung von konzeptionellen Waldumbauplänen in Hinblick auf eine Klimaänderung begonnen hat. In **Baden-Württemberg** wird gegenwärtig ein Konzept zur Waldbewirtschaftung unter den Bedingungen eines sich ändernden Klimas erstellt, welches ab 2010 umgesetzt werden soll. Die übrigen in die Untersuchung einbezogenen Bundesländer **Brandenburg, Niedersachsen, Rheinland- Pfalz** und **Sachsen** halten aktuell an den Waldbauprogrammen fest, welche zur Stabilisierung von Beständen implementiert wurden.

Die Mehrzahl der befragten forstlichen Interviewpartner führte an, dass die gegenwärtig praktizierte ökologische und naturnahe Waldbewirtschaftung bzw. der in die Wege geleitete Waldumbau bereits der Anpassung an den Klimawandel diene. Bei den Experten bestand dahingehend Übereinstimmung, dass die Prinzipien der naturnahen Waldwirtschaft in ihren Grundsätzen geeignete Maßnahmen für Anpassungsstrategien beinhalten. Diese Programme könnten zu gegebener Zeit unter Berücksichtigung

sichtigung der Auswirkungen des Klimawandels evaluiert und bei Bedarf modifiziert werden.

Einige Forstexperten halten diese Vorgehensweise solange für zielführend, bis konkrete, umsetzungsfähige Forschungsergebnisse zu den Auswirkungen des Klimawandels auf das Waldökosystem und für mögliche waldbaulichen Anpassungsstrategien vorlägen, die dann in ein „klimaspezifisches“ Waldumbaukonzept integriert werden könnten.

Die Frage nach **konkreten waldbaulichen Planungen** wurde von den Forstexperten der meisten Bundesländer mit dem Hinweis auf die Fortführung der ungerichteten Waldumbauprogramme beantwortet. Forstexperten der Bundesländer **Baden-Württemberg** und **Bayern**, welche Klima angepasste Waldbaukonzepte entwickeln oder die Umsetzung bereits begonnen haben, konnten auf die Frage, auf welcher Fläche und in welchem Zeitrahmen Maßnahmen realisiert werden sollten, detaillierte Auskunft geben.

Demnach planen die Bayrischen Staatsforsten auf der Staatswaldfläche den Umbau von gefährdeten Fichten- und Kieferbeständen hin zu laubholzreichen Mischbeständen. Bis zum Jahr 2012 sollen diese Umbauflächen erfasst und beplant werden. Laut bayerischen Forstexperten ist im Rahmen des „Klimaprogrammes 2020“ geplant, in Privat- und Körperschaftswäldern bis zum Jahr 2020 insgesamt ca. 100.000 ha gefährdete Fichtenbestände in „klimatolerante“ Mischwälder umzubauen. Baden-Württemberg strebt innerhalb der nächsten 20 Jahre (2010-2030) den Umbau von ca. 87.000 ha sturm- und trockenheitsgefährdeten Fichtenbeständen an, wobei der Umsetzungserfolg im Zuge der Forsteinrichtung kontrolliert werden soll.

Die Forstverwaltungen bzw. Forstbetriebe kooperieren angesichts der aktuellen und künftigen Herausforderungen bereits heute eng mit den forstlichen Versuchsanstalten (BOLTE et al. 2009). Die forstlichen Versuchsanstalten betreiben vielfältige Forschung (z. B. Modellierungen) und erproben praxistaugliche Strategien, um die Wälder auf zusätzliche Stressfaktoren und klimabedingte Risiken vorzubereiten und anzupassen. Die praxisorientierte Forschung soll in der forstlichen Anwendung zur Anpassung an mögliche Klimafolgen umgesetzt werden. Innerhalb der befragten Länder werden in den spezifischen Projekten zu Anpassungen an den Klimawandel praxisorientierte Module wie z.B. forstliche Anpassungsstrategien, Modellierung der Wasserversorgung der Böden, Risikoeinschätzung der Sturm-/Insektenkalamitätsgefahr, Sturmschadensmodellierungen, forstliche Klimagliederungen und Klimahüllen der Baumarten erarbeitet (z.B. GEMBALLA & Schlutow 2007; KÖLLING 2007; SPELLMANN et al. 2007; FAWF 2008; HANEWINKEL 2008; PUHLMANN et al. 2008)(vgl. Anhang 3).

## **7.2 Unterschiede in den Umsetzungen von klimabezogenen Waldumbaustrategien in den Bundesländern**

In der Deutschen Anpassungsstrategie (BMU 2008) werden sowohl die positiven (z.B. CO<sub>2</sub>-Düngungseffekt, längere Vegetationsperioden) wie auch die negativen Auswirkungen (z.B. Hitze- Trockenstress, erhöhter Befall durch biotische Schädlinge)

des Klimawandels auf Waldwachstum und Forstwirtschaft betont. Innerhalb der Forstwirtschaft besteht offensichtlich Konsens, dass sich der Klimawandel vorwiegend negativ auf Forstbetriebe und Wälder auswirkt und somit die Waldfunktionen gefährdet. Im Fokus der Beiträge der Forstexperten zu Anpassungsstrategien standen die Planungen bzgl. Waldumbaumaßnahmen, während andere Elemente möglicher Anpassungsstrategien nicht angesprochen wurden. Dies liegt zum einen daran, dass der Begriff des Waldumbaus sehr umfassend interpretiert wird (z.B. Bestockungswechsel, Strukturierung der Bestände, Schaffung von Mischbeständen). Zum anderen stehen für andere waldbauliche Handlungsoptionen noch keine ausreichenden wissenschaftlichen Grundlagen und praxiserprobten Erfahrungen zur Verfügung, welche für eine großflächige Umsetzung notwendig wären.

Der uneinheitliche Stand der Umbauaktivitäten in den Bundesländern ist auf die verschiedenen Ausgangssituationen hinsichtlich der Baumartenbestockung zurückzuführen. Die süddeutschen Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg besitzen mit 44 % bzw. 37 % den höchsten Fichtenanteil (BMVEL 2004). Zusammen stellen sie mit rund 1,5 Mio. ha mehr als die Hälfte der deutschen Fichtenanbauflächen. Der Bedarf, diese Wälder angesichts der auf vielen Standorten zu erwartenden trockeneren Sommermonate und ganzjährig höheren Temperaturen umzubauen, ist besonders hoch (KÖLLING et al. 2009). STAHL & GAUCKLER (2007) unterstreichen diese Aussage, indem sie auf den erhöhten Anfall zufälliger Nutzungen der Fichtenwirtschaft in Oberschwaben hinweisen.

In **Bayern** wird das Risiko im Hinblick auf die bestehende Waldbestockung als besonders hoch eingestuft. Allein im Privat- und Körperschaftswald wird die Fläche risikoreicher Fichtenbestände auf 260.000 ha geschätzt. Im bayerischen Staatswald liegen ca. 170.000 ha Fichtenreinbestände außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes der Fichte und werden als „klimalabil“ eingestuft (BAYERISCHE STAATSREGIERUNG 2007; BERNHART 2007; MÜLLER-KROEHLING et al. 2009; SCHRÖPFER et al. 2009). Über alle Waldbesitzarten hinweg liegen in Bayern über 300.000 ha Waldbestände mit führender Fichte (> 50 % der Bestockung) im trocken-warmen Klimabereich und sind daher anfällig gegenüber klimatischen Veränderungen (KÖLLING & AMMER 2006). Dies führt u. a. zu einer erheblichen Prädisposition gegenüber Borkenkäfern. Aufgrund der Zunahme des Betriebsrisikos wird auf den meisten dieser Standorte eine erfolgreiche Fichtenwirtschaft mittel- bis langfristig als nicht mehr möglich erachtet (BERNHART 2007; STRAUßBERGER & WEIGER 2008; SCHRÖPFER et al. 2009). So wurden im letzten Jahrzehnt in den kollinen und submontanen Keuper- und Kalkgebieten über die Hälfte der Fichtenbestände nach Sturmwurf und Borkenkäferbefall in Vornutzung geerntet und umgebaut (KÖLLING & AMMER 2006; MÜLLER-KRÖHLING et al. 2009).

Das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (StMLF) legte daher das Programm „Waldumbau zur Anpassung an den Klimawandel“ auf, mit dessen Hilfe die hinsichtlich der Klimaentwicklung risikoreichen Nadelholzbestände des

Staatwälder in widerstandsfähige, standortgerechte Laubholz- Mischbestände umgebaut werden (StMLF 2007; MÖGES 2007). Im Privat- und Körperschaftswald hingegen greift das „Klimaprogramm Bayern 2020“, dessen Ziel es ist, ca.100.000 ha gefährdete Fichtenbestände bis zum Jahr 2020 in Mischwälder umzubauen (BAYERISCHE STAATSREGIERUNG 2007; BERNHART 2007; KÖLLING 2009).

In **Baden-Württemberg** wird derzeit ein dreiphasiges Konzept entwickelt, um die Wälder an die Folgen des Klimawandels anzupassen und um das Betriebsrisiko zu minimieren. Mit der Umsetzung soll ab dem Jahr 2010 begonnen werden. Die erste Phase (2010-2030) ist durch die schnelle Umsetzung einer naturnahen Waldwirtschaft gekennzeichnet. Binnen dieses Zeithorizontes wird mit einer durchschnittlichen Erwärmung gegenüber heute von einem Grad Celsius ausgegangen. Daher wird in der Weiterführung der naturnahen Waldwirtschaft ein tragfähiges Anpassungskonzept gesehen. Bis 2030 sollen 87.000 ha trockenheits- und sturmgefährdete Fichtenwälder umgebaut werden. In der zweiten Phase (2030-2050) wird mit einer Erwärmung um ungefähr zwei Grad Celsius geplant. In dieser Phase sollten verstärkt besser geeignete einheimische und fremdländische Baumarten in die Waldbewirtschaftung integriert werden. Die waldbauliche Umsetzung innerhalb der dritten Phase (ca. 2050 - ca. 2100) ist von der klimatischen Entwicklung abhängig. Falls die Erwärmung gegenüber heute um über vier Grad Celsius zunehmen sollte, müssten völlig neue Waldbau-Konzepte entwickelt werden (FVA 2009).

In Bundesländern wie **Rheinland-Pfalz** und **Niedersachsen** wird die Dringlichkeit des Umbaus aufgrund des geringeren Anteiles der Fichte (Rheinland-Pfalz: 22,5 %; Niedersachsen: unter 20 %) als moderat eingestuft. In diesen Ländern ist bisher noch kein speziell auf Klimaanpassung gerichteter Waldumbau geplant, bestehende Umbauprogramme zu naturnahen Wäldern werden weiter verfolgt.

**Brandenburg** hat mit fast 75 % einen sehr hohen Kiefernanteil an der Baumartenzusammensetzung. Im Landeswald sind 67 % der Kiefernbestände umbauwürdig. Insbesondere aufgrund der klimabedingten Anfälligkeit gegenüber biotischen Schadfaktoren wird die Kontinuität der naturnahen und standortgerechten Entwicklung der Wälder weitergeführt. Trotz dieser Bemühungen wird die Baumart Kiefer auch künftig mit einem hohen Flächenanteil im Land erhalten bleiben und vor allem auf den armen und mittleren Standorten die Hauptwirtschaftsbaumart bleiben (BMVEL 2004, LFE 2007).

Dem Staatsforstbetrieb **Sachsen** mit einem hohen Fichten- (35 %) und Kiefernanteil (30 %) ist ein grundsätzliches Anliegen, dass die eingeschlagene Richtung der ökologischen, naturnahen Waldbewirtschaftung fortgeführt wird (BMVEL 2004, EISENHAUER 2008).

In den Ländern, in denen bisher noch kein klimagerichteter Waldumbau durchgeführt wird, werden wissenschaftliche Untersuchungen zur Weiterentwicklung der bisherigen Waldbauprogramme an die klimatische Bedingungen erarbeitet. Die Ergebnisse sollen in zukünftige Waldbauplanungen einfließen. Solange noch keine konkreten

Ergebnisse und Umsetzungsempfehlungen aus der Forschung vorliegen, wird man in den meisten Situationen nicht vom bisherigen Kurs, der durch die naturnahe Waldwirtschaft geprägt ist, abrücken. Mit speziellen waldbaulichen Behandlungskonzepten wird versucht, für bestimmte Baumarten stabilere, mischungsreichere und risikoärmere Bestände aufzubauen und zu erhalten. Mit Hilfe dieser baumartenspezifischen Konzepte soll die Betriebssicherheit der Bestände erhöht werden (HANEWINDEL 1996; ANONYMUS 2003; SCHRÖPFER et al. 2009).

### **7.3 Anpassungsstrategien aus naturschutzfachlicher Sicht**

Die Naturschutzexperten wurden zu ihrer Sichtweise über den zeitlichen Horizont waldbaulicher Anpassungsmaßnahmen und zu den betroffenen Flächen befragt. In diesem Zusammenhang gingen die Experten fast ausschließlich auf den Zeitpunkt bzw. den Zeitraum ein. Innerhalb dieser Aussagen ergaben sich erhebliche Meinungsunterschiede. Während fünf Naturschutzexperten die Notwendigkeit einer schnellen Umsetzung von Waldumbaumaßnahmen ansprachen, äußerten vier Experten Bedenken bezüglich eines zu schnellen Umbaus. Die Bedenken wurden begründet mit der „Unsicherheit zukünftiger Klimaentwicklungen“ (N2, N8), der „geringen Wissensgrundlage über die Klimaänderung“ (N7), der Ansicht, dass die Forstverwaltungen „keinen übereifrigen Aktionismus“ ausüben sollten (N13).

### **Diskussion**

Die Aussagen der Naturschutzexperten bezüglich der Notwendigkeit des Waldumbaus lassen sich auf die jeweilig unterschiedliche Ausgangsposition der Länder zurückführen. In den Ländern mit einem hohen Fichtenanteil befürworten die Naturschutzexperten, dass die Umbaumaßnahmen zeitnah durchgeführt und die standortsfremden Nadelholzbestockungen in naturnahe Mischwälder umgewandelt werden. In Bundesländern mit einem geringeren Fichtenanteil wird ein übereifriger Waldumbau als aktive Anpassungsstrategie eher in Frage gestellt und auf die Unsicherheiten zukünftiger Klimaentwicklungen sowie auf die geringe Wissensgrundlage verwiesen. Bevorzugt wird eine passive Anpassungsstrategie der dynamischen Entwicklung (Sukzession und Prozessschutz), damit sich eine Annäherung an standortsgerechte Wälder entwickeln kann.

### **7.4 „Klimaspezifische“ Waldbauleitlinien des Naturschutzes**

Von Seiten des amtlichen und ehrenamtlichen Naturschutzes wurden zum gegenwärtig Zeitpunkt noch keine konkreten Leitlinien für die Anpassung der Wälder in Zeiten eines Klimawandels erarbeitet. Das bedeutet jedoch nicht, dass das Thema „Wald und Klimawandel“ in der Naturschutzpolitik noch nicht angekommen ist. Drei der 14 befragten Naturschutzexperten wiesen auf eine Veröffentlichung zum Thema

„ökologische Waldbewirtschaftung“ hin, welche auch Aspekte der klimabezogenen Waldwirtschaft beinhalten (NABU 2008). Ein Naturschutzvertreter erwähnte zu diesem Thema eine Veröffentlichung der Landesforstverwaltung, welche durch das Mitwirken des amtlichen Naturschutzes und Naturschutzverbänden erarbeitet wurde (MLUR 2004). Zudem wiesen einige Naturschutzexperten explizit auf ihre Teilnahme am Diskussionsprozess hin. Ein Experte gab an, dass Pressemitteilungen zu der Thematik „Wald und Klima“ verfasst würden (N10), eine andere Person (N6) nahm aktiv an themenbezogenen Konferenzen und Tagungen teil. Ein weiterer Naturschutzexperte bezog sich auf einen landesspezifischen Klimaaktionsplan, in welchem auch waldbauliche Ziele aufgeführt würden (SMUL 2008a), welcher aber nicht als Leitlinie des Naturschutzes zu verstehen sei.

## **Diskussion**

Konzepte die den Naturschutz im Wald betreffen werden in vielen Bundesländern in Abstimmung mit dem amtlichen Naturschutz ausgearbeitet. Naturschutzfachliche Belange werden so in der Forstplanung berücksichtigt (vgl. MLUR 2004). Die Naturschutzverbände erstellten bislang keine auf den Klimawandel ausgerichteten spezifischen Waldbauleitlinien. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Verbände in vielen Fällen nur auf geringe oder keine finanziellen und personellen Ressourcen für die Bearbeitung solch komplexer Themen zurückgreifen können. Häufig stehen auch andere Themenbereiche bei der Naturschutzarbeit im Vordergrund (z.B. Moorschutz, Artenschutz, Landwirtschaft). Weiterhin haben nicht alle Naturschutzverbände die Ressourcen, ein „Walddressort“ zu etablieren und somit das Themengebiet Wald durch Experten zu vertreten. Von einigen Verbänden werden zwar Vorschläge zur Konkretisierung eines ökologischen, naturnahen Waldbaus erarbeitet (vgl. NABU 2008, LNV 2009), in den naturschutzfachlichen Empfehlungen gibt es aber wenig konkrete Hinweise darauf, wie diese Ziele vor dem Hintergrund des Klimawandels erreicht werden können.

## **7.5 Forstliche Beratung und finanzielle Unterstützung für den Privat- und Kommunalwald**

Ein großer Teil der Waldfläche ist in privatem (43 %) und kommunalem (20 %) Besitz (BMVEL 2004). In der Mehrheit der Länder sind die Landesforstverwaltungen Einheitsverwaltungen, die sowohl den im Landeseigentum befindlichen Wald bewirtschaften als auch Beratungs- und Betreuungsaufgaben für die anderen Waldbesitzarten wahrnehmen. In einigen Ländern werden die Beratungs- und Betreuungsaufgaben von den Landwirtschaftskammern wahrgenommen. In diesem Zusammenhang ist von Interesse, in welchem Umfang und in welche Richtung die Privat- und

Kommunalwaldbesitzer in die Überlegung waldbaulicher Anpassungsstrategien einbezogen werden. Die Frage richtete sich dabei nur an die 14 Forstvertreter.

Die Ergebnisse der Befragungen zeigten, dass die Privat- und Kommunalwaldbesitzer im Rahmen der **forstlichen Beratung** sowie der **monetären Förderung** ganz allgemein in ihren Bemühungen um eine Stabilisierung der Wälder unterstützt werden.

### **Forstliche Beratung**

Die Beratungstätigkeit zu spezifischen waldbaulichen Anpassungsstrategien wurde von zwei bayerischen Forstexperten erwähnt. Eine Beratung, welche nicht speziell auf den Klimawandel ausgerichtet ist, aber Aspekte des Klimawandels beinhaltet, wurde am häufigsten genannt (n = 5). Ansonsten wurde angeführt, dass die Waldbesitzer durch die gängige Praxis im Rahmen der Beratungstätigkeit (n = 4) seitens der Landesforstverwaltung bzw. der Landesbetriebe unterstützt werden. Somit bietet innerhalb der befragten Bundesländer nur Bayern eine auf den Klimawandel abgestimmte Beratungstätigkeit für private Waldbesitzer an.

Die Befragungen zeigten, dass innerhalb der Länder gegenwärtig der Informationsfluss zu den Waldbesitzern sehr stark über die Forstamts- und Revierleiter erfolgt. Diese werden ihrerseits von den Angestellten der forstlichen Versuchsanstalten über den aktuellen Forschungsstand informiert. Die Forstpraktiker sollen als „Multiplikatoren“ wirken und den aktuellen Wissensstand im Zuge der forstlichen Beratung an die Waldbesitzer weitergeben.

Die Waldbesitzer werden auch direkt im Rahmen von Schulungen, Seminaren und Vorträgen z.B. bei Treffen von Waldbesitzerverbänden durch die forstlichen Versuchsanstalten über die Risiken der Waldwirtschaft in Zeiten des Klimawandels informiert. Einige der befragten Experten wiesen explizit darauf hin, dass im Rahmen dieser Waldbauseminare und Schulungen keine klimaspezifischen Waldbaukonzepte vermittelt, sondern lediglich auf die Auswirkungen des Klimawandels und die möglichen, vorbeugenden waldbaulichen Anpassungsstrategien hingewiesen wird.

### **Finanzielle Instrumente der forstlichen Förderung**

In der Mehrzahl der Länder liegen noch keine speziellen Förderprogramme für den Privat- und Kommunalwald vor, um die Waldbestände für zukünftige klimatische Auswirkungen vorzubereiten und zu stärken. Einzig das Land Bayern stellt eine finanzielle Förderungen der Privat- und Kommunalwaldbesitzern für an den Klimawandel angepassten Waldbau zur Verfügung. Alle anderen Bundesländer legten dar, dass die bereits existierenden Förderrichtlinien zur Stabilisierung von Waldbeständen weiterhin Geltung besitzen würden. Die Fachleute waren der Meinung, dass durch die verankerte Förderung des Waldumbaus privater und körperschaftseigener Wäl-

der die Waldbesitzer bei der Erbringung von Ökosystemdienstleistungen bereits finanziell unterstützt werden, um die Vitalität der Bestände zu gewährleisten. Aktuell geschieht dies z. B. im Rahmen der Förderungen von „naturnaher Waldwirtschaft“, der „Neubestockung mit Laubbaumarten“; oder dem „Umbau von Nadelholzreinbeständen in Mischbestände“. Die Forstexperten sind sich einig, dass diese „allgemeinen“ Förderungen zwar keinen „klimaspezifischen“ Charakter besitzen, die Inhalte der Förderrichtlinien aber im Hinblick auf den Klimawandel einer Risikominimierung und -streuung dienen.

## **Diskussion forstliche Beratung und Förderung**

Die forstliche Förderung und Beratung orientiert sich am Stand der jeweiligen waldbaulichen Klimawandelanpassung der Länder. Für ihre Beratungstätigkeit müssen die Forstbeamten bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels und der Handlungsmaßnahmen geschult werden, damit sie die Waldbesitzer qualifiziert beraten können.

Einige Forstexperten erwähnten, dass die „herkömmliche“ forstliche Beratung und die allgemein bestehenden Förderungen dazu beitragen, dass der Waldbesitzer in der Lage ist, eine ausreichende Waldstabilisierung durchzuführen und folglich die Auswirkungen des Klimawandels abgemildert werden könnten. In diesem Zusammenhang wurde darauf hingewiesen, dass man diese Tätigkeiten auch umbenennen und auf den Klimawandel beziehen könnte. Hierbei muss aber erwähnt werden, dass eine reine Umbenennung der Maßnahmen in „Klimaanpassung“ bei weitem keine Verbesserung der Beratungstätigkeiten darstellt und nicht den Kern trifft.

Dem Umbau in zukunftsfähige Wälder kommt besonders im Privat- und Kommunalwald eine besondere Bedeutung zu, da diese Waldbesitzarten rund 2/3 der Waldfläche Deutschlands einnehmen. Über die Hälfte der Waldfläche Bayerns und Niedersachsens befindet sich in privatem Besitz. In den Ländern Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz beträgt der Anteil an Privat- und Kommunalwäldern zwei Drittel der gesamten Waldfläche (BMVEL 2004).

Da auch die privaten und kommunalen Waldbesitzer vielfältige Leistungen zum Wohle der Gesellschaft bringen und wirtschaftliche Interessen an der Waldbewirtschaftung verfolgen, stellt sich die Frage, wie diese in die Lage versetzt werden können, ihrerseits möglichst vitale, an den Klimawandel angepasste Wälder aufzubauen. Daher sind vor allem die Forstverwaltungen in den Ländern mit einem umfangreichen Privat- und Kommunalwaldanteil herausgefordert, die Waldbesitzer durch forstpolitische Instrumente beim Aufbau zukünftiger, klimaangepasster Waldbestände zu unterstützen.

EU, Bund und Länder stellen Fördermittel für forstwirtschaftliche Maßnahmen zur Erfüllung von Funktionen des Waldes für die Gesellschaft bereit, welche aktuell aber noch nicht auf den klimaspezifischen Waldbau ausgerichtet sind. Der Bund stellte zum Beispiel einen Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Ag-

rarstruktur und des Küstenschutzes“ (Zeitraum 2009 bis 2012) auf. Innerhalb dieses Rahmenplanes ist auch die Förderung einer naturnahen Waldbewirtschaftung integriert. Ziel dieser Förderung ist die Erhöhung der Stabilität und der ökologischen wie ökonomischen Leistungsfähigkeit des Waldes (BMELV 2009).

Es gibt selbstverständlich vielfältige Forderungen nach umfangreicherer staatlicher Förderung, um die risikoreichen Bestände zeitnah umzubauen und die forstliche Beratung zu intensivieren (BERNHART 2007). Insbesondere zielen bereits Überlegungen darauf ab, den im Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung am 26.10.2009 geforderten Wald-Klima-Fond, der aus dem Erlös von CO<sub>2</sub>- Zertifikaten gespeist werden soll, unter anderem für diese Zwecke zu verwenden.

## **8 Konfliktfelder zwischen Forstwirtschaft und Naturschutz**

Innerhalb der Gesellschaft gibt es unterschiedliche Interessen und Ansprüche an den Wald, sowie unterschiedliche Vorstellungen bezüglich der Waldbewirtschaftung, da die jeweiligen Interessengruppen eine individuelle Gewichtung der Waldfunktionen nach ihren Bedürfnissen vornehmen. Das Konzept der multifunktionalen Forstwirtschaft stellt den Versuch dar, ökonomische, ökologische und soziale Funktionen des Walds für die Gesellschaft integriert zu erfüllen. Die Konflikte hinsichtlich der „richtigen“ Bewirtschaftung dieses Ökosystems begründen sich darauf, dass der Wald eine begrenzte Ressource ist und es nicht möglich ist, dass alle Ansprüche der Nutzergruppen unendlich befriedigt werden können (WINKEL 2007). Ein anhaltender Zielkonflikt herrscht z.B. zwischen den wirtschaftlichen Interessen an den Wald und den Bedürfnissen des Naturschutzes.

Bedingt durch den Klimawandel werden durch waldbauliche Anpassungsstrategien größere Veränderungen im Wald stattfinden. Die Befragung nach möglichen Konflikten bzw. Synergien zwischen Forstwirtschaft und den Ansprüchen des Naturschutzes bietet daher einen Überblick über potentielle Risiken oder Chancen, über Interessenslagen und Konflikte in Zeiten des Klimawandels.

### **8.1 Hauptkonfliktfelder zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft in Zeiten des Klimawandels**

Bei der Auswertung der 28 Experteninterviews konnten zwischen den naturschutzfachlichen und forstwirtschaftlichen Interessen im Wesentlichen drei Hauptkonfliktfelder identifiziert werden (Abb. 15). Diese ergeben sich aus

(1) den unterschiedlichen Vorstellungen bezüglich der **waldbaulichen Anpassungsstrategien** zur Stabilisierung der Wälder;

(2) einem Interessenskonflikt bezüglich der Integration von Naturschutzziele wie etwa **natürliche Entwicklungsprozesse**, Altholzinseln und Totholzkonzepte in forstwirtschaftlich genutzten Wäldern;

(3) den **politische Rahmenbedingungen**, in welche die Forstwirtschaft eingebunden ist.

Über diese Hauptkonfliktfelder hinaus wurden von einzelnen Experten noch weitere potentielle Spannungsfelder angesprochen, welche keiner der genannten Kategorien zugeordnet werden konnten. Sie wurden unter „Sonstige Konfliktfelder“ zusammengefasst und an späterer Stelle erläutert.

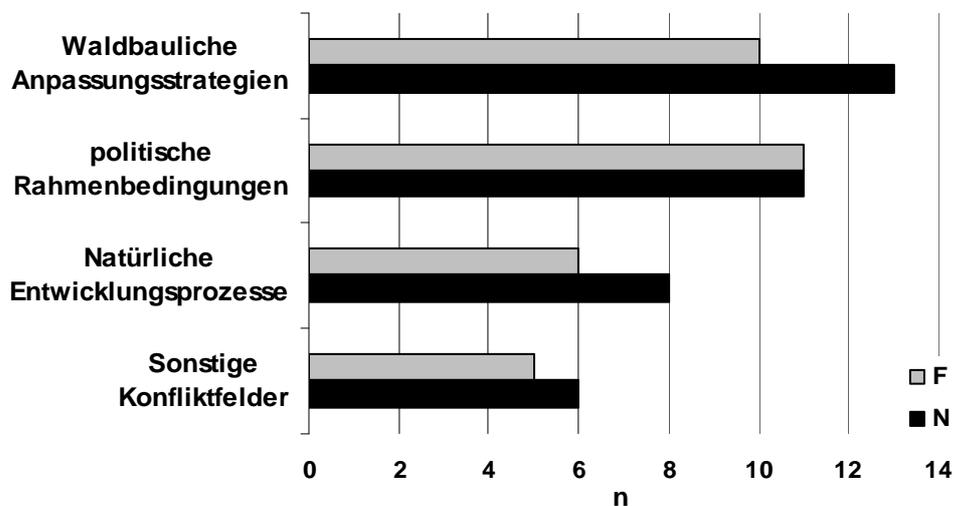
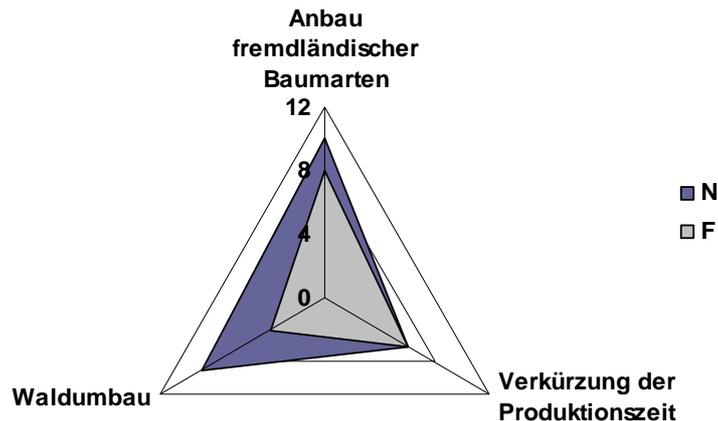


Abb. 15: Konfliktfelder zwischen den Interessen von Naturschutz (N) und Forstwirtschaft (F).

### 8.1.1 Konfliktpotential waldbaulicher Anpassungsstrategien

Ein hohes Konfliktpotential ( $n = 23$ ) sehen die Forst- und Naturschutzexperten durch die waldbaulichen Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Nahezu die Gesamtheit aller Experten sehen divergierende Interessen zwischen dem Risikomanagement der Forstwirtschaft und den Bedürfnissen des Naturschutzes. Die Naturschutzvertreter erkennen in den waldbaulichen Anpassungsstrategien ein höheres Konfliktpotential ( $n = 13$ ) als die Forstexperten ( $n = 10$ ). Genannt wurde vor allem der **Anbau fremdländischer Baumarten**, die **Umsetzung des Waldumbaus** sowie die **Verkürzung der Produktionszeit** (Abb. 16).



**Abb. 16:** Anzahl der Nennungen von potentiellen Konfliktfeldern durch die befragten Forst- und Naturschutzexperten (n = 28) bezüglich der waldbaulichen Anpassungsstrategien der Forstwirtschaft an den Klimawandel; N = Naturschutzexperten, F = Forstexperten.

Von den befragten Experten wird dem **Anbau von nicht-heimischen Baumarten** zur Risikominimierung das größte Konfliktpotential zugeschrieben (Forst: n = 8; Naturschutz: n = 10).

Die Konfliktrichtigkeit des **Waldumbaus** als aktive Anpassungsstrategie zur Stabilisierung der Bestände wurde von beiden Interessengruppen unterschiedlich eingeschätzt (Forst: n = 4; Naturschutz: n = 9). Im Hinblick auf das begrenzte Wissen über klimatischen Veränderungen und in Erwartung ausreichender Anpassungsfähigkeit der heimischen Baumarten wird von mehreren Naturschutzvertretern aus den laubholzreicheren bzw. fichtenärmeren Ländern Rheinland- Pfalz und Niedersachsen vor einem „zu schnellen Waldumbau“ gewarnt (vgl. 7.3). Naturschutzexperten aus den Ländern Bayern und Sachsen, welche einen höheren Anteil von Fichtenforsten besitzen sind hingegen der Meinung, dass die Forstwirtschaft den Waldumbau „zu langsam“ durchführt und gefährdete Bestände schnellstmöglich umgebaut werden müssen. Fast drei Viertel der Naturschutzexperten sehen die mögliche Erhöhung der Hiebssätze mit einhergehender Vorratsabsenkung vor allem in Altholzbeständen im Widerspruch mit naturschutzfachlichen Zielen. Mehrere Forstexperten vermuteten einen unmittelbaren Konflikt mit dem Naturschutz durch den großflächigen Bestockungswechsel risikoreicher, gefährdeter Bestände (F2; F6; F7). Eine erhöhte Biomassenutzung zur Förderung und Einleitung der Verjüngung wurde aus forstlicher Sicht ebenfalls als konfliktrichtig mit den divergierenden Ansprüchen des Naturschutzes erkannt (F6; F7; F14).

Die Forstexperten machten darauf aufmerksam, dass eine **Verkürzung der Produktionszeiten** das Risikopotential der klimabedingten Waldschäden mildern könnte. Diesem Aspekt wurde aus forstlicher wie naturschutzfachlicher Sicht ein hohes Maß an Konfliktrichtigkeit beigemessen (Forst: n = 6; Naturschutz: n = 6).

## Diskussion

**Naturnahe Waldbewirtschaftung** wird von allen Naturschutzverbänden im Prinzip befürwortet. Allerdings sollten die Vorgaben klarer definiert werden und nicht nur für den Staatswald verbindlich sein (LNV 2009).

In Zeiten des Klimawandels wird das Spannungsfeld bezüglich des **Anbaus fremdländischer Baumarten** noch stärker in den Vordergrund geraten. Die Befragung der Experten (siehe Kap. 5.1) ergab, dass die Douglasie künftig eine zunehmende Bedeutung in der Forstwirtschaft einnehmen könnte. Bereits heute wird diese Baumart in ihrem Flächenanteil gefördert (vgl. MLN 2004). Auf klimatischen Risikostandorten könnte nach Ansicht der Forstexperten diese Baumart als ertragreiche Alternative oder Ersatz zur Fichte, der betriebswirtschaftlich bislang wichtigsten Baumart vieler Forstbetriebe, in Betracht kommen (MLN 2004; BORCHERT & KÖLLING 2004; NÖRR 2004; HESSEN- FORST 2007; KOHNLE et al. 2008).

Den Forstexperten ist bewusst, dass der verstärkte Anbau fremdländischer Baumarten nicht mit den naturschutzfachlichen Ansprüchen übereinstimmt. Der Konflikt mit dem Naturschutz soll dadurch abgemildert werden, dass keine Reinbestände mehr geplant werden. Jedoch gibt es viele Forstpraktiker, welche aufgrund der positiven betriebswirtschaftlichen Lage, der Ertragsleistung und der geringen Schadanfälligkeit einen großflächigen Anbau bevorzugen würden.

Während aus forstlicher Sicht das Erreichen der Betriebsziele an vorderster Stelle steht, erkennt der Naturschutz im Anbau fremdländischer Arten viele negative ökologische Auswirkungen (siehe Kap. 5.4.2). Die Diskussion im Spannungsfeld zwischen Forstwirtschaft und Naturschutz konzentriert sich stark auf die Douglasie (HÖLTERMANN et al. 2008). Die wichtigsten forstlichen Zertifizierungssysteme und Naturschutzverbände haben keine grundsätzliche Ablehnung gegen die nicht-heimische Douglasie, wenn die Baumart in einem geringen Mischungsprozent eingebracht wird, keine Reinbestände angebaut werden, Pufferzonen zu Schutzgebieten bestehen und gefährdete Lebensräume durch Entfernen von angeflogener Douglasienverjüngung gesichert werden (REIF et al. 2001; KNOERZER 1999b; HÖLTERMANN et al. 2008). Andere Naturschützer wie der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) sind der Meinung, dass ein Anbau fremdländischer Baumarten nicht nötig ist, da die heimischen Baumarten ausreichende Möglichkeiten für den Aufbau klimaangepasster Wälder bieten (BUND 2009). In Naturschutzgebieten, Biosphärenreservaten, Natura 2000-Gebieten, Schutzwäldern, gesetzlich geschützten Biotopen und alten Laub- und Tannenwäldern über 140 Jahren sollte nach Ansichten des BUND (2009) der Fremdländeranbau gänzlich untersagt werden.

Im Hinblick auf den **Waldumbau** gilt es, zwischen der aktiven und der passiven Anpassung an den Klimawandel zu differenzieren.

Das Ziel der aktiven Anpassung ist der gerichtete Waldumbau der gefährdeten, standortsfremden Nadelholzreinbestände in standortsgerechte, naturnahe Mischbe-

stände. Diese umzubauen wird auch von Naturschützern mit getragen. So fordert STRAUßBERGER (2007), die bestehenden Waldbauprogramme als aktive Anpassungsstrategie an die sich ändernden Klimabedingungen anzupassen und weiter zu entwickeln.

Die Strategie der passiven Anpassung der Wälder geht von weniger labilen Ausgangsbeständen aus. In diesem Fall zeichnen sich insofern Konflikte zwischen Forstwirtschaft und Naturschutz ab, als Naturschutzexperten von der Forstwirtschaft die verstärkte Integration dynamischer, natürlicher Prozesse in die Waldbausysteme fordern. Weiterhin sehen Kritiker in der unsicheren, zukünftigen klimatischen Entwicklung Risiken eines „zu schnellen“ Waldumbaus. Es wird befürchtet, dass durch übereilte Entscheidungen Bestände geschaffen werden, die langfristig nicht die gewünschte Stabilität und Biodiversität entwickeln. Umgekehrt werden in diesem Zusammenhang von der Forstwirtschaft Erwartungen geäußert, dass vom Naturschutz mehr Verständnis für die abnehmenden Planungssicherheiten der Waldwirtschaft entgegen gebracht, und dass die naturschutzfachlichen Ansprüche und Zielsetzungen realistisch eingeschätzt werden (AMERELLER et al. 2009).

Ein kontroverses Element waldbaulicher Anpassungsstrategien stellt die vorgeschlagene **Verkürzung der Produktionszeiten** dar, um das erhöhte Risiko von Sturmschäden und Pilzbefall bei Altbeständen zu reduzieren (RAU 2002; BEINHOFER 2007; BORCHERS et al. 2008; KOHNLE et al. 2008). Naturschutzfachliche Bestrebungen zielen hingegen auf eine Verlängerung der Produktionszeiten ab, da die späten Stadien der Waldentwicklung als äußerst wertvoll für die Artenvielfalt angesehen werden. Der Disput um die Länge der Produktionszeiträume ist kein neuer Konfliktpunkt, er gewinnt jedoch in Zeiten klimatischer Veränderungen an Brisanz.

### 8.1.2 Politische Rahmenbedingungen

Ein potenzielles Konfliktfeld ergibt sich hinsichtlich der politischen Rahmenbedingungen, in welche Forstwirtschaft und Naturschutz eingebunden sind. Konfliktpotentiale wurden in den Bereichen des **statischen Ansatzes der Naturschutzziele**, der **ökonomischen Ausrichtung der Forstwirtschaft**, den fortwährenden **Reformen und Umstrukturierungen der Forstverwaltungen**, sowie in der **Umsetzung und Forstschreibung der Waldbauprogramme** erkannt (Abb. 17).

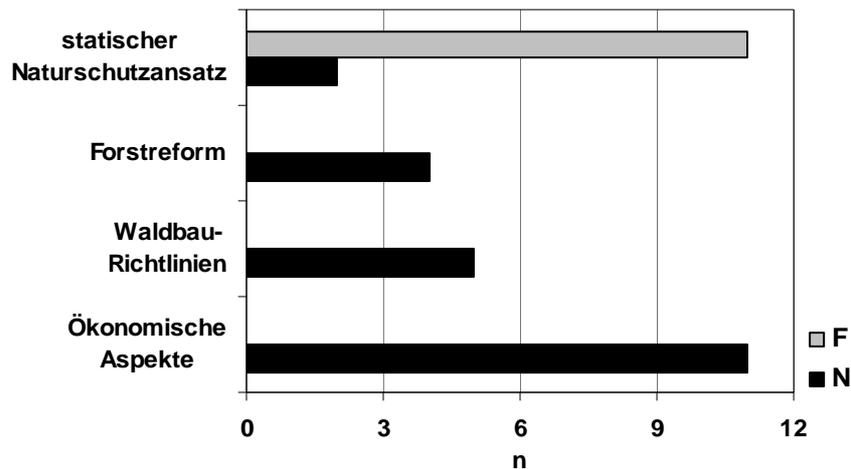


Abb. 17: Anzahl der Nennungen potentiell konflikträchtiger Aspekte der politischen Rahmenbedingungen durch die befragten Forst (F)- und Naturschutzexperten (N) (n = 28).

### Arten- und Biotopschutz

Die Ergebnisse der Befragung zeigten, dass über die Konflikträchtigkeit **statisch** eingestufte **Naturschutzziele** unterschiedliche Auffassungen vorhanden sind. Vor allem aus forstlicher Sicht wurden diese sehr kritisch wahrgenommen (n = 11). Im besonderen Fokus standen die Schutzgebiete, die nach der Fauna- Flora- Habitat-Richtlinie ausgewiesen wurden (FFH- Gebiete). Allgemein wurde das Natura 2000-Konzept positiv aufgenommen. Allerdings befürchteten die Forstexperten, dass durch veränderte Umweltbedingungen viele charakteristische, schutzbedürftige Waldlebensräume nicht erhalten werden können. Für wenig mobile Arten, welche heute schon in ihrem aktuellen Zustand nahe ihrer potentiellen Verbreitungsgrenzen leben, wurde vor dem Hintergrund des Klimawandels und des erwarteten finanziellen Aufwandes der Schutzmaßnahmen von drei Forstexperten auch deren Sinnhaftigkeit in Frage gestellt (F5, F6, F7). In diesem Zusammenhang wurde auch eine Überarbeitung der Bewirtschaftungsziele vorgeschlagen.

Dem gegenüber bestehen viele Naturschutzexperten auf einem Erhalt der Habitatqualitäten der Schutzgebiete und ihrer Artenausstattung. Lediglich zwei Naturschutzvertreter sahen im Zusammenhang mit klimabedingten Störungen Diskussionsbedarf bezüglich des Umgangs mit den „statischen“ Schutzprinzipien des Naturschutzes.

### Diskussion

Von der **Forstwirtschaft** wird in Zeiten des Klimawandels die Erhaltung der gesetzten **Arten- und Biotopschutzziele** bei dynamischen Standortsveränderungen als schwierig und diskussionswürdig angesehen. Beispielsweise vertritt die Landesforstverwaltung von Baden-Württemberg die Auffassung, dass es mit einem praxisbezogenen Verständnis von Naturschutz nicht vereinbar ist, wenn in dynamischen Wald-

Ökosystemen gegen die natürliche Entwicklung gearbeitet werden soll (SIPPEL 2004). Aus forstlicher Sicht bedeutet z.B. das Festhalten an bestimmten Waldgesellschaften, dass eine Umsetzung von geplanten waldbaulichen Anpassungsstrategien möglicherweise nicht realisiert und klimabedingte Waldschäden nicht vermieden werden können. Die Forstverwaltungen/-betriebe erkennen hierbei die Konflikte, die sich aus der Vermeidung ökologischer (Verlust von Lebensräumen und Arten), ökonomischer (finanzielle Einbußen der Forstwirtschaft) und politischer (nicht Einhaltung der Erhaltungsziele der FFH-Richtlinie) Risiken ergeben.

Der **Naturschutz** betrachtet die Aufrechterhaltung von Entwicklungszielen in Schutzgebieten im Hinblick auf den Klimawandel als weniger problematisch. Aus naturschutzfachlicher Sicht wird der Interessenskonflikt vielmehr in unsachgemäßen forstlichen Maßnahmen oder in der fehlenden Umsetzung von Managementplänen in den Natura 2000-Gebieten hervorgerufen (BUND 2007, 2008, 2009; BUSCHMANN & BAUMGARTEN 2009). WALENTOWSKI & MÜLLER-KROEHLING (2009) erwähnen, dass bei einer korrekten Erfüllung der Anforderungen an die FFH-Richtlinien die Konnektivität der Landschaft gesichert würde, den gefährdeten Arten die unbedingt notwendigen Wanderungen ermöglicht würden. Daher verlangen der Schutz und das Management dieses Schutzbietsnetzwerk aus naturschutzfachlicher Sicht höchste Aufmerksamkeit.

### **Reformen und Umstrukturierungen der Forstverwaltungen**

Die Reformen und Umstrukturierungen innerhalb der Forstverwaltungen während der letzten Jahre wurden von den Naturschützern sehr negativ bewertet. Einige der befragten Naturschützer (n = 4) vertraten die Ansicht, dass das forstliche Personal durch die Personaleinsparungen und den daraus folgenden Vergrößerungen der Forstreviere den komplexen waldbaulichen Herausforderungen, die der Klimawandel künftig an die Forstwirtschaft stellt, nicht genügend nachkommen könne. Angesichts dessen forderten die befragten Naturschützer, dass die personelle und finanzielle Ausstattung der Forstverwaltungen/-betriebe erhöht wird, damit die Auswirkungen des Klimawandels bewältigt werden könnten. Die Forstexperten äußerten sich nicht zu diesen Punkt.

Einige der befragten Naturschutzexperten (n = 4) kritisierten, dass die in ihren Kernsätzen als sehr gut befundenen **Waldbaukonzepte**, die auf der „Naturnahen Waldwirtschaft“ basieren, in ihren Grundsätzen durch die Forstwirtschaft verändert oder durch nicht sachgemäße Fortschreibungen „verwässert“ werden. Ein Naturschutzexperte stützte seine Aussage darauf, dass festgeschriebene Prinzipien im Laufe der Zeit herabgestuft oder gar aus den Leitsätzen herausgenommen wurden. Ein weiterer Naturschutzexperte äußerte sich enttäuscht über die aktuelle Umsetzung der „Guten fachlichen Praxis“ und meinte, dass diese noch weiter konkretisiert werden

müsse. Keiner der 14 Forstexperten sah negative Auswirkungen in der Ausführung der bisherigen Waldbau- Konzepte.

## Diskussion

Naturschutzverbände machen die **Forstreformen und Umstrukturierung der Forstverwaltungen** und den damit zusammenhängenden Personalabbau dafür verantwortlich, dass aus ihrer Sicht die Tätigkeit der Revierförster fast ausschließlich auf die Holzernte konzentriert werde. Wegen der Vielfalt der Aufgaben könnten wichtige Aufgabenbereiche wie waldbauliche Tätigkeiten, die Kontrolle der Unternehmerleistungen oder die Anpassung der Wildbestände an das Waldökosystem nur noch vermindert wahrgenommen werden. Diese Aufgaben spielten jedoch eine entscheidende Rolle, um einen Waldumbau erfolgreich auf der Fläche umsetzen zu können (NABU 2009). Aus einer Studie des NABU (2009) zur Zustandsanalyse der Waldwirtschaft in Baden-Württemberg geht hervor, dass sich die Entwicklung im Personalbereich des Staatswaldes in den nächsten Jahren nicht verbessern werde. Eine deutliche Zunahme des Durchschnittsalters des Forstpersonales wäre die Folge. Nur eine Verjüngung des Forstpersonals könne die stockende Weiterentwicklung des Waldbaus aufhalten und für eine zukunftsfähige Waldwirtschaft sorgen (LNV 2009; NABU 2009). Die befragten Forstpraktiker äußerten sich zwar nicht zu den Umstrukturierungen der Forstreformen, aber es scheint selbstverständlich, dass durch den Klimawandel waldbauliche Herausforderungen entstehen, welche nur mit gut ausgebildetem Personal bewältigt werden können.

Anmerkung: Der Punkt der Forstreformen wurde in den Interviews mit den Forstexperten von diesen nicht angesprochen. Jedoch ist es nicht angebracht unbedingt von einem Konfliktfeld mit Forstexperten zu sprechen. Auch viele Akteure der Forstwirtschaft haben das Interesse, mit mehr und jüngerem Personal die Herausforderungen der Zukunft anzugehen.

## Ökonomische Aspekte

Die meisten befragten Naturschutzexperten (n = 11) sahen in der starken **wirtschaftlichen Orientierung der Forstwirtschaft** Probleme in der Umsetzung der komplexen waldbaulichen Aufgaben, welche in Zeiten des Klimawandels an die Forstverwaltungen und -betriebe gestellt werden. Keiner der Forstexperten führte in den Interviews diesen Aspekt an. Drei Experten des Naturschutzes verurteilten die aus ihrer Sicht „nicht sachgemäße Durchführung“ der multifunktionalen Forstwirtschaft, in der die Erfüllung der Ertragsfunktion zu sehr im Vordergrund stehe. Des Weiteren wurde von zwei Experten vermutet, dass durch eine erhöhte Nutzungsintensität der Grundsatz der Nachhaltigkeit zu wenig Beachtung fände. Den ausreichenden Schutz abiotischer Ressourcen sahen die Naturschützer durch die „zunehmende Ökonomisierung“ im Forstbetrieb ebenfalls gefährdet. Die zunehmende Mechanisierung der Holzernte und die Erschließung des Waldes mit Waldwegen und Rückegassen (N7;

N13) werden dahingehend mit Sorge betrachtet, ebenso die Zunahme der energetischen Holznutzung. Bezüglich der energetischen Nutzung von Holz sahen Naturschutzexperten ein zukünftiges Konfliktpotential zwischen der möglichen Leistung des Forstes, den Ansprüchen des Naturschutzes und der zunehmenden Brennholznachfrage der Bevölkerung (N1; N10; N14).

## Diskussion

Aus der Sicht des Naturschutzes führt eine prioritär **ökonomische Ausrichtung der Forstwirtschaft** dazu, dass die multifunktionale Forstwirtschaft nicht gleichberechtigt umgesetzt wird, so dass die Nutzfunktion auch künftig vor Schutz- und Erholungsfunktionen rangiert. In diesem Zusammenhang fordern Naturschutzverbände, dass in Bundes- und Landeswaldgesetzen Standards für eine „gute fachliche Praxis“ in der Waldwirtschaft eingeführt und festgeschrieben werden (NABU 2008; BUSCHMANN & BAUMGARTEN 2009).

Deutliche Kritik wird von Naturschutzseite an der zunehmenden Nutzung forstlicher Biomasse als Energieträger geäußert. Insbesondere wird der Nährstoffentzug durch eine „Vollbaumernte“ kritisiert (NABU 2008). Wegen der Brennholznutzung durch Selbstwerber wird befürchtet, dass hohe Verluste an Totholzstrukturen entstehen werden (MÜLLER- KROEHLING et al. 2007; NABU 2008). Eine Nutzung von abgestorbenen Biotopbäumen wird strikt abgelehnt (NABU 2008).

### 8.1.3 Integration natürlicher Entwicklungsphasen in die Waldwirtschaft

Die Debatte über die fortwährende Bereitstellung von waldnaturschutzfachlichen Requisiten wie Alt- und Totholz sowie die Integration natürlicher, eigendynamischer Entwicklungsprozesse in die Forstwirtschaft hält auch in Zeiten des Klimawandels weiter an. Über die Hälfte der befragten Naturschutzexperten (n = 8) sahen ein auch künftig anhaltendes Spannungsfeld in der Bereitstellung von Tot- und Altholz und dem gleichzeitigen Abbau von Altbeständen in Wirtschaftswäldern. Diese Unstimmigkeiten bezüglich der Leistungen der Forstwirtschaft und den naturschutzfachlichen Forderungen an Alt- und Totholz war auch einigen forstlichen Interviewpartnern bewusst (n = 5).

Während drei Naturschutzvertreter mehr Integration von eigendynamische Prozessen (Belassen von Sukzessionsflächen, Prozessschutz) in die Waldbewirtschaftung zur Anpassung an die klimatischen Änderungen forderten, sah ein Forstexperte eher Probleme bei Einbeziehung von zu vielen Prozessschutzstrategien in die Forstwirtschaft.

## Diskussion

Während die Forstwirtschaft am Holzertrag als hochrangigem Betriebsziel orientiert ist, besteht aus naturschutzfachlicher Sichtweise ein höheres Interesse an der Präsenz und Kontinuität von Tot- und Altholz. Die naturschutzfachliche Forderung einer Verlängerung von Produktionszeiträumen, um eine fortwährende Kontinuität von Altholz anzubieten, steht in unmittelbarem Konflikt mit der waldbaulichen Anpassungsstrategie der „Verkürzung der Produktionszeiten“.

Die Notwendigkeit von Alt- und Totholz für das Überleben von hoch spezialisierten Arten ist wissenschaftlich belegt (MÜLLER 2005). Eine Verlängerung der Produktionszeiten könnte auch positive Effekte für den Klimaschutz bezwecken, da die Bestände mehr Kohlenstoff im Ökosystem speichern würden.

Die Forstwirtschaft hat in Zeiten klimatischer Veränderungen dagegen Bedenken, dass durch eine Verlängerung der Produktionszeit beziehungsweise ein erhöhtes Baumalter das Risikopotential durch biotische und abiotische Faktoren steigt (RAU 2002; BEINHOFER 2007; BORCHERS et al. 2008; KOHNLE et al. 2008). Auch wächst das zunehmende Risiko der Farbkernbildung von Bäumen in Altholzbeständen. Die Forstwirtschaft hat Bedenken, dass durch mehr Altholzphasen eine frühzeitige Verjüngung der Bestände verpasst wird und die nächste Waldgeneration nicht rechtzeitig eingeleitet werden kann.

Es ist erklärtes Ziel der Bundesregierung, den Anteil der Prozessschutzgebiete im Wald stark zu erhöhen (BFN 2008; KNAPP & SPANGENBERG 2007). Dies wird aus forstlicher Sicht mit ökonomischen und naturschutzfachlichen Argumenten kritisiert. Prozessschutz beschränkt die Holznutzung, und Naturschutz im Wald sollte durch Integration und nicht durch Segregation erreicht werden.

Die Naturschützer sehen in dem Zulassen von dynamischen Prozessen auf großen Flächen des Wirtschaftswaldes eine Anpassungsstrategie an die klimatischen Verhältnisse. Durch die dynamische Waldentwicklung soll eine Selektion der Baumarten an den Klimawandel, bis hin zur Sukzession von Waldgesellschaften sowie eine genetische Anpassung durch genetische Drift und Selektion erfolgen dürfen. Diese Strategie soll zum Erhalt und zur natürlichen Weiterentwicklung der heimischen Baumarten und Waldgesellschaften beitragen.

### 8.1.4 Sonstige Konflikte

Unter „Sonstige Konflikte“ wurden weitere, von den Experten identifizierte mögliche Spannungsfelder subsumiert (Forst: n = 5; Naturschutz: n = 6). Sie betreffen den Bereich der Wildbewirtschaftung, Maßnahmen als Reaktion auf Standortsveränderung, Entwässerungen durch Grabenziehung, negative Folgen der Bodenschutzkalkung, Herbizideinsatz, Ästhetik der Wälder das Verbot von Kahlschlägen sowie die Walderschließung. Innerhalb dieser „Sammel- Kategorie“ wurde nur der Aspekt „Wald und

Wild“ mit mehrmaligen Angaben versehen (Forst: n = 2; Naturschutz: n = 3). Aufgrund dieser Tatsache wird dieser Punkt ausführlicher beschrieben.

In diesem Punkt besteht in beiden Gruppen Konsens über die Problematik: Die Schaffung klimaangepasster Wälder wird bei hohen Schalenwildbeständen, welche über der Tragfähigkeit des Waldökosystems liegen, nicht möglich sein. Die Wilddichten wurden örtlich und regional als zu hoch gesehen, eine Anpassung der Bestände an waldbauliche Ziele wurde gefordert (F7; F12). Die Forstvertreter betonten das Problem der Etablierung der Verjüngung von Baumarten, ein Konflikt mit dem Naturschutz wurde nicht gesehen.

## **Diskussion**

Die hohe Verbissbelastung beeinträchtigt den Aufbau strukturierter, widerstandsfähiger Bestände, da ein erheblicher Einfluss auf die zukünftige Baumartenzusammensetzung ausgeübt wird. Baumarten wie Eiche, Tanne und Buche, welche eine große Bedeutung für die zukünftigen Wälder haben, fallen durch den starken Verbissdruck in der Verjüngungsphase aus. Doch gerade die artenreiche Naturverjüngung von heimischen Baumarten ist die Grundlage für die Entwicklung von klimaangepassten Wäldern (STRAUßBERGER & WEIGER 2008; NABU 2009). Die risikogefährdete Fichte dagegen wird selten vom Wild verbissen und kann sich durchsetzen. In Zeiten des Klimawandels erscheint diese Waldentwicklung sowohl aus ökonomischen (Waldbesitzern) als auch aus ökologischen (naturschutzfachlichen) Gesichtspunkten kontraproduktiv (STRAUßBERGER & WEIGER 2008). Der LNV (2009) fordert, dass in allen Jagdbezirken ein Gutachten über Verbiss- und Schälsschäden durchgeführt wird und die ökologischen und ökonomischen Folgen von Wildverbiss dargelegt werden. Der Naturschutz sieht Probleme in der mangelnden Jagdausübung und einer überholten Jagdreform.

STRAUßBERGER & WEIGER (2009) kritisieren, dass nicht der Versuch unternommen wird, die Ursachen des hohen Wildverbisses abzustellen. Aus naturschutzfachlicher Sicht wird eine Überarbeitung der Jagdgesetzgebung gefordert. Ein oftmaliger Diskussionspunkt ist, ob die hohe Verbissbelastung des Wildes auf die hohen Reh- und Rotwildbestände zurückzuführen ist, oder ob in der jagdlichen Praxis schwerwiegende Fehler gemacht werden. Die hohe Beunruhigung der vielen Waldnutzerguppen führte dazu, dass das Wild seine Aktivitäten im Wald immer mehr auf die Nacht verschiebt und sich auf ungestörte Waldbereiche konzentriert. Dies führt zu erheblichen Schäden an der Verjüngung und an einer Zunahme der Schwierigkeit der Jagdausübung.

Der NABU (2008) fordert in einem Strategiepapier zur ökologischen, nachhaltigen Waldwirtschaft, dass die herkömmliche Schalenwildbewirtschaftung zu einem modernen Wildtiermanagement umorientiert werden muss. Dies würde bedeuten, dass die Bedürfnisse der Wildtiere und der Erhalt ihrer Lebensräume vor den jagdlichen Bedürfnissen stehen müssen. Wild darf nicht als Schaden angesehen werden, sondern es muss anerkannt werden, dass in einer heutigen Waldbewirtschaftung durch entsprechendes Flächenmanagement auch Bedürfnisse der heimischen Wildarten integriert werden müssen.

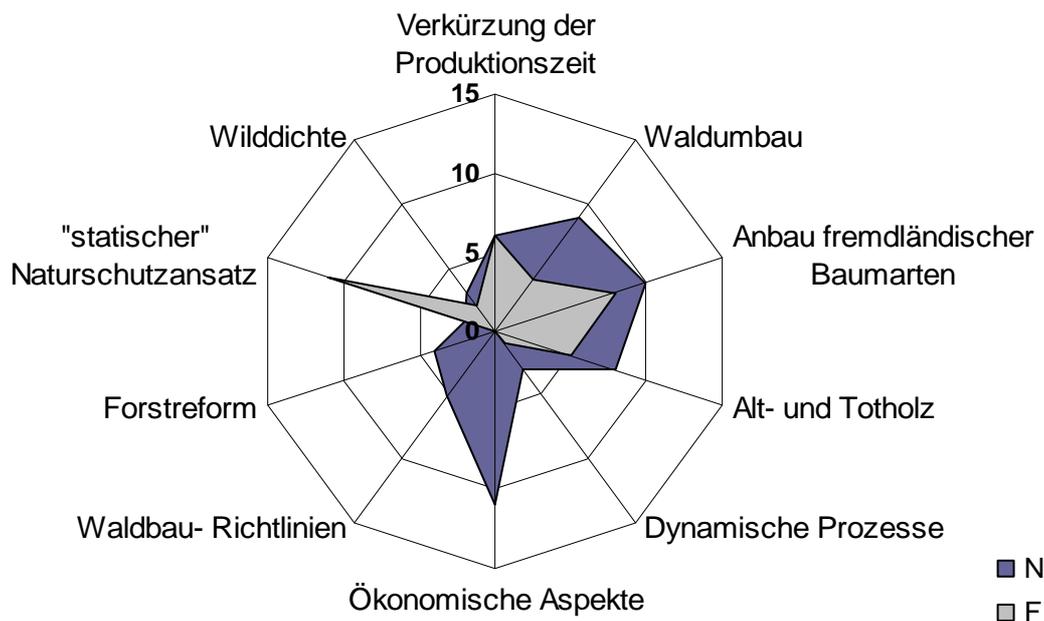


Abb. 18: Wahrnehmung der Bedeutung von möglichen Konfliktfeldern zwischen Forstwirtschaft und naturschutzfachlichen Ansprüchen in der jetzigen und zukünftigen Waldbewirtschaftung; N = Naturschutzexperten, F = Forstexperten.

## 8.2 Divergierende Interessen bei der Anpassung der Waldgesellschaften an den Klimawandel

### Zielkonflikte bei verschiedenen Waldtypen

Bei der Beantwortung der Frage, bei welchen Waldtypen zukünftig Zielkonflikte zu erwarten sind, haben beiden Interessengruppen unterschiedliche Auffassungen. Im Fokus der Diskussion stand für die Forstvertreter die künftige Bewirtschaftung der Buchen- (Forst: n = 6; Naturschutz: n = 0) und Eichenwaldtypen (Forst: n = 4; Naturschutz: n = 1). Bezüglich des Klimawandels wurde auf den unzureichenden Kenntnisstand des genetischen Potentials der Buche aufmerksam gemacht und die unsichere zukünftige Entwicklung dieser Baumart angesprochen. Bei der Eiche wurden Waldschutzprobleme als kritisch für die Zukunft von Eichenwaldtypen angesehen. In geringer Anzahl wurden naturferne Nadelholzbestände (Forst: n = 2; Naturschutz: n = 1) als potentiell konfliktträchtig erwähnt.

Nach Aussagen der Experten haben Konflikte bezüglich der Bewirtschaftung der Buchen- und Eichenwälder primär mit den politischen Rahmenbedingungen der Natura 2000- Richtlinie und den daraus resultierenden naturschutzfachlichen Forderungen zu tun. Für die Buchenwälder wurde aus der Sicht der forstlichen Experten die Kontroverse zwischen naturschutzfachlichen Forderungen für einen Nutzungsverzicht

und dem forstlichen Nutzungspotenzial hervorgehoben. Bei der Eichenwirtschaft wiesen die Förster auf die Schwierigkeit der Eichenverjüngung in FFH- Gebieten hin.

## **Diskussion**

Bis heute ungenügend bekannt und daher kontrovers diskutiert ist das genetische Potential der Buche, ihrer Angepasstheit und ihrer Anpassungsfähigkeit (RENNENBERG et al. 2004; AMMER et al. 2005). Daher werden auch Hypothesen aufgestellt, wie sich das Waldökosystem entwickeln würde, wenn es aufgrund der Umweltveränderungen zu einer Abnahme der Buchenfläche kommen würde. SCHÜTZ (2009) vermutet, dass es bei abnehmender Buchendominanz zu vielfältigeren Bestockungen kommen könnte. Ein ökologisches Schutzziel könnte daher die Schaffung von klimaangepassten artenreichen Laubmischwäldern sein, und nicht unbedingt die Erhaltung der Buchenwälder.

Allerdings wird in naher Zukunft die Buche wohl nicht abnehmen, wie von RENNENBERG et al. (2004) vermutet, sondern auf Kosten der zurück weichenden Fichtenforste an Fläche gewinnen (AMMER et al. 2005). Diese künftig eher zunehmende Buchendominanz kann aus naturschutzfachlichen Gründen kritisiert werden, da die Buche konkurrenzbedingt andere Baumarten verdrängt und zu Artenarmut führt. Gerade in Schutzgebieten ohne menschliche Eingriffe werden sich zunehmend buchendominierte Wälder ausbilden. Auch innerhalb des Naturschutzes kann es somit zu unterschiedlichen Interessenlagen bezüglich der Buchendominanz kommen.

Weitere Schwierigkeiten und Konfliktpotentiale ergeben sich bei der Erhaltung und Bewirtschaftung der Eichenwaldtypen, insbesondere in FFH- Gebieten.

Nach Ansicht fast aller Experten ist die Eiche eine Baumart, welche mit den zukünftigen klimatischen Bedingungen gut zurecht kommen wird. Entgegen der Zielforderungen des Naturschutzes steht jedoch das forstpraktische Gegenargument, dass ohne den nutzenden Eingriff des Menschen sich die Eiche im Wirtschaftswald nicht verjüngt (REIF & GÄRTNER 2007). Eine Anwendung von Kahlschlagverfahren zur Verjüngung von Eichenbeständen wäre aber keine FFH-verträgliche Bewirtschaftung (JEDICKE & HAKES 2005).

SCHÜTZ (2009) ist der Meinung, dass die Eiche in Zeiten des Klimawandels aufgrund ihrer Konkurrenzschwäche bei der Verjüngung zunehmend Probleme bekommen wird. Er vermutet, dass durch die Eutrophierung die Konkurrenzstärke der Bodenvegetation noch stärker zunehmen wird und die Eiche daher in Zeiten klimatischer Änderungen keine Flächenzunahme erfahren wird.

Auch aus Forstschutzgründen ist die Entwicklung der Eiche bezüglich der klimatischen Veränderung als unsicher anzusehen. In den Waldzustandsberichten aus dem Jahr 2008 wird die Eiche in allen befragten Bundesländern als die meist geschädigte Hauptbaumart aufgeführt (FVA 2008; MLN 2008; MLUV 2008; MUFV 2008b; StMELF 2008; SMUL 2008b). Vor allem Alteichenbestände weisen Vitalitätseinbußen durch erhöhte Fraßschäden und Kronenverlichtungsgrade auf (vgl. MLN 2008). Aufgrund dieser zunehmenden Schäden ist die Eiche trotz ihrer Trockenheitstoleranz das „Sorgenkind“ der Forstleute im Klimawandel.

## **Zielkonflikte auf Sonderstandorten**

Zukünftige Probleme sehen insbesondere Naturschutzvertreter in der Erhaltung und dem Schutz von Waldtypen auf Sonderstandorten (Forst: n = 2; Naturschutz: n = 6). Naturschutzexperten befürchten, dass besonders schützenswerte Waldtypen auf Sonderstandorten durch eine dynamische Standortsveränderung gefährdet werden und ihre spezialisierten Arten verschwinden werden (WALENTOWSKI et al. 2008).

## **Diskussion**

Die Beurteilung der Situation von Wäldern auf Sonderstandorten kann nur differenziert erfolgen. Für manche Waldtypen forderten die Naturschutzexperten, dass gravierende forstliche Eingriffe vermieden werden, da hieraus irreversible Störungen resultieren. Auf der anderen Seite können manche durch Standortsveränderung gefährdete Waldgesellschaften entweder nicht oder nur durch pflegerische Eingriffe als solche erhalten werden.

Klimaänderung wird wohl heute gefährdete „boreale“ Waldarten und –lebensräume zunehmend gefährden, Wälder auf Trockenstandorten jedoch teilweise begünstigen und damit neue Chancen für den Naturschutz entstehen lassen. Grenzertragsstandorte könnten künftig aufgrund ihrer Unwirtschaftlichkeit als Flächen außerregelmäßigen Betriebes (arB-Flächen) ausgewiesen oder ganz aus der Nutzung genommen werden. Manche gefährdeten Waldbiotope, historische Nutzungsformen und Waldbausysteme wie z.B. Mittel- und Niederwald könnten wieder belebt werden, um die Nachfrage nach Brennholz zu befrieden (NABU 2008). Auch Niederwälder zur Energieholzproduktion können naturschutzfachliche Zielsetzungen besonders auf Sonderstandorten erfüllen (MILAD et al. 2008; NABU 2008).

## **9 Schlussfolgerungen**

Angesichts mit großer Wahrscheinlichkeit zu erwartender künftiger Klimaänderungen stehen Waldbewirtschafter, Forstwissenschaftler und Naturschützer vor der Frage nach den Konsequenzen und Handlungsmöglichkeiten. Wichtig hierbei ist die Analyse, auf welchen Feldern Kooperation möglich ist, wo Konfliktpotentiale zu Konfrontationen führen können, und welche Unterschiede in Zielsetzungen konfliktfrei nebeneinander stehen. Gemeinsame Ziele ermöglichen Kooperationen und setzen Synergieeffekte frei. Interessenkonflikte führen eher zu gegenseitiger Neutralisierung, damit zu geringem Nachdruck bei Forderungen gegenüber politischen Entscheidungsträgern und reduzierten Realisierungschancen bei Umsetzungen. Wichtig ist weiterhin die Analyse der Ursachen von Differenzen, die auf Unterschiede im Wissensstand, in Interessenlagen und Werteinstellungen zurückgehen.

## Gemeinsamkeiten bei Zielen und Einschätzungen

Angesichts zunehmender Wärme und Trockenheit stimmen beide Interessengruppen in ihrer Forderung nach einer **Reduktion der Treibhausgas-Emissionen** überein. Darüber hinaus gibt es Gemeinsamkeiten in den Forderungen nach Verbesserung der Rahmenbedingungen sowie in allgemeinen Vorstellungen des Waldes der Zukunft:

(1) Insgesamt herrscht Konsens über die **grundsätzliche standörtliche Eignung der heimischen Hauptbaumarten** auch unter Annahme einer künftigen Klimaänderung (Kap. 5.2.1), und dass es zu Verschiebungen der Baumartenanteile kommen muss (Abnahme der Fichte, Zunahme der Eichen, Buchen und u.U. Weißtanne). Von beiden Gruppen wird erkannt und akzeptiert, dass **stresstolerante Baumarten** künftig wichtiger werden.

(2) Gemeinsam ist beiden Interessengruppen die Zielvorstellung eines **gemischten, reich strukturierten (ungleichaltrigen) Waldes**, welcher nach den Grundsätzen einer **naturnahen Waldwirtschaft** bewirtschaftet wird. Eine „angepasste“ Wilddichte ist hierfür eine zentrale Voraussetzung.

(3) Dass Waldnutzung auch **wirtschaftlich** sein muss, wurde von beiden Gruppen akzeptiert (Kap. 5.1). Produktionsaufwand und Betriebssicherheit wurden vor allem von Seiten der forstlichen Vertreter als wichtig genannt, die Erfüllung der Ertragsfunktion von Seiten des Naturschutzes häufiger angeführt.

## Unterschiedliche Sichtweisen und Interessenkonflikte

Die Ergebnisse der Befragungen verdeutlichten, dass beide Interessengruppen über die Planungen und Forderungen der jeweils anderen Nutzergruppe relativ gut informiert sind. Viele Konflikte werden nicht zwingend durch Anpassungsmaßnahmen an einen Klimawandel hervorgerufen. Sie beruhen vielmehr auf bereits existenten Interessensunterschieden und können in Folge der sich ändernden Klimabedingungen verschärft werden (z.B. Länge der Produktionszeiten, Alter der Bäume). In der Konkretisierung von Zielzuständen und Maßnahmen wurden die folgenden unterschiedlichen Sichtweisen und Interessenkonflikte zwischen Naturschutz- und Forstexperten explizit benannt (Tab. 15):

(1) Die **Funktion der künftigen Baumarten** wird ähnlich eingestuft, doch unterschiedlich betont (Kap. 5.1). Forstexperten unterstreichen, dass die ökologischen Ansprüche der Baumarten der Zukunft mit dem zukünftigen Standort übereinstimmen müssen. Naturschutzexperten betonen insbesondere die Funktionen des Zukunftswaldes, sie sehen Standortgerechtigkeit der Wirtschaftsbaumarten zumeist als Grundlage für stabilen, leistungsfähigen Wald, um die Naturschutz-, Umweltschutz- und Holzproduktionsziele auf standörtlicher Grundlage zu erreichen.

(2) Eine große Diskrepanz besteht hinsichtlich der **Wahl fremdländischer Baumarten** und der **Herkünfte einheimischer Baumarten**: Während Forstleute fremdländische Arten und Herkünfte stärker akzeptieren, präferiert eine Mehrheit von Naturschutzexperten ganz eindeutig standortsheimische oder heimische Baumarten und Herkünfte, soweit die zukünftigen klimatischen Gegebenheiten dies zulassen würden.

(3) Verschieden sind die Ansichten über die Zukunft von Wirtschaftswäldern in **Schutzgebieten** bzw. darüber, wie hoch der Aufwand, die Art und Weise bei forstlich-pflegerischen Eingriffen mit dem Ziel des Erhalts der Habitatqualitäten sein soll. Während der Naturschutz beispielsweise in Natura 2000-Gebieten einen „guten ökologischen Zustand“ erhalten oder schaffen will, weisen die Forstexperten auf die Probleme eines zu „statischen Naturschutzes“ in vielen Schutzgebieten hin und betonen die Notwendigkeit, natürliche Sukzessionen zulassen zu dürfen. Um sukzessionale oder gesteuerte Anpassungen der Baumartenzusammensetzung an veränderte Umweltbedingungen zu ermöglichen, welche den Waldlebensraum stark verändern, müssten die Zielsysteme überarbeitet und Bewirtschaftungseinschränkungen „auf das Notwendige reduziert“ werden.

Deutlich wird dieser Zielkonflikt am Beispiel eichenreicher Natura 2000-Gebiete, in denen Schattholzbaumarten die Eichenverjüngung „ausdunkeln“ und sich ohne menschliche Eingriffe die Buche durchsetzen würde. Ein weiteres Beispiel wären Diskussionen über den Erhalt der „borealen“ Arten in den Mittelgebirgen, wie etwa der Dreizehenspecht und das Auerhuhn im Schwarzwald.

(4) Ebenfalls verschieden sind die Ansichten zwischen Forst- und Naturschutzexperten hinsichtlich von Walddynamik in **Wirtschaftswäldern außerhalb von Schutzgebieten**.

Einige Naturschutzvertreter fordern mehr Integration von eigendynamischen Prozessen in die Waldbewirtschaftung zur Anpassung an die klimatischen Änderungen (Sukzessionen, Prozessschutzflächen, Totholz, Altholzinseln). Dies wird von forstlicher Seite oftmals abgelehnt.

(5) Die Resistenz von Beständen soll nach Ansicht von Forstexperten durch **Verkürzung der Produktionszeiten** erhöht werden, da junge Bäume vitaler, die Schadriskien kleiner und die Risiken entwertender Prozesse (z. B. Rotkernbildung der Buche) geringer sind. Naturschützer dagegen fordern ein **möglichst hohes Baum- und Bestandesalter**.

(6) Unterschiedlich gesehen werden die **politischen Rahmenbedingungen**, in welche die Waldbewirtschaftung eingebettet ist. Insbesondere die Folgen der Forstformen (Umstrukturierungen der Verwaltung, Reduzierung des Personals, Vergrößerung der Zuständigkeitsbereiche der Revierförster) und ein erhöhter ökonomischer Druck auf die Ertragsleistung der Wälder führen nach Ansicht des Naturschutzes dahingehend zu Fehlentwicklungen, dass die Grundsätze der naturnahen Waldwirt-

schaft nicht in ihrem Sinne angemessen auf der ganzen Fläche umgesetzt werden können. Derartige Kritikpunkte wurden von den Forstexperten in den Interviews nicht geäußert, selbst wenn sie teilweise ähnlich denken mögen.

**Tab. 15: Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Interessengruppen**

<b>Forstwirtschaft und -wissenschaft</b>	<b>Naturschutz</b>
grundsätzliche standörtliche Eignung heimischer Baumarten auch unter den Bedingungen eines Klimawandels	
zentrales Kriterium der Baumarteneignung ist die Angepasstheit an den Standort, einschließlich einer hohen Stresstoleranz	
Waldumbau zu strukturierten Mischbeständen	
Waldwirtschaft muss sich lohnen	
„angepasste“ Wilddichte	
Standortsansprüche der Wirtschaftsbaumarten als Grundlage für stabilen leistungsfähigen Wald, Ressourcenschutz indirekt einbezogen	Standortsgerechtigkeit bedeutet Naturnähe durch heimische Baumarten im Wald, schließt Ressourcenschutz mit ein
Standortsangepasstes, zertifiziertes Pflanzgut, Akzeptanz fremdländischer Arten und Herkünfte	(Standorts)heimische Baumarten und Herkünfte der pnV
Zulassen von sukzessionalen Veränderungen in Schutzgebieten, Vermeidung von aufwändiger Pflege. Resultierende Verschlechterungen der Zielzustände werden u.U. in Kauf genommen	Gefährdete Arten sind zu schützen, u.U. auch durch aufwändige Maßnahmen. Starkes Festhalten am „Verschlechterungsverbot“ in den Natura 2000-Gebieten
Probleme bei Einbeziehung von „zu vielen“ Prozessschutzstrategien in Wirtschaftswäldern	Vermeehrt eigendynamische Prozesse in Wirtschaftswäldern integrieren
Verkürzung der Produktionszeiten , Absenkung der Vorräte (Erhöhung der Resistenz)	Möglichst hohes Baum- und Bestandesalter (Erhöhung der Habitatqualität)
Keine Äußerung zu Forstreformen	Forstreformen als negativ bewertet

### **Unterschiedliche Sichtweisen und Zielkonflikte innerhalb der Interessengruppen**

Sowohl Forst- wie Naturschutzvertreter sind kein „monolithischer Block“. In manchen Punkten sind die internen Sichtweisen der Gruppen uneinheitlich oder divergieren (Tab. 16).

(1) Innerhalb der Naturschutzexperten ist die Befassung mit dem **Phänomen Klimawandel** sehr verschieden.

Neben Experten, die ein bestimmtes Klimaszenario als Handlungsgrundlage präferieren, stehen andere, welche die Klimaentwicklung als unbestimmter oder unbestimmbarer sehen und sich nicht festlegen (vgl. Kap. 4.1, 4.2). Forstexperten dagegen scheinen klarere Erwartungen bezüglich der Klimaszenarien zu haben, sie legen sich

genauer fest auf ein Erwärmungsszenario in Höhe von 2 °C als handlungsleitende Bezugsbasis.

(2) Einige Naturschutzexperten tolerieren einen geringen Mischungsanteil von **Fremdländern**, wenn sich der Anbau nicht in Schutzgebieten befindet, oder akzeptieren bei Klimaänderung fremdländische Baumarten auf Standorten, auf denen mit heimischen Baumarten keine Waldwirtschaft mehr betrieben werden kann. Andere Naturschutzexperten lehnen „Fremdländer“ strikt ab.

(3) Die Dringlichkeit der **waldbaulichen Anpassungsstrategien** und der Weg des **Waldumbaus** hin zum „klimastabilen“ Wald werden unterschiedlich gesehen (Kap. 5.1.4, Kap. 6).

Während Forstexperten einhellig einen mehr oder weniger raschen Waldumbau für dringlich halten, finden sich unter den Naturschutzexperten Anhänger eines schnellen und eines langsamen Waldumbaus wie des Zulassens von natürlicher Sukzession bis hin zum Akzeptieren des Zusammenbruchs der heutigen Waldbestände.

(4) Uneinheitlich ist die Einstellung der Forstexperten hinsichtlich der **Zukunft der Kiefer**.

Die Wald-Kiefer wird von den Experten der Forstwirtschaft als künftig zunehmend, als abnehmend, oder in den Anteilen gleich bleibend eingeschätzt, während sie von Seiten des Naturschutzes mehrheitlich als angepasster an eine Klimaänderung eingeschätzt wird (Kap. 5.1.2).

(5) Uneinheitlich sind beide Interessengruppen bezüglich ihrer Aussagen und Haltung zur Eiche.

Von Forst- wie von Naturschutzseite werden heimische Eichen einhellig als Baumgattung der Zukunft gesehen. Allerdings nimmt der Eichenanteil aufgrund zu teurer Verjüngungsverfahren im Wirtschaftswald ständig ab. Naturschützer beurteilen Kahlschläge mit dem Ziel der Eichenverjüngung häufig als negativ und lehnen diese ab.

(6) Uneinheitlich sind beide Interessengruppen bezüglich ihrer Aussagen über Dynamik im Wald.

Naturschutzexperten wünschen einen („statischen“) Erhalt bestehender Wertigkeiten von Habitaten und fordern gleichzeitig vermehrt die Existenz von dynamischen Prozesselementen und Requisiten der Alters- und Zerfallsphasen von Urwäldern auch in Wirtschaftswäldern. Forstexperten empfinden diese Komponenten in Wirtschaftswäldern als hinderlich für die Holzproduktion. Sie betonen hingegen die Notwendigkeit des Zulassens von Dynamik in Schutzgebieten, besonders in den FFH- Gebieten.

**Tab. 16: Unterschiedliche Sichtweisen und Gemeinsamkeiten innerhalb der Interessengruppen**

<b>Forstwirtschaft und -wissenschaft</b>	<b>Naturschutz</b>
Festlegung auf Klimaänderungs-Szenario B1 (+2 °C)	Sehr <b>unterschiedliche</b> Präferenzierung von <b>Klimaänderungs- Szenarien</b>
Durchgehend Tolerierung oder Präferenzierung fremdländischer Baumarten	Sehr unterschiedliche Einstellung gegenüber fremdländischen Baumarten (Tolerierung bis Ablehnung)
Klimaanpassung durch (raschen) Waldumbau	Klimaanpassung durch raschen oder vorsichtigen <b>Waldumbau</b> bis hin zu „Abwarten und <b>natürliche Sukzession</b> “
Kiefer wird manchmal als künftig geeignet, manchmal als ungeeignet eingestuft	Kiefer wird einhellig als auch künftig geeignete Baumart gesehen
Heimische Eichen werden einhellig als Baumgattung der Zukunft gesehen Anteil der Eichen nimmt aufgrund zu teurer Verjüngungsverfahren ab	Heimische Eichen werden einhellig als auch künftig geeignete Bäume gesehen Kahlschlag zur Eichenverjüngung wird negativ gesehen und abgelehnt
Dynamik in Schutzgebieten zulassen Requisiten der Alters- und Zerfallsphasen des Urwaldes stehen der Holzproduktion im Wege	Mehr Prozessschutz in Wirtschaftswäldern Erhalt der Habitatqualitäten in Schutzgebieten (Natura 2000)

### **Schwächen der Analysen der Interessengruppen und mögliche Ursachen**

(1) Eine Schwäche der Argumentationen von Vertretern beider Nutzergruppen besteht in der **unpräzisen und oftmals sehr unspezifischen Verwendung von Begriffen**. Begriffe wie etwa „strukturierte Mischbestände“ erschweren die Identifizierung von Sichtweisen und möglichen inhaltlichen Konflikten. Operationale Schlussfolgerungen für Handlungen können nicht gezogen werden.

Beispiel 1: Unklar bleibt die Forderung der Naturschutzseite hinsichtlich einer Präferenzierung (standorts-)heimischer Baumarten der **potentiellen natürlichen Vegetation** (pnV). Da mit der Klimaänderung indirekt auch eine Änderung des Standorts impliziert ist, wird sich auch die heutige pnV weiter zu einer neuen pnV der Zukunft entwickeln (REIF & WALENTOWSKI 2008). Dies kann beispielsweise auf manchen Standorten einen Wechsel der Baumarten oder ihrer genetischen Ausstattung bis hin zu südeuropäischen Herkunft bedeuten. Die Forderung nach Naturnähe, damit einhergehend (standorts-)heimischen Baumarten der pnV, ist ein Widerspruch in sich, wenn die heutige pnV gemeint ist.

Beispiel 2: Von Naturschutzseite wird „**Klimaplastizität**“ des Waldes relativ häufig als Ziel genannt (n = 3), ohne dass damit weitere Präzisierungen verbunden worden wären. Mit dieser unpräzisen Forderung sind praktische Umsetzungen kaum zu bewerkstelligen. Die Schaffung „klimaplastischer Wälder“ kann für manche Standorte bedeuten, dass heute noch stabile Buchenwälder nahe ihrer Trockengrenze „irgendwie“ durch Einbringen weiterer Baumarten auf ihre Zukunft vorbereitet werden. Unklar bleibt, ob neben den (standorts-)heimischen Baumarten auch Fremdländer implizit damit akzeptiert werden (beispielsweise submediterrane Baumarten, Schwarzkiefer), und welcher Aufwand überhaupt damit verbunden sein soll (natürliche Sukzession? oder Pflanzung?).

Beispiel 3: Waldumbau sagt noch nichts aus über die Qualität des Zielzustandes. Je nach angestrebter Baumartenmischung und Waldstruktur (Zieldurchmesser!) können ganz verschiedene Zustände mit ganz unterschiedlicher Wertigkeit resultieren. Aus diesen Gründen wird Waldumbau von Naturschützern teilweise gefordert, teilweise abgelehnt.

(2) Eine weitere Schwäche in den Analysen beider Gruppen besteht in der **selektiven Auswahl** und willkürlichen Gewichtung von **Kriterien** der Baumartenwahl oder der Wege des Waldumbaus. Als mögliche Ursache von selektiven Bewertungen kommen Interessenunterschiede in Frage, die dann unterschiedliche Schwerpunktsetzungen in den Umsetzungen zur Folge haben. Diese subjektive Komponente in einer ansonsten sachbezogenen Diskussion erschwert die Bildung eines Konsenses. Transparenz in der Argumentation der Landnutzerguppen ist daher essentiell (GÄRTNER et al. 2008a), auch im Umgang mit nicht genannten Aspekten.

Beispiel Naturnähe: Das Kriterium Naturnähe könnte auch von Seiten der Forstwirtschaft als gleichrangig thematisiert werden und sollte nicht weggelassen werden, wie hier geschehen.

Beispiel Wirtschaftlichkeit: Unerwartet im Rahmen dieser Studie war, dass die Forstexperten selten ( $n = 3$ ) mit der wirtschaftlichen Ertragsleistung der Wälder argumentierten, während dieser Aspekt von Naturschützern überraschend häufig ( $n = 4$ ) genannt wurde (Abb. 7). Zu überprüfen wäre, wodurch diese unerwartet niedrige Anzahl von Nennungen durch die Forstexperten zu erklären ist. Immerhin wird von stabilen Wäldern auch eine hohe Leistungsfähigkeit erwartet.

(3) Schwachpunkte von Analysen und Bewertungen sind noch **offene Forschungsfragen** sowie **fehlende Kenntnisse** über Fakten und Zusammenhänge auch bei vielen Experten.

- Modelle der Standortsveränderung durch Klimaänderung erfordern analoge Modelle der Sukzession und der künftigen Waldzustände. Sehr viele Wissensdefizite existieren, beispielsweise die Quantifizierung von Trockenheit, die reale Evapotranspiration und das Wachstum von Bäumen und Waldbeständen bei Trockenheit, oder die physiologische und ökologische Nische von Waldbäumen (z.B. Trockengrenze unter Konkurrenzbedingungen) und ihre Ursachen. Annahmen und Hilfskonstruktionen in Modellierungen geben Anlass zu divergierenden Einschätzungen.

- Während sich die Forstexperten in Studium und Beruf tagtäglich mit forstlichen Fragen befassen, haben manche Naturschutzexperten nur oberflächliche Kenntnisse dieser Materie und daher Mühe, sich bei ins Detail gehenden Argumentationen präzise auszudrücken. Beispielsweise ist es für Naturschutzexperten ohne diesen fachlichen Hintergrund wesentlich schwieriger, Kenntnisse über Wuchsleistungen der Baumarten, über waldbauliche Strategien und Behandlungsmöglichkeiten zu haben, als für Forstexperten. Und vielen Forstexperten fehlt das Detailwissen über Artenvorkommen und Lebensraumansprüche.

## **Stärken der Analysen der Interessengruppen**

Größte Stärke der Argumentation beider Waldnutzerguppen ist ihr Bestreben, Fakten und nachgewiesene Zusammenhänge als Grundlage ihrer Argumentationen zu verwenden. Alle Befragten argumentierten sachlich, soweit sie es aus ihrer jeweiligen fachlichen Position, Ausbildung und Stellung konnten. Angesichts sehr beschränkter Möglichkeiten der Prognose des Ausmaßes der Klimaänderung kann die Akzeptanz des Werkzeugs Klimamodellierung als verbindendes Element, daher als Stärke im konstruktiven inhaltlichen Dialog der beiden Interessengruppen gesehen werden.

## **Forschungsbedarf**

Fehlendes Wissen über Mechanismen und Entwicklungen beim Ablauf der Klimaänderung führt zu gesellschaftlichen Konflikten, mit Risiken behafteten Umsetzungen, damit möglicherweise zu ökonomischen Verlusten und Schäden an Natur und Umwelt. Die bereits laufenden oder geplanten Forschungsprojekte zum Klimawandel in den einzelnen Bundesländern greifen diese Wissenslücken teilweise auf. Die Mehrzahl der Forschungseinrichtungen innerhalb der Bundesländer befasst sich mit Standortmodellierungen, also Verbesserungen der standörtlichen Einschätzung des Wasserhaushalts, und der Baumarteneignung. In der Erforschung der genetischen Anpassbarkeit an Trockenheit, also in der Suche nach den Genloci, welche bei trockenresistenteren Herkünften exprimiert werden, wird ebenfalls eine wichtige Aufgabe gesehen. Folgende im Hinblick auf den Klimawandel wichtige Forschungsfragen seien genannt:

### **(1) Stresstoleranz, Anpassungsfähigkeit und Grenzen des Vorkommens der Baumarten**

Von mehreren Experten wurde zu geringes Wissen über die Stresstoleranz sowie Anpassungsfähigkeit der Baumarten und insbesondere der Grenzen ihres Vorkommens als vordringlicher Forschungsbedarf identifiziert.

Erstaunlich gering ist das Wissen um die Konkurrenzfähigkeit und die Trocken- und Wärmegrenzen der Baumarten, defizitär sind die Kenntnisse über die Interaktion der Komplexfaktoren Boden, Topographie, Großklima und Vegetation als Verursacher von Trockenheit.

Bei der Kiefer (*Pinus sylvestris*), die bislang als trockenstresstolerante Baumart galt, zeigten sich in Wärmegebieten Probleme (Kalamitäten, Schneebruch, schwaches Wachstum). Dies führte bei einigen Forstexperten zu Neubewertung der Kiefer in trocken-warmen Regionen (vgl. WALENTOWSKI et al. 2007; GÄRTNER et al. 2008 a, b).

Die heimischen Eichenarten (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) werden einhellig als Baumarten der Zukunft eingestuft. Zu wenig bekannt sind die autökologischen Ansprüche junger Eichen, insbesondere bezüglich Beschattung, Wildverbiss, Konkurrenzvegetation und unterschiedlicher Trockenheit (REIF & GÄRTNER 2007).

Ein zentrales Problem für die Modellierung des Bestandeswasserhaushaltes ist das fehlende Wissen um die aktuelle Evapotranspiration verschiedener Waldtypen und Bestandesphasen. Dies limitiert die Anwendung des „water balance model“ (ALLEN et al. 1998).

## **(2) Genausstattung und genetisch-morphologische Anpassung**

Die Genausstattung und genetisch-morphologische Anpassung der Waldbaumarten sind zu wenig bekannt. Dies betrifft insbesondere Arten und Herkünfte von heimischen trockenen Standorten.

## **(3) Dynamisierte Standortkartierung, verbesserte Wasserhaushaltmodelle**

Die Standortkartierung muss durch verbesserte Modelle insbesondere des Wasserhaushalts optimiert werden und auch topographische Unterschiede in Form eines physikalischen Modells integrieren. Damit wird eine Dynamisierung bei Klimaänderung möglich. Insbesondere die Beziehungen zwischen Einstrahlung und Evapotranspiration für verschiedene Waldtypen auf verschiedenen Standorten stellen eine große Herausforderung dar.

## **(4) Monitoring**

Um die Folgen des Klimawandels später retrospektiv analysieren zu können und damit verbesserte Modellierungen vornehmen zu können, wäre ein integriertes, langfristiges Monitoring von Standorts- und Vegetationsparametern in Naturwaldreservaten wie in Wirtschaftswäldern, dies bei verschiedenen Standorten und Waldgesellschaften, dringend notwendig. Leider findet dieses Monitoring von natürlich oder gelenkt ablaufenden ökosystemaren Veränderungen sowie die entsprechende Datenanalyse zunehmend weniger Beachtung.

## **(5) Auswirkungen des Wegebaus**

Vielfach unklar sind die Auswirkungen von forstlichem Wegebau auf den Wasserhaushalt und andere Ökosystemleistungen: Welche Auswirkungen hat die Walderschließung mit wegbegleitenden Gräben und Drainagen, insbesondere durch die Unterbrechung lateraler Hangwasserflüsse, auf den Grundwasserhaushalt?

## **(6) Auswirkungen der verstärkten Biomassennutzung**

Von beiden Akteursgruppen nur am Rande erwähnt, wurde der zukünftige zu erwartende Nährstoffentzug durch Biomassennutzung in Form von Vollbaumernten. Vor dem Hintergrund des Klimawandels wird die energetische Nutzung von z. B. Hackenschnitzel zur energetischen Verwertung zunehmend propagiert. Die Auswirkungen auf die Nährstoffflüsse und andere Ökosystemleistungen sind auch hier vielfach noch unklar.

## (7) Alternative Optionen im Waldbau

Auswirkungen von alternativen Optionen bei Waldbausystemen auf den Wasserhaushalt und andere Ökosystemleistungen:

- Unbekannt ist der Einfluss des Bestockungsgrades auf Wasserhaushalt und Naturverjüngung auf verschiedenen Standorten und in verschiedenen Waldgesellschaften.

Die Öffnung des Kronendaches kann beispielsweise die Bodenvegetation fördern und über diese den Bestandeswasserhaushalt verschlechtern (*Calamagrostis epigejos* in Kiefernwäldern).

- Was sind der optimale Bestockungsgrad, die optimale Öffnung des Kronendaches?
- Kann durch die Erweiterung des Standraums von Einzelbäumen deren Trockenheitsresistenz erhöht werden?
- Was ist die optimale Baumartenmischung?

Mischbestände weisen im Vergleich zu Reinbeständen oftmals eine höhere Produktivität auf, haben jedoch auch einen insgesamt höheren Transpirationsbedarf, so dass Trockenstress in Mischbeständen sogar noch verschärft werden könnte.

## Fazit

Die hier vorgenommene Analyse der Sichtweisen dieser beiden wichtigen Nutzergruppen zeigt, dass sowohl Gemeinsamkeiten wie auch Interessenkonflikte in Bezug auf die Anpassung der Wälder an den Klimawandel bestehen. Diese Unterschiede und Gemeinsamkeiten lassen sich wenigstens teilweise auf die unterschiedliche Bedeutung der Waldfunktionen für die Interessengruppen zurückführen:

- Anhänger der multifunktionalen Forstwirtschaft sehen in der Holzproduktion eine zentral wichtige Waldfunktion, neben der andere „ecosystem services“ wie Ressourcenschutz und Erhalt der Biodiversität stehen.
- Auch der Naturschutz akzeptiert und propagiert die Nutzung nachwachsender Rohstoffe in nachhaltiger, umweltschonender Weise. Jedoch scheint dieses Ziel gleich- oder gar nachrangig neben anderen Zielen zu stehen. Insbesondere dem Arten-, Biotop- und Prozessschutz wird von Naturschutzseite hohes Gewicht eingeräumt.
- Unterschiedliche Sichtweisen und Werteinstellungen bedürfen einer transparenten, für alle klaren Darlegung.
- Unterschiedliche Sachaussagen bedürfen einer Vielzahl von Forschungsanstrengungen. Viele davon sind nur durch interdisziplinäre Zusammenarbeit lösbar.

Konkrete **einhellige Empfehlungen aus Sicht des Naturschutzes** für den Wirtschaftswald können so zusammengefasst werden: Der Waldumbau naturferner Wälder sollte schnell erfolgen, der Umbau heute naturnaher Wälder mit großer Vorsicht durchgeführt werden, bis hin dass der Baumartenwechsel bei Klimaänderung durch Steuerung der kontinuierlich ablaufenden natürlichen Prozesse erfolgen sollte. Als

Voraussetzung hierzu sind die Wilddichten entsprechend anzupassen. Bei einem Baumartenwechsel im Waldumbau sind Baumarten und Ökotypen aus Mitteleuropa oder südlich bis südöstlich angrenzenden Regionen zu bevorzugen. Ziel sind strukturierte Mischwälder mit höheren Anteilen stresstoleranter heimischer Baumarten. Eine Einbeziehung fremdländischer Baumarten kann fallweise sinnvoll sein.

## 10 Zusammenfassung

Der Klimawandel stellt für die Forstwirtschaft, als naturgebundener Wirtschaftszweig eine große Herausforderung dar. Damit die Wälder an die veränderten klimatischen Bedingungen angepasst und die negativen Auswirkungen abgemildert werden können, müssen geeignete waldbauliche Anpassungsstrategien umgesetzt werden. Angesichts der klimatischen Situation, erscheint es wichtig, bereits im Vorfeld von umfangreichen forstlichen Umsetzungen der verschiedenen Anpassungsstrategien die geplanten bzw. bereits praktizierten Empfehlungen, Vorgehensweisen und Umsetzungen zu Baumartenwahl und Waldumbau zu analysieren, die Konfliktpunkte und Synergiepotentiale zwischen Forstleuten und Naturschützern herauszuarbeiten und Wissensdefizite zu identifizieren. Zentrale Fragen im Bezug auf den Wald sind die zukünftige Baumartenzusammensetzung und die Art und Weise der Bewirtschaftung, von der man sich die gewünschte Anpassung erwartet. Vorliegende Studie versucht die Ziele und Umsetzungsstrategien der Landesforstverwaltungen bzw. Landesforstbetriebe und die Perspektiven des amtlichen und nicht-amtlichen Naturschutzes zu analysieren sowie mögliche Konfliktfelder und Synergiebereiche zu identifizieren.

In dieser vom Bundesamt für Naturschutz finanzierten Studie (FKZ 350884) wurden die Bundesländer Baden- Württemberg, Bayern, Brandenburg, Niedersachsen, Rheinland- Pfalz und Sachsen einbezogen. Die Datengrundlage basierte auf Literaturrecherche und auf 28 (Forst: n= 14; Naturschutz: n= 14) durchgeführten Experteninterviews mit Vertretern der Forstverwaltungen/- betriebe, der Naturschutzorganisationen NABU und BUND sowie des Bundesforschungsinstituts für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (Johann Heinrich von Thünen-Institut, vTI). Die Interviews wurden in Form eines halbstrukturierten Leitfadeninterviews durchgeführt.

### **Welches Klima wird kommen?**

Während die Forstwirtschaft sich bei ihrer waldbaulichen Planung auf das Klimaänderungs-Szenario B1 (+ 2 °C) festlegt, äußerten sich die Vertreter des Naturschutzes eher indifferent oder hielten auch andere Klimaszenarien für möglich. Die Vertreter der Forstwirtschaft und des Naturschutzes sind sich aber einig, dass durch die klimatische Veränderung die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von **Extremereignissen** wie Trockenheit, Sturm, Schädlingskalamitäten und Starkregen zunehmen und es zu Verschiebungen der Baumartenanteile kommen wird.

## Standortseignung der Baumarten

Hinsichtlich der **Anpassungspotenziale der Baumarten** wurden von beiden Gruppen ähnliche Vermutungen geäußert. Die Fichte (*Picea abies*) wurde als äußerst anfällig gegenüber klimatischen Veränderungen eingestuft und wird daher Flächenanteile verlieren. Die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) wurde aus forstlicher und naturschutzfachlicher Sicht als eine Baumart eingeschätzt, welche mit den veränderten klimatischen Verhältnisse zu recht kommen wird. Die Edellaubbäume wurden von beiden Gruppen als wichtige Baumarten für die zukünftige Waldbewirtschaftung eingeordnet.

## Waldbauliche Anpassungsstrategien

Bei der Wahl der geeigneten **waldbaulichen Anpassungsstrategien** wurden Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Forstwirtschaft und Naturschutz deutlich.

- Insgesamt herrscht Konsens über die grundsätzliche standörtliche Eignung der heimischen Hauptbaumarten auch unter Annahme einer künftigen Klimaänderung, und auch, dass es zu Verschiebungen der Baumartenanteile kommen wird und muss.
- Gemeinsam ist beiden Interessengruppen die Zielvorstellung eines gemischten, reich strukturierten (ungleichaltrigen) und stabilen Waldes, welcher der Risikominimierung und Risikostreuung dienen soll.
- Unstimmigkeiten in der Wahl der waldbaulichen Anpassungsstrategien wurden vor allem im Anbau von fremdländischen Baumarten und in einer Verkürzung der Produktionszeiträume gesehen. Während Forstleute fremdländische Arten stärker akzeptierten, bevorzugten eine Mehrheit von Naturschutzexperten ganz eindeutig standortsheimische oder heimische Baumarten.
- Der Naturschutz forderte mehr Naturnähe in die Waldwirtschaft. Die Resistenz von Beständen soll nach Ansicht von Forstexperten durch Verkürzung der Produktionszeiten erhöht werden. Naturschützer dagegen fordern ein möglichst hohes Baum- und Bestandesalter.
- Aus naturschutzfachlicher Sicht wurde befürchtet, dass durch waldbauliche Anpassungsstrategien ein Verlust von **Alt- und Totholzstrukturen** einhergeht.
- Weitere unterschiedliche Sichtweisen bestehen im Umgang mit **politischen Rahmenbedingungen**, in welche die Waldbewirtschaftung eingebettet ist. Insbesondere die Folgen der Forstreformen (Umstrukturierungen der Verwaltung, Reduzierung des Personals, Vergrößerung der Zuständigkeitsbereiche der Revierförster) und ein erhöhter ökonomischer Druck auf die Ertragsleistung der Wälder führen nach Ansicht des Naturschutzes dahingehend zu Fehlentwicklungen, dass die Grundsätze der naturnahen Waldwirtschaft nicht in ihrem Sinne angemessen auf der ganzen Fläche umgesetzt werden können.
- Verschieden sind die Ansichten über die Bewirtschaftung in Schutzgebieten bzw. darüber, wie hoch der Aufwand, die Art und Weise bei forstlich- pflegerischen Eingrif-

fen mit dem Ziel des Erhalts der Habitatqualitäten sein soll. Während der Naturschutz beispielsweise in Natura 2000-Gebieten einen „guten ökologischen Zustand“ erhalten oder schaffen will, weisen die Forstexperten auf die Probleme eines zu „statischen Naturschutzes“ in vielen Schutzgebieten hin und betonen die Notwendigkeit, natürliche Sukzessionen zulassen zu dürfen. Um sukzessionale oder gesteuerte Anpassungen der Baumartenzusammensetzung an veränderte Umweltbedingungen zu ermöglichen, welche den Waldlebensraum stark verändern, müssten die Zielsysteme überarbeitet und Bewirtschaftungseinschränkungen „auf das Notwendige reduziert“ werden.

In manchen Punkten zeigten sich innerhalb der beiden Interessengruppen unterschiedliche Sichtweisen.

- Innerhalb der Forstverwaltungen/-betriebe der Länder wurden Unterschiede in der Umsetzung der waldbaulichen Anpassungsstrategien erkennbar. Es wurde unterschieden zwischen einer derzeitigen Umsetzung und Planung einer gerichteten „klimaspezifischen“ Anpassung und einem Waldumbau, welcher eine ungerichtete „klimaunspezifische“ Risikominimierung darstellt. Insgesamt betonten die Forstexperten, dass die in allen Ländern praktizierte ökologische und naturnahe Waldbewirtschaftung in ihren Grundsätzen geeignete Maßnahmen für „klimaspezifische“ Anpassungsstrategien beinhalten.

- Die Naturschutzexperten hatten unterschiedliche Vorstellung bezüglich der Umsetzung waldbaulicher Anpassungsstrategien. Es gab sowohl Anhänger eines schnellen und eines langsamen Waldumbaus wie des Zulassens von natürlicher Sukzession bis hin zum Akzeptieren des Zusammenbruchs der heutigen Waldbestände.

### **Fazit:**

Die hier vorgenommene Analyse der Sichtweisen dieser beiden wichtigen Nutzergruppen zeigt, dass sowohl Gemeinsamkeiten wie auch Interessenkonflikte in Bezug auf die Anpassung der Wälder an den Klimawandel bestehen. Diese Unterschiede und Gemeinsamkeiten lassen sich wenigstens teilweise auf die unterschiedliche Bedeutung der Waldfunktionen für die Interessengruppen zurückführen.

# 11 Verzeichnisse

## Literaturverzeichnis

- Allen R, Pereira L, Raes D, Smith M (1998) Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Rep. No. FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome.
- Amereller K, Kölling C, Bolte A, Eisenhauer D-R, Groß J, Hanewinkel M, Profft I, Röhe P (2009) Die „20 Freisinger Punkte“: gemeinsame Basis der deutschen forstlichen Ressortforschung. AFZ-DerWald 64/17: 916-918.
- Ammer C, Albrecht L, Borchert H, Brosinger F, Dittmar C, Elling W, Ewald J, Felbermeier B, Gilsa H von, Huss J, Kenk G, Kölling C, Kohnle U, Meyer P, Mosandl R, Moosmayer HU, Palmer S, Reif A, Rehfuss KE, Stimm B (2005) Zur Zukunft der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in Mitteleuropa- Kritische Anmerkungen zu einem Beitrag von RENNENBERG et al. (2004). All. Forst- u. J. Ztg., 176 Jg., 4: 60-67
- Anonymus. (2003) Die Bewirtschaftung der Fichte in der Reifephase und im Generationenwechsel im Staatswald des Landes Rheinland- Pfalz (Fichten- Konzept).
- Arbeitskreis Standortskartierung (2003) Forstliche Standortsaufnahme. Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. 6. Auflage. IHW Verlag, Eching, 352 S
- Badeck F-W, Lasch P, Hauf Y, Rock J, Suckow F, Thonicke K (2003) Steigendes klimatisches Waldbrandrisiko- Eine Prognose bis 2050. AFZ-DerWald 2: 2-5.
- Bauhus J, Forrester D, Khanna PK (2006) Der Einfluss von Baumartenmischungen auf Nährstoffkreisläufe und Bestandesproduktivität – Eine Fallstudie mit Mischbeständen aus *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. In: Ammer C, Schölch M, Mosandl R (Hrsg.) Der Beitrag des Waldbaus zur Mischwaldforschung. Beiträge zur Jahrestagung der Sektion Waldbau, Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA). Freising, 14.- 16. Sept. 2005, S. 1-13.
- Bauhus J, Puettmann K, Messier C (2009) Silviculture for old-growth attributes. For. Ecol. Management 258: 525-537.
- Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (1994) Begriffe aus Ökologie, Landnutzung und Umweltschutz. Informationen 4, Frankfurt/Main, Laufen, 139 S.
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2009) Fichtenwälder im Klimawandel. LWF Wissen 63, München, 91 S.
- Bayerisches Staatsministerium (2007) Risiken und Chancen des Klimawandels für die bayerische Land- und Forstwirtschaft. München.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2008) Bayerns Klima im Wandel - erkennen und handeln. München, 94 S.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2008) Klimaanpassung – Bayern 2020, München.

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2009) UmweltWissen – Erforschung und Vorhersage des Klimawandels, München.
- Bayerische Staatsregierung (2007) Klimaprogramm Bayern 2020. Minderung von Treibhausgasen, Anpassung an den Klimawandel, Forschung und Entwicklung.  
[http://www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/klimaprogramm2020.pdf](http://www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/klimaprogramm/doc/klimaprogramm2020.pdf).
- BaySF [Bayerische Staatsforsten AöR] (2009a) Naturschutzkonzept der Bayerischen Staatsforsten. Regensburg. 16 S.
- BaySF [Bayerische Staatsforsten AöR] (2009b) Nachhaltigkeitsbericht Bayerische Staatsforsten. Regensburg. 156 S.
- Behm A, Konnert M (o.J.) Zur Entwicklung des Herkunftsgedankens in der Forstwirtschaft und der forstgenetischen Forschung. Manuskript. 6 S.
- Beierkuhnlein C, Foken T (2008) Klimawandel in Bayern. Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten. Bayreuther Forum Ökologie 113.
- Beinhofer B (2007) Zum Einfluss von Risiko auf den optimalen Zieldurchmesser der Fichte. Forstarchiv 78: 117-124.
- Bengtsson J, Nilsson SG, Franc A, Menozzi P (2000) Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. For. Ecol. Management 132: 39-50
- Bernhart K (2007) Finanzielle Förderung des Waldumbaus. LWFaktuell 60: 40-41.
- BFN [Bundesamt für Naturschutz] (2008) Naturerbe Buchenwälder- Situationsanalyse und Handlungserfordernisse. Bundesamt für Naturschutz Bonn und Insel Vilm Oktober 2008. 51 S.
- Biermayer G (2008) Quo vadis - Forstwirtschaft im Zeichen des Klimawandels. AFZ-DerWald 15: 808-810.
- BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit] (2008) Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen.  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das\\_gesamt\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf)
- BMELV [Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft] (2009) Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ und Sonderrahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“: Maßnahmen des Küstenschutzes in Folge des Klimawandels. Bonn.  
[http://www.bundesumweltministerium.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das\\_gesamt\\_bf.pdf](http://www.bundesumweltministerium.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf) [zitiert am 21.12.09]
- BMVEL [Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft] (2004) Die zweite Bundeswaldinventur- BWI<sup>2</sup>. Das Wichtigste in Kürze. Bonn
- Bolte A, Ibisch P, Menzel A, Rothe A (2008) Was Klimahüllen uns verschweigen. AFZ-DerWald 15: 800-802.

- Bolte A, Eisenhauer D-R, Ehrhart H-P, Gross J, Hanewinkel M, Kölling C, Profft I, Rohde M, Röhe P, Amereller K (2009): Klimawandel und Forstwirtschaft – Übereinstimmungen und Unterschiede bei der Einschätzung der Anpassungsnotwendigkeiten und Anpassungsstrategien der Bundesländer. - Landbauforschung . vTI Agriculture and Forestry Research 59 (4): 269-278.
- Borchers J, Elbs A, Schindele G (2008) Fichte im Erwerbsforstbetrieb - Baumart mit Zukunft? Holz- Zentralblatt 44: 1229-1231.
- Borchert H, Kölling C (2004) Waldbauliche Anpassung der Wälder an den Klimawandel jetzt beginnen. LWFaktuell 43, S. 28-30.
- Bösch B (2008) KLARA, KLIWA, WETTREG – Klimaszenarien und ihre Auswirkungen auf Baden-Württemberg. FVA- einblick 01/2008 Nr 1: 12-15.
- Box EO (1981) Macroclimate and plant forms: an introduction to predictive modelling in phytogeography. Tasks for vegetation science 1. Dr. W. Junk Publishers. The Hague: Boston und London.
- Brang P, Bugmann H, Bürgi A, Mühlethaler U, Rigling A, Schwitter R (2008) Klimawandel als waldbauliche Herausforderung. Schweiz Z Forstwesen 159: 362-373.
- Breda N, Granier A, Aussenac G (1995) Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt) Liebl) Tree Physiol 15: 295–306.
- BUND [Bund für Umweltschutz und Naturschutz Deutschland] (2007) Forstwirtschaft in den Niedersächsischen Landesforsten- Defizitanalyse 2007. Teil I – Sachstand: März 2007. 37 S.
- BUND [Bund für Umweltschutz und Naturschutz Deutschland] (2008) Schwarzbuch Wald-Missstände in den Wäldern Baden- Württembergs. Stuttgart. 27 S.
- BUND [Bund für Umweltschutz und Naturschutz Deutschland] (2009) 10 Forderungen des BUND zur Novellierung des Bundeswaldgesetz. Positionspapier Stand März 2009.
- Burgbacher H (2001) Waldkonvention. Zielsetzungen, Grundsätze der Waldwirtschaft und Betriebsführung im Stadtwald Freiburg. 23 S.
- Burschel P, Huss J (2003) Grundriss des Waldbaus : ein Leitfaden für Studium und Praxis. 3., unveränd. Aufl. Stuttgart, Ulmer. 487 S.
- Buschmann H, Baumgarten H (2009) Wald, Forst- und Holzwirtschaft im Wandel, Niedersachsen spricht mit einer Stimme- Gemeinsame Stellungnahme der Niedersächsischen Landesverbände des Bundes für Umwelt und Naturschutz (BUND) und Naturschutzbundes (NABU).
- Casper M, Grigoryan G. (2009) Auswirkungen des Klimawandels auf die Wassermenge- und Wasserqualität in Rheinland-Pfalz. Posterbeitrag am Tag der Hydrologie am 26. und 27.3.2009, Kiel.
- Cescatti A, Piutti E (1998) Silvicultural alternatives, competition regime and sensitivity to climate in a European beech forest. For Ecol Manage. 102 (2-3): 213-223.

- Cronk QCB, Fuller JL (1995) Plant Invaders. People and Plants Conservation Manual. London, Chapman & Hall. 241 S.
- Cubasch U, Fast I (2007) Perspektiven der Klimamodellierung. In: Fachbereich Geowissenschaften der Freien Universität Berlin (Hg) (2007) Der belebte Planet II, 28-35.
- Eisenhauer, D-R (2008) Staatsbetrieb Sachsenforst- Waldbaukonzept und Klimawandel. AFZ-DerWald 63/15: 814- 817
- Eisenhauer D-R, Roch T, Irrgang S, Sonnemann R, Gemballa R (2005) Bestandeszieltypen. Richtlinie für den Staatswald des Freistaates Sachsen. Landesforstpräsidium, Pirna: 56 S.
- Eisenhauer D-R, Sonnemann S (2009) Waldbaustrategien unter sich ändernden Umweltbedingungen – Leitbilder, Zielsystem und Waldentwicklungstypen. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz 8: 71-88.
- Elling W, Dittmar C (2008) Schädigung, Absterben und Erholung: Die Weisstanne im Meinungswandel. AFZ-DerWald 5: 234-238.
- Ellenberg H (1996) Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. stark veränd. u. verb. Aufl. Stuttgart, Ulmer 1095 S.
- Falk W, Dietz E, Grünert S, Schultze B, Kölling C (2008) Wo hat die Fichte genügend Wasser. Neue überregional gültige Karten des Wasserhaushalts von Fichtenbeständen verbessern die Anbauentscheidung LWF aktuell 66: 21-25.
- FAWF 2008. KlimLandRP - Klima- und Landschaftswandel in Rheinland- Pfalz. <http://www.wald-rlp.de/index.php?id=4330&L=0> (Stand: 06.11.09).
- Feske N (2009) Globale Klimasimulationen. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 25: 136 S.
- Fischer A (Hg) (1999) Die Entwicklung von Wald - Biozönosen nach Sturmwurf. Landsberg, Ecomed. 427 S.
- Fritz P (Hg) (2006) Ökologischer Waldumbau in Deutschland: Fragen, Antworten, Perspektiven. Von Jenssen, M., u.a. München, Oekom. 351 S.
- Forrester DI, Theiveyanathan S, Collopy JJ, Marcar NE (2009) Enhanced water use efficiency in a mixed Eucalyptus globulus and Acacia mearnsii plantation. For. Ecol. Management. In press.
- Frischbier N, Profft I (2008) Praxisorientierte Regionalisierung forstlich relevanter Klimawerte und -szenarien für Thüringen. Forst und Holz 63(10): 24-29.
- FVA [Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg] (2004) Herkunftsempfehlungen für forstliches Vermehrungsgut in Baden-Württemberg. 57 S.
- FVA [Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg] (2005) Differenzialdiagnostische Untersuchungen zu Eichenschäden in Baden-Württemberg-Ansprache, Faktoren, Schlussfolgerungen. Red.: Wilpert Kv, Vögtle B. Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung 61.

- FVA [Forstliche Forschungs- und Versuchsanstalt Baden-Württemberg] (2008) Waldzustandsbericht 2008 der Forstlichen Versuchs- und Versuchsanstalt Baden-Württemberg. Freiburg. 60 S.
- FVA [Forstliche Forschungs- und Versuchsanstalt Baden-Württemberg] (2009) Landesregierung informiert sich vor Ort über Waldzustand. <http://www.fva-bw.de/indexjs.html?http://www.fva-bw.de/aktuelles/newswriter/index.php?nwaction=shownews&nwmode=archiv&nwpasword=&nwlogin=&showtopic=&newsmonth=200906> (Stand 01.11.2009).
- Gates WL (2003) Ein kurzer Überblick über die Geschichte der Klimamodellierung. in: Deutscher Wetterdienst (Hg.) (2003) Numerische Klimamodelle – Was können sie, wo müssen sie verbessert werden Teil II: Modellierung natürlicher Klimaschwankungen. Meteorologische Fortbildung 29: Heft 1-4.
- Gauer J & Aldinger E (Hg) (2005) Waldökologische Naturräume Deutschlands – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke – mit Karte. - Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde u. Forstpflanzenzüchtung 43, Freiburg, 324 S.
- Gärtner S, Nill M, Prinz J, Essmann H, Reif A (2008a) Transparenz in der Landschaftsplanung - Partizipation und Verwendung eines Entscheidungsunterstützungssystems am Beispiel xerothermer Lebensräume der „Trockenaue“ am Südlichen Oberrhein. – Naturschutz und Landschaftsplanung 48 (8): 229-238.
- Gärtner S, Reif A, Nill M, Prinz J, Essmann H (2008b) Integration von Naturschutzzielen in die Landnutzung: Lösung von Zielkonflikten durch Partizipation und ein Entscheidungsunterstützungssystem - zum Erhalt der Flora und Fauna von Trockenstandorten durch Aufwertung von Kiefernwäldern in der so genannten "Trockenaue" am südlichen Oberrhein. Aachen, Shaker Verlag. 180 S.
- Geburek T (2008) Genetische Vielfalt - Rettungsringe für eine ungewisse Zukunft? Eberswalder Forstliche Schriftenreihe XXXVI. S. 27-30.
- Gemballa R, Schlutow A (2007) Überarbeitung der Forstlichen Klimagliederung Sachsens. Klimawandel und Forstwirtschaft. AFZ-DerWald 62: 822-826.
- Gilsa H von (2008) Waldbau und Klima – was tun? FVA Einblick 1: 42-43.
- Graßl H (2007) Der Klimawandel - zu schnell für jeden Baum. LWF-aktuell 60: 3-4.
- Griess O, Kurth H (1998) Terminology of forest management planning (Forsteinrichtung) : terms and definitions in German ; equivalent terms in English, French, Spanish, Italian, Portuguese, Hungarian and Japanese / Othmar Griess ; Horst Kurth. - Vienna, Austria : Internat. Union of Forestry Research Organizations, 1998. - VIII, 168 S.
- Großner M (2004) Nicht tot, aber sehr anders! Arthropodenfauna auf Douglasie und Amerikanischer Roteiche. LWF aktuell 45:10-11.
- Hanewinkel M (1996) Anforderungen an ein Konzept: Überführung von Fichtenreinbeständen in Bestände mit Dauerwaldstruktur. Planungsstrategie und deren Umsetzung AFZ-DerWald 51: 1440-1446.

- Hanewinkel M (2008) Risiko und Klimawandel. FVA- einblicke Jg.12/2008 (1):16-19.
- Häntzschel J, Franke J, Gemballa R, Bernhofer C (2006) Forstliche Klimagliederung Sachsens im Klimawandel. AFZ-DerWald 15: 830-832.
- Harvey B, Leduc A, Gauthier S, Bergeron Y (2002) Stand-landscape integration in natural disturbance-based management of the southern boreal forest. For. Ecol. Management. 155, 369–385.
- Hessen-Forst (2007): Wiederbewaldung von Sturmschadensflächen. Empfehlungen nach dem Sturm Kyrill.
- Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Nogueira M, van der Linden PJ, Dai X, Maskell K, Johnson CA (2001) Climate Change 2001. The Scientific Basis. Cambridge, University Press.
- Höltermann A, Klingenstein F, Ssymank A (2008) Naturschutzfachliche Bewertung der Douglasie aus Sicht des Bundesamtes für Naturschutz (BfN). LWF Wissen 59: 74-81.
- IPCC (2001) Climate Change 2001: Working Group III. Mitigation. Summary for Policymakers, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2007) Climate Change 2007: Working Group I. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jedicke E, Hakes W (2005) Management von Eichenwäldern im Rahmen der FFH- Richtlinie. Naturschutz und Landschaftsplanung 37: 37-45.
- Jenssen M, Hofmann G, Pommer U (2007) Die natürlichen Vegetationspotentiale Brandenburgs als Grundlage klimaplastischer Zukunftswälder. Beiträge zur Gehölkunde: 17-29.
- Jenssen M (2009) Der klimaplastische Wald im nordostdeutschen Tiefland. Strategie der forstlichen Risikovorsorge angesichts einer unvorhersagbaren Zukunft. Schlussbericht (Nr. 8.2 NKBF 98) zum Forschungsvorhaben 0330562H: „Nachhaltige Entwicklung von Waldlandschaften im Nordostdeutschen Tiefland“ (NEWAL-NET). Teilprojekt B: „Modellierung der Waldstruktur-Dynamik standortspastischer Laubmischwälder und Regionalisierung von Schlüsselparametern für eine nachhaltige Waldentwicklung in der Modellregion Nordost-Brandenburg / Südost-Mecklenburg-Vorpommern“: 117 S.
- Kahle H-P (Hg) (2008) Causes and consequences of forest growth trends in Europe: results of the RECOGNITION project. Research report / European Forest Institute 21. Leiden/ Boston, Brill. 261 S.
- Kaiser T, Purps J (1991) Der Anbau fremdländischer Baumarten aus der Sicht des Naturschutzes - diskutiert am Beispiel der Douglasie. Forst und Holz 46: 304-305.
- Kätzel R, Löffler S, Möller K (2008) Zur physiologischen Anpassungsfähigkeit der Waldkiefer. Beiträge der NW-FVA 2: 43-61.
- Klein H (2006) Wald für die Zukunft. BUND-Position 30. 2., überarb. Aufl. 81 S.

- Kleinschmit J, Racz J, Weisgerber H, Dietze W, H. D, Dimpfelmeier R (1974) Ergebnisse aus dem internationalen Douglasien-Herkunftsversuch von 1970 in der Bundesrepublik Deutschland. *Silvae Genetica* 23: 167-176.
- KLIWA (2006) Regionale Klimaszenarien für Süddeutschland: Abschätzung der Auswirkungen auf den Wasserhaushalt. KLIWA Berichte 9.
- Knapp HD, Spangenberg A (2007) Europäische Buchenwaldinitiative. Experten-Workshop zur Zukunft der Buchenwälder in Deutschland, Insel Vilm, 2.-5. Mai 2007. BfN-Skripten 222, 186 S.
- Knoke T, Ammer C, Stimm B, Mosandl R (2008) Admixing broadleaved to coniferous tree species: a review on yield, ecological stability and economics. *European Journal of Forest Research* 127: 89-101.
- Knoerzer D (1999a) Zur Naturverjüngung der Douglasie im Schwarzwald. Inventur und Analyse von Umwelt- und Konkurrenzfaktoren sowie eine naturschutzfachliche Bewertung. - Diss. Bot. 306: 283 S. + Anhang.
- Knoerzer D (1999b) Zur Einbürgerungstendenz der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) im Schwarzwald. – *Z. Ökol. u. Natursch.* 8: 31-39.
- Kohnle U, Hein S, Michiels H-G (2008) Waldbauliche Handlungsmöglichkeiten angesichts des Klimawandels. *FVA- einblicke* Jg.12/2008 (1): 52-55.
- Kölling C (2007a). Klimahüllen für 27 Waldbaumarten. *AFZ-Der Wald* 23: 1242–1245.
- Kölling C (2007b) Bäume für die Zukunft- Baumartenwahl in den Zeiten des Klimawandels. *LWFaktuell* 60: 35-37
- Kölling C (2008) Wälder im Klimawandel: Die Forstwirtschaft muss sich anpassen. In: Lozán J L, Graßl H, Jendritzky G, Karbe L, Reise K, Maier WA (Hg): *WARNSIGNAL KLIMA: Gesundheitsrisiken - Gefahren für Menschen, Tiere und Pflanzen. GEO/Wissenschaftliche Auswertungen*: 357 – 361.
- Kölling C (2009) Klimawandelanpassung in der Forstwirtschaft: Von der Vision zur Implementierung - Klimaprogramm Bayern 2020. In: Korn H, Schliep R, Stadler J (Red.): *Biodiversität und Klima– Vernetzung der Akteure in Deutschland IV - Ergebnisse und Dokumentation des 4. Workshops*. 98-100.
- Kölling C, Ammer C (2006) Waldumbau unter den Zeichen des Klimawandels. *AFZ-DerWald* 20: 1086- 1089.
- Kölling C, Bachmann M, Falk W, Grünert S, Schaller R, Tretter S, Wilhelm G (2009) Klimarisikokarten für heute und morgen. Der klimagerechte Waldumbau bekommt vorläufige Planungsunterlagen. *AFZ-DerWald* 64: 806–810.
- Kölling C, Konnerth M, Schmidt O (2008) Wald und Forstwirtschaft im Klimawandel. *AFZ-DerWald* 15: 804-807.
- Kölling C, Zimmermann L (2007) Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. *Gefahrstoffe/Reinhaltung der Luft* 67: 259-268.
- Kölling C, Zimmermann L, Walentowski H (2007) Klimawandel: Was geschieht mit Buche und Fichte? *AFZ-DerWald* 11: 584-588.

- Konnert M (2007) Herausforderung für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung: Klimawandel. AFZ-DerWald 16: 866-867.
- Kowarik I (2003) Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. Stuttgart, Ulmer. 380 S.
- Kreienkamp F, Spekat A, Enke W. (2009) Abschätzung zukünftiger Starkregenereignisse im Rahmen von Klimamodellen. Präsentation im Rahmen des Workshops Bodenschutz im Klimawandel II, Dresden.
- Kriebitzsch WU, Scholz F, Anders S, Müller J (2005) Anpassung von Wäldern an Klimaveränderungen. ForschungsReport, Ernährung Landwirtschaft Forsten 1: 22-25
- Kühne C, Bartsch N, Röhrig E (2005) Waldbauliche Behandlung der Auenwälder am Oberrhein unter besonderer Berücksichtigung der Stieleiche (*Quercus robur* L.). Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 140. J.D. Frankfurt am Main, Sauerländer's Verlag.
- Kurz WA, Dymond CC, Stinson G, Rampley GJ, Neilson ET, Carroll AL, Ebata T, Safranyik L (2008) Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. Nature 452: 987-990.
- Landesforstverwaltung Baden-Württemberg (Hg) (1999) Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen. Stuttgart. 54 S.
- Larsen JB (1986a) Das Tannensterben: Eine neue Hypothese zur Klärung des Hintergrundes dieser rätselhaften Komplexkrankheit der Weißtanne (*Abies alba* Mill.). Forstwissenschaftliches Centralblatt 105: 381- 396.
- Larsen JB (1986b) Die geographische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) Wachstumsentwicklung und Frostresistenz. Forstwissenschaftliches Centralblatt 105: 396-406.
- LFE [Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde] (2007) Waldumbaupotential im Land Brandenburg. Eberswalde.
- LFV RLP [Landesforstverwaltung Rheinland- Pfalz] (1993) Ziele und Grundsätze einer ökologischen Waldentwicklung in Rheinland- Pfalz. Aktuelle waldbauliche Richtlinien und Hinweise 1. Mainz. 7 S.
- LNv (2009) Der Weg zum Naturnahen Wald. LNv- Info 1. 7 S.
- MLUV [Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg] (Hg) (2009). Die Hainbuche im nordostdeutschen Tiefland- Wuchsverhalten und Bewirtschaftungshinweise. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 41, 129 S.
- Lüdemann G (2007) Die Große Küstentanne in den norddeutschen Bundesländern. Forst und Holz 62/6: 12-14.
- Lüpke B von (2004) Risikominderung durch Mischwälder und naturnaher Waldbau: ein Spannungsfeld. Forstarchiv 75: 43-50
- Lüpke B von (2009) Überlegungen zu Baumartenwahl und Verjüngungsverfahren bei fortschreitender Klimaänderung in Deutschland. Forstarchiv 80: 67-75.

- Matthes U, Bücking M (2008) KlimLandRP – Landesprojekt zum Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz. Umweltjournal 51: 30-33.
- Mayer HO (2006) Interview und schriftliche Befragung: Entwicklung, Durchführung und Auswertung. 5. überarb. Aufl. München, Wien, Oldenbourg. 199 S.
- MELF [Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg] (1998) Waldbaurahmenrichtlinie für den Landeswald. Potsdam.
- Michiels HG (2008) Dynamisierte Einstufung der Baumarteneignung als Grundlage für die waldbauliche Planung. FVA- einblicke, Jg.12/2008 (1): 44-48.
- Milad M, Helfrich T, Bieling C, Konold W, Pyttel P, Matthes U (2008) Entstehung und Bedeutung- Ehemalige Niederwälder in Rheinland- Pfalz. AFZ-DerWald 22: 1202- 1204.
- MLN [Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung] (2004) Langfristige ökologische Waldentwicklung - Richtlinie zur Baumartenwahl. Hannover.
- MLR [Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg] (2008) Jahresbilanz 2007- Rückblick für die Zukunft. Stuttgart.
- MLUR [Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg] (2004) Waldbau-Richtlinie 2004: „Grüner Ordner“ der Landesforstverwaltung Brandenburg. Potsdam.
- MLUV [Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg] (2005) BMBF- Forschungsverbund „Zukunftsorientierte Waldwirtschaft“: Ökologischer Waldumbau im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band XXIII. 141.S.
- MLUV [Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz] (2008) Waldzustandsbericht 2008 der Länder Brandenburg und Berlin. Potsdam. 43 S.
- MUFV [Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz] (2008a) KlimLandRP – Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz. Kurzbeschreibung des Projektes KlimLandRP, [www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/downloads/Abteilungen/E/Kurzfassung\\_KLimLandRP.pdf](http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/downloads/Abteilungen/E/Kurzfassung_KLimLandRP.pdf)
- MUFV [Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz] (2008b) Waldzustandsbericht 2008. Mainz. 56 S.
- MUNLV [Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein- Westfalen] (2003) Die Eichen-Trupppflanzung. Eine Alternative zur Bestandesbegründung von Eichenkulturen. Düsseldorf. 25 S.
- Möges M (2007) Klima - Konzept für den Staatswald. LWFaktuell 60. 42- 44.
- Möges M, Zanker T (2008) Naturnahe Forstwirtschaft im Unternehmen BaySF. AFZ- DerWald 12: 620- 622.
- Möhring B (2004) Betriebswirtschaftliche Analyse des Waldumbaus - Keine Chance für die Buche? AFZ-DerWald 18/2004: 963.

- Müller J (2005) Waldstrukturen als Steuergröße für Artengemeinschaften in kollinen bis submontanen Buchenwäldern. Dissertation, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt. Technische Universität. München.
- Müller J (2007) Zum Wasserhaushalt in Kiefernbeständen auf grundwasserfernen Sandstandorten des Nordostdeutschen Tieflandes. Vortrag bei: Aktuelle Aspekte zur Bewirtschaftung und Ökologie der Kiefer im nordostdeutschen Tiefland Fachtagung in Eberswalde vom 15. – 16. November 2007.
- Müller- Kroehling S, Walentowski H, Bußler H (2007) Waldnaturschutz im Klimawandel. Neue Herausforderungen für den Erhalt der Biodiversität. LWF aktuell 60. 30- 33.
- Müller-Kroehling S, Walentowski H, Kölling C (2009) Natürliche Fichtenwälder im Klimawandel- Hochgradig gefährdete Ökosysteme. LWF Wissen 63: 70-85.
- NABU (2008) Waldwirtschaft 2020. Perspektiven und Anforderungen aus Sicht des Naturschutzes, Berlin – Strategiepapier. 67 S.
- NABU (2009) NABU- Waldbericht 2009. Zustandsanalyse der Waldbewirtschaftung in Baden- Württemberg. Stuttgart. 28 S.
- Neale DB (2007) Genomics to tree breeding and forest health. - Current Opinion in Genetics & Development 17: 539-544.
- Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt (2004) Empfohlene Herkünfte forstlichen Vermehrungsgutes für Niedersachsen und Schleswig-Holstein (Herkunftsempfehlungen). 14 S. + Anlage.
- Niedersächsisches Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2004) Langfristige ökologische Waldentwicklung. Richtlinie zur Baumartenwahl. Aus dem Walde - Schriftenreihe Waldentwicklung Niedersachsen, 54. 145 S.
- NLF [Niedersächsische Landesforsten] (2007) 15 Jahre langfristige ökologische Waldentwicklung- Das Löwe- Programm. Braunschweig. 32 S.
- Nörr R (2004) 175 Jahre Douglasienanbau in Deutschland- Vom Exoten zur Wirtschaftsbaumart. LWF aktuell 45: 7-9.
- NW-FVA [Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt] (2008) Waldzustandsbericht 2008. Göttingen. 32 S.
- Paeth H (2007) Klimamodellsimulationen. In: Endlicher W., Gerstengabe F.-H. (Hg) 2007. Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. Potsdam.
- Pearson RG, Dawson T (2003) Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? Global Ecol. Biogeogr. 12: 361-371.
- Penuelas J, Hunt JM, Ogaya R, Jump AS (2008) Twentieth century changes of tree-ring  $\delta^{13}\text{C}$  at the southern range-edge of *Fagus sylvatica*: increasing water-use efficiency does not avoid the growth decline induced by warming at low altitudes. Global Change Biology 14 (5): 1076–1088. doi:10.1111/j.1365-2486.2008.01563.

- Perry DA, Amaranthus MP (1997) Disturbance, recovery and stability. In: Kohm, K.A., Franklin, J.F. (Eds.), *Creating a Forestry for the 21st Century. The Science of Ecosystem Management*. Island Press, Washington, DC, 31–56.
- Pistorius T (2007) Klimarelevanz der Wälder Baden- Württembergs. *AFZ-DerWald*: 580-582.
- Posch M, Hettelingh J-P, Alcamo J, Krool M (1996) Integrated scenarios of acidification and climate change in Asia and Europe. – *Global Environmental Change* 6: 375-394.
- Profft I, Frischbier N (2008) Möglichkeiten und Grenzen der Integration von Klimaszenarien in forstlichen Anpassungsstrategien an den Klimawandel. *Forst und Holz* 63(9): 22-27.
- Profft I, Baier U, Seiler M (2008) Borkenkäfer als Vitalitätsindikator für einen standortgerechten Fichtenanbau. *Forst und Holz* 63/2: 32-37.
- Puhlmann H, Morgenstern Y, Wilpert K von (2008) Trockenstressrisiko für die Waldbestände in Baden-Württemberg. *FVA-einblick Jg.12/2008 (1)*: 28-35.
- Rau H (2002) Optimierung der Umtriebszeit von Fichtenbeständen. Zunehmende Gefährdung durch Sturm berücksichtigen! *AFZ- DerWald* 57/3: 124- 125.
- Reif A, Gärtner S (2007) Die natürliche Verjüngung der laubabwerfenden Eichenarten Stieleiche (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Quercus petraea* Liebl.) – eine Literaturstudie mit besonderer Berücksichtigung der Waldweide. *Waldökologie online* 5-3: 79-116. [http://ww997.wb09.de/docs/literatur/waldoekologie\\_online.html](http://ww997.wb09.de/docs/literatur/waldoekologie_online.html)
- Reif A, Walentowski H (2008) The assessment of naturalness and its role for nature conservation and forestry in Europe. – *Waldökologie online* 6: 63-76.
- Reif A, Knoerzer D, Coch T, Suchant R (2001) Landschaftspflege in verschiedenen Lebensräumen. XIII-7.1 Wald. In: Konold W, Böcker R, Hampicke U (Hg): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*, 4. Erg.Lfg. 3/01. Landsberg: Ecomed-Verlag.
- Rennenberg H, Seiler W, Matyssek R, Gessler A, Kreuzwieser J (2004) Die Buche (*Fagus sylvatica* L.)- ein Waldbaum ohne Zukunft im südlichen Mitteleuropa? *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 175: 210- 224.
- Robinson AR, Ukrainetz NK, Kang K-Y, Mansfield SD (2007) Metabolite profiling of Douglasfir (*Pseudotsuga menziesii*) field trials reveals strong environmental and weak genetic variation. - *New Phytologist* 174: 762–773.
- Röhrig E, Bartsch N, Lüpke B von (2006) *Waldbau auf ökologischer Grundlage*. 7. vollst. aktualisierte Aufl. Stuttgart, Ulmer. 479 S.
- Roloff A (2008) Baum des Jahres 2007: die Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) – Biologie, Ökologie, Verwendung, Schäden. *Beiträge der NW-FVA* 2: 1-17.
- SaarForst Landesbetrieb (Hg) (2006) *Dicke Buchen Programm“ des SaarForst Landesbetriebs zum Schutz von Höhlenbäumen*. 2 S.
- Scherzinger W (1996) *Naturschutz im Wald: Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung*. Stuttgart: Ulmer. 447 S.

- Schmiedinger A, Bachmann M, Kölling C, Schirmer R. (2009) Verfahren zur Auswahl von Baumarten für Anbauversuche vor dem Hintergrund des Klimawandels. Forstarchiv 80: 15-22.
- Schultz J (2008) Die Ökozonen der Erde. 4., völlig neu bearbeitete Auflage, Stuttgart, Ulmer. 368 S.
- Schröpfer R, Utschig H, Zanker T (2009) Das Fichten-Konzept der BaySF. Bayerische Staatsforsten entwickeln neues Konzept zur Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen. LWF aktuell 68: 7-10.
- Schultze B, Kölling C, Dittmar C, Rötzer T, Elling W (2005) Konzept für ein neues quantitatives Verfahren zur Kennzeichnung des Wasserhaushaltes von Waldböden in Bayern: Modellierung – Regression – Regionalisierung. Forstarchiv 76: 155-163.
- Schulze E-D, Lange O-L, Oren R (Hg) (1989) Forest Decline and Air Pollution. A case study with spruce (*Picea abies*) on acid soils. Berlin/Heidelberg/New York: Springer (= Ecological Studies 77). 475 S.
- Schütz JP (2009) Die Prinzipien des naturnahen Waldbaus sind auch bei Klimawandel gültig (Essay). Schweiz Z Forstwes 160/3: 68- 73.
- Schwerdtfeger F (1981) Die Waldkrankheiten. Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes. 4., neubearbeitete Auflage. Parey, Hamburg und Berlin.
- Seitz B, Kowarik I (2003) Perspektiven für die Verwendung gebietseigener Gehölze. Neobiota 2: 3-26.
- Seppälä R, Buck A, Katila P (Hg) (2009) Adaptation of forests and people to climate change- A global assessment report. IUFRO World Series 22. 224 S.
- Sippel A (2004) Erhaltung, Wiederherstellung und Entwicklung von FFH- Waldlebensräumen. AFZ- Der Wald 1. 4-6.
- Skov F, Svenning J-C (2004) Potential impact of climatic change on the distribution of forest herbs in Europe. Ecograp. 27: 366-380.
- SMUL [Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft] (2005) Bestandeszieltypen. Richtlinie für den Staatswald des Freistaates Sachsen. Landesforstpräsidium, Pirna. 56 S.
- SMUL [Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft] (2008a) Aktionsplan Klima und Energie des Freistaates Sachsen (Stand 03.06.2008). Dresden.
- SMUL [Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft] (2008b) Waldzustandsbericht 2008. Graupa. 51 S.
- Spekat A, Enke W, Kreienkamp F (CEC) (2007) Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG (Kurztitel). UBA-FZK 204 41 138, UBA-Publikationsreihe, Dessau. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3133.pdf>
- Spellmann H, Suttmöller J, Meeseburg H (2007) Risikovorsorge im Zeichen des Klimawandels. Vorläufige Empfehlungen der NW-FVA am Beispiel des Fichtenanbaus. AFZ-DerWald 23: 1246- 1249.

- Spiecker H, Hein S, Makkonen-Spiecker K, Thies M (Hg) (2008) Valuable Broadleaved Forests in Europe. Brill, Leiden. European Forest Institute Research Report Nr. 22. 274 S.
- Ssymank A, Hauke U, Rückriem C, Schröder E, Messer D (1998) Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und der Vogelschutz-Richtlinie. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz Bd. 53.
- Stahl S, Gauckler, S (2007) Wie fit sind die Fichtenwälder in Oberschwaben für den Klimawandel? AFZ-DerWald 23: 1250- 1254.
- Starfinger U, Kowarik I (2003) *Robinia pseudoacacia* L. (Fabaceae), Robinie. pdf-Artensteckbrief. NeoFlora: Invasive gebietsfremde Pflanzen in Deutschland <http://www.floraweb.de/neoflora/handbuch/robiniapseudoacacia.html>. Zugriff am 13.11.2009.
- StMLF [Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten].(2007). Klimaprogramm Bayern 2020. Minderung von Treibhausgasen, Anpassung an den Klimawandel, Forschung und Entwicklung. <http://www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/klimaprogramm/doc/klimaprogramm2020.pdf>.
- Straußberger R (2007) Neue Wälder braucht das Land. Natur und Umwelt 2: 20- 21.
- Straußberger R, Weiger H (2008) Rückblick 2007: Waldbau oder „Weiter so“? Die naturnahe Waldwirtschaft steht vor großen Herausforderungen. Der kritische Agrarbericht 2008. 183-192.
- Straußberger R, Weiger H (2009) Rückblick 2008: Viel Schatten- wenig Licht. Über den Schutz der Wald - Biodiversität in Zeiten des Klimawandels. Der kritische Agrarbericht 2009: 193- 198.
- Teuffel K von, Baumgarten M, Hanewinkel M, Konold W, Spiecker H, Sauter HU, Wilpert von K (2005) Waldumbau für eine zukunftsorientierte Waldwirtschaft. Springer Verlag Berlin Heidelberg 422 S.
- Thompson I, Mackey B, McNulty S, Mosseler A (2009) Forest Resilience, Biodiversity, and Climate Change. A synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series no. 43, 67 pages.
- Tüxen R (1956) Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. – Angew. Pflanzensoziologie 13: 5-42.
- Usbeck T, Wohlgemuth T, Dobbertin M, Pfister C, Bürgi A, Rebetez M (2009) Increasing storm damage to forests in Switzerland from 1858 to 2007. Agricultural and Forest Meteorology 150/1: 47-55.
- Usher MB, Erz W (Hg) (1994) Erfassen und Bewerten im Naturschutz. Heidelberg: Quelle & Meyer. 340 S.
- Wagner S (2004) Klimawandel - einige Überlegungen zu waldbaulichen Strategien. Forst und Holz 59: 394- 398.
- Wagner S, Fischer H (2007) Klimawandel – wie reagiert der Waldbau? proWald: 5-7.

- Walentowski H (2008) Die Douglasie aus naturschutzfachlicher Sicht. LWF Wissen 59: 67-69.
- Walentowski H, Winter S (2007) Naturnähe im Wirtschaftswald – was ist das? Tuexenia 27: 19–26.
- Walentowski H, Müller-Kroehling S (2009) Natura2000, Biodiversität und Klimawandel - wie hängen diese Megathemen zusammen? - LWF aktuell 69: 6-7.
- Walentowski H, Kölling C, Ewald J (2007) Die Waldkiefer - bereit für den Klimawandel? LWF Wissen 57. 37-46.
- Walentowski H, Lotsch H, Meier-Uhlherr R (2008) Moore und Klimawandel- Viele Moore sitzen bereits heute auf dem Trockenen- steigende Temperaturen sind ihr Hauptfeind. LWFaktuell 67: 44- 47.
- Weiger H, Straußberger R (2006) Wie nachhaltig wirtschaftet die deutsche Forstwirtschaft? AFZ-DerWald: 433-434.
- Winkel G (2007) Waldnaturschutzpolitik in Deutschland. - Bestandsaufnahmen, Analysen und Entwurf einer Story-Line. Remagen: Kessel - Freiburger Schriften zur Forst- und Umweltpolitik Band 13. 560 S.
- Winter K (2001) Zur Arthropodenfauna in niedersächsischen Douglasienforsten I. Reinbestände in der Ostheide und im Solling. Forst und Holz 56: 355-362.
- Winter K, Finch OD, Glatz K (2001) Zur Arthropodenfauna in niedersächsischen Douglasienforsten II Mischbestände im Flachland. Forst und Holz 56: 720-726.
- Zimmermann L, Rötzer T, Hera U, Maier H, Schulz C, Kölling C (2007) Konzept für die Erstellung neuer hochaufgelöster Klimakarten für die Wälder Bayerns als Bestandteil eines forstlichen Standortinformationssystems. In: Matzarakis A, Mayer H (Hg) (2007) Proceedings zur 6. Fachtagung BIOMET des Fachausschusses Biometeorologie der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft e. V. Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg 16: 152-159.

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Grafische Darstellung des Downscaling-Verfahrens. Dieses Verfahren ist notwendig, um die grob aufgelösten globalen Klimamodelle u. a. für forstwissenschaftliche Fragestellungen in regionale Modelle zu übertragen (aus KLIWA 2006). ..... 8
- Abb. 2: Von den befragten Experten als wahrscheinlich benannte Emissionsszenarien als Grundlage für zukünftige waldbauliche und naturschutzfachliche Strategien (F = Forstexperten, N = Naturschutzexperten, kA = keine Angaben).....13
- Abb. 3: Die Nennungen der Experten bezüglich der Auswahl der jeweiligen regionalen Klimamodelle spiegelt deren Bedeutung, zumindest deren Bekanntheitsgrad wieder (F = Forstexperten, N = Naturschutzexperten, kA = keine Angaben).....14
- Abb. 4: Von den Experten genannte wichtige, in der Zukunft verstärkt zu erwartende Extremereignisse. (F= Forstexperten, N = Naturschutzexperten, kA = keine Angaben). .....15
- Abb. 5: Die im Zuge der Klimaänderung zu erwartende Zunahme der Extremereignisse wird in allen Bundesländern als wichtiges Problem gesehen und wird von der Mehrzahl der Befragten auch explizit genannt (Quelle der digitalen Ländergrenzen: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main). .....16
- Abb. 6: Darstellung der in Deutschland vorherrschenden Klimabereiche. Die Farbskala basiert auf der 1. Hauptkomponente der Verteilung von Jahresdurchschnittstemperatur und Jahresniederschlagssumme (aus: KÖLLING 2008, verändert).....21
- Abb. 7: Nach Auffassung der Naturschutz- und Forstexperten zukünftig potentiell besonders von den Auswirkungen des Klimawandels betroffene Regionen in Deutschland. Dargestellt werden die Wuchsbezirke (GAUER & ALDINGER 2005) die für die Expertennennungen relevant sind (Kartengrundlage aus KÖLLING 2008, verändert). In der Legende werden nur die Wuchsgebiete aufgeführt. Die Beschreibung der Wuchsbezirke kann GAUER & ALDINGER 2005 entnommen werden.....22
- Abb. 8: In Auflösung begriffener Buchenbestand in der hessischen Rhein-Main-Ebene südlich von Weiterstadt im Mai 2009. Grundwasserabsenkungen einhergehend mit abnehmenden Niederschlägen werden als Gründe für das großflächige Absterben angenommen.....24
- Abb. 9: Anzahl der Nennungen der, für die Ermittlung der Baumarteneignung herangezogenen Kriterien nach Hauptkategorien durch Vertreter der Forstwirtschaft (F) und des Naturschutzes (N). .....26
- Abb. 10: Kriterien zur Ermittlung der Baumarteneignung. Anzahl der Nennungen der Forstexperten (F) und der Naturschutzexperten (N) je Kriterium.....28
- Abb. 11: Anzahl an Nennungen von Edellaubbäumen, Fremdländischen Baumarten und Sonstigen Baumarten innerhalb der Expertengruppen (F = Forstwirtschaft, N = Naturschutz, BA= Baumart). .....35
- Abb. 12: Edellaubb Baumarten, die innerhalb der Expertengruppe als künftig wichtige Baumarten identifiziert wurden (F = Forstwirtschaft, N = Naturschutz).....36

Abb. 13: Häufigkeit der Nennungen der Forst- und Naturschutzexperten einzelner waldbaulicher Maßnahmen zur Anpassung von Wäldern an den Klimawandel; F = Forstexperten, N = Naturschutzexperten, BA = Baumarten. ....	54
Abb. 14: Darstellung des waldbauliches Umsetzungsprozesses von Anpassungsstrategien an den Klimawandel in den untersuchten Bundesländern (n = 6). (Wbk. = Waldbaukonzept) (Quelle der digitalen Ländergrenzen: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main). ....	62
Abb. 15: Konfliktfelder zwischen den Interessen von Naturschutz (N) und Forstwirtschaft (F). ....	71
Abb. 16: Anzahl der Nennungen von potentiellen Konfliktfeldern durch die befragten Forst- und Naturschutzexperten (n = 28) bezüglich der waldbaulichen Anpassungsstrategien der Forstwirtschaft an den Klimawandel; N = Naturschutzexperten, F = Forstexperten.	72
Abb. 17: Anzahl der Nennungen potentiell konfliktträchtiger Aspekte der politischen Rahmenbedingungen durch die befragten Forst (F)- und Naturschutzexperten (N) (n = 28). ....	75
Abb. 18: Wahrnehmung der Bedeutung von möglichen Konfliktfeldern zwischen Forstwirtschaft und naturschutzfachlichen Ansprüchen in der jetzigen und zukünftigen Waldbewirtschaftung; N = Naturschutzexperten, F = Forstexperten. ....	81

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Kernaussagen der Emissionsszenarien aus den IPCC-Berichten der Jahre 2001 und 2007 (IPCC 2001, IPCC 2007) nach BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2008), verändert .....	6
Tab. 2: Überblick über globale Klimamodelle nach FESKE 2009, verändert (G= Gitterpunkte, KL= Kontroll-Lauf [a], ZT= Zeitraum für Trendanalysen, ES=Emissionsszenarien) .....	7
Tab. 3: Absolute Waldfläche (in 1000 ha) der in die Studie einbezogenen Bundesländer (BMVEL 2004). ....	10
Tab. 4: Einrichtungen innerhalb der Bundesländer und auf Bundesebene in denen die Experteninterviews durchgeführt wurden. ....	12
Tab. 5: Einschätzung der Forst- und Naturschutzexperten bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Bedeutung der Baumarten Fichte (Fi), Kiefer (Kie), Tanne (Ta), Buche (Bu), Eiche (Ei) (Trauben- und Stieleiche), Douglasie (Dgl) und Roteiche (REi); BA= Baumarten. ....	31
Tab. 6: Stadium der Umsetzung von Anbauten mit Provenienzen heimischer Baumarten aus wärmeren Klimaten innerhalb der in die Befragung einbezogenen Bundesländer; n = Anzahl der Bundesländer. ....	38
Tab. 7: Begründungen gegen den Anbau von Provenienzen heimischer Baumarten aus wärmeren Klimaten von Seiten der Forstwirtschaft (n = 2); n = Anzahl der Nennungen. ....	39

Tab. 8: Sichtweisen des Naturschutzes über den Anbau von Provenienzen heimischer Baumarten aus wärmeren Klimaten; n = Anzahl der Nennungen.....	40
Tab. 9: Anzahl der Nennungen der Forstexperten, die auf fremdländische Baumarten entfielen, aufgeführt für die einzelnen Bundesländer. Abkürzungen der Baumarten: Dgl: Douglasie; REi: Roteiche; KTa: Küstentanne; Rob: Robinie; SKie: Schwarzkiefer; SNuss: Schwarznuss; BPa: Balsampappel, ETa: Edeltanne.....	44
Tab. 10: Aktuelle und langfristig angestrebte Baumartenzusammensetzung der Forstwirtschaft in den Bundesländern.....	45
Tab. 11: Begründungen gegen den Anbau fremdländischer Baumarten aus naturschützerischer Sicht (n = 9); n = Anzahl der Nennungen. ....	46
Tab. 12: Bedingungen aus naturschützerischer Sicht für eine Akzeptanz des Anbaus fremdländischer Baumarten (n = 5); n = Anzahl der Nennungen. ....	47
Tab. 13: Waldbauliche Anpassungsstrategien. Leitbilder, Maßnahmen der Bestandespflege sowie begleitende Maßnahmen und Ziele der Experten der Forstwirtschaft, n = Anzahl der Nennungen.....	55
Tab. 14: Waldbauliche Anpassungsstrategien. Leitbilder, Maßnahmen der Bestandespflege sowie begleitende Maßnahmen und Ziele der Experten des Naturschutzes, n = Anzahl der Nennungen.....	55
Tab. 15: Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Interessengruppen .....	86
Tab. 16: Unterschiedliche Sichtweisen und Zielkonflikte innerhalb der Interessengruppen...	88

## 12 Glossar

Angepasstheit	Eignung eines Organismus, einer Population, einer Art, einer Lebensgemeinschaft für das Überleben und die Reproduktion in den von ihnen bewohnten Lebensräumen und unter den derzeit gegebenen Umweltbedingungen in der typischen Variationsbreite (FRITZ 2006).
Anpassungsfähigkeit	Fähigkeit eines Organismus, einer Population, einer Art, einer Lebensgemeinschaft zur Anpassung an sich verändernde Lebensbedingungen über Generationen hinweg (FRITZ 2006).
autochthon	Autochthone Sippen bilden eine Teilgruppe der Indigenen. Nach SEDLAG & WEINERT (1987) (in SEITZ & KOWARIK 2003) sind sie "an Ort und Stelle entstanden". Im Gegensatz hierzu sind allochthone Organismen in einem anderen Gebiet entstanden und "sekundär in das betreffende Gebiet eingewandert, eingeschleppt oder absichtlich eingebracht worden". Dies schließt Neobiota und solche Indigene ein, die natürlicherweise in ein Gebiet eingewandert sind, in dem sie jedoch nicht entstanden sind. (SEITZ & KOWARIK 2003).
arB- Fläche	Flächen „außer regelmäßiger Bewirtschaftung“; z.B. Flächenaufgabe von Grenzertragsstandorten
Dauerwald	Strukturreiches Waldökosystem mit ständiger Überschildung des Standortes, Einzelbaumwirtschaft und Verzicht auf flächiges Vorgehen; die verschiedenen Entwicklungsstadien sind in derselben Wirtschaftseinheit zeitlich und räumlich neben- und locker übereinander geordnet (GRIESS & KURTH 1998).
Dürre	Trockenperiode, eine Zeit des Niederschlagsmangels bei gleichzeitig hoher Lufttemperatur und daher großer Verdunstung. Sie wirkt auf die Vegetation schädigend. Folgen: Verbräunung und Absterben Gewebe (Nekrose) bei akutem, starkem Wassermangel, oft nach irreversibler Welke ( <a href="http://www.waldundklima.net">www.waldundklima.net</a> ).
Emission	Übertritt luftverunreinigender Stoffe in die offene Atmosphäre (Emissionsquelle: Industrieanlage, Hausbrand, Verkehr). Auch verwendet im Zusammenhang mit Lärm, Radioaktivität, Erschütterungen und Wärme. Als Emittent wird die Quelle einer Verunreinigung bezeichnet ( <a href="http://www.waldundklima.net">www.waldundklima.net</a> , verändert).
Euthrophierung	erhöhte Nährstoffzulieferung bzw. Überversorgung/ Überdüngung mit Stickstoff (STINGLWAGNER et al. 2005)
Kalamität	Massenerkrankung von Waldbäumen durch biotische oder abiotische Schadfaktoren, welche wirtschaftliche Folgen nach sich zieht

(SCHWEDTFEGER 1981).

FFH- Richtlinie	Die <b>Flora- Fauna- Habitat-</b> Richtlinie regelt den Biotopschutz zur Erhaltung von natürlichen Lebensräumen sowie deren wildlebenden Tier- und Pflanzenarten (SSYMANK et al. 1998).
fremdländische Baumart, Gastbaumart	Exotische Baumart mit einem vom Anbaugebiet räumlich verschiedenen natürlichen Areal (SCHMIEDINGER et al. 2008).
fremdländische Baumart, Neophyt	(griechisch: neo = neu; phyton = Pflanze) gebietsfremde Pflanzenarten die später als 1492 nach Deutschland eingebracht wurde.. Pflanzen, die vor 1492 eingeführt wurden, werden als Archäophyten bezeichnet. ( <a href="http://www.floraweb.de">www.floraweb.de</a> Zugriff am 14.6.2009)
Grenzertragstandorte	Standorte, welche forstwirtschaftlich nicht rentabel sind, da nur geringe Erträge erwirtschaftet werden können oder hohe Bewirtschaftungskosten erfordern (STINGLWAGNER et al. 2005)
heimisch/ einheimisch	Sippen, die im Zuge der nacheiszeitlichen Waldgeschichte in ihrem Areal ihre Standorte ohne Zutun des Menschen besiedelt haben und hier konkurrenzfähig sind (FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME 2003)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen). Der IPCC wurde 1988 von der WMO (World Meteorological Organisation) und der UNEP (Umwelt-Programm der Vereinten Nationen) gegründet und hat seinen Sitz in Genf, Schweiz. Die bisher erschienen vier Sachstandsberichte des IPCC zur Klimaänderung geben den jeweils neusten Stand der Forschung zum Klimawandel wieder (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2008).
Klima	Das Klima eines Ortes ist die Synthese der täglichen Mittelwerte und Fluktuationen der meteorologischen Messgrößen an diesem Ort, insbesondere Temperatur, Niederschlag, Strahlung, Sonnenscheindauer, Feuchte und Wind. Es ist somit das langzeitliche statistische Verhalten dieser Messgrößen an einer bestimmten geographischen Örtlichkeit oder in einer Region bzw. der mittlere Verlauf der Witterung ( <a href="http://www.waldundklima.net">www.waldundklima.net</a> ).
Natura 2000	Kohärentes ökologisches Netz besonderer Schutzgebiete, das innerhalb der Europäischen Union errichtet wird. Sein Zweck ist der länderübergreifende Schutz gefährdeter wildlebender heimischer Pflanzen- und Tierarten und ihrer natürlichen Lebensräume. Das Schutzgebietssystem baut auf der <b>Flora- Fauna- Habitat</b> Richtlinie 92/43/EWG (FFH-Richtlinie) und der Vogelschutzrichtlinie

79/409/EWG auf (SSYMANK et al. 1998).

Produktionszeit	Geplante Zeitdauer (in Jahren) für die Erzeugung eines Produkts (im allgemeinen Holz einer bestimmten Menge, Dimension und/oder Güte) im einzelnen Waldbestand; abhängig von Standort, Baumart, Produktionsziel, Behandlung, räumliche Situation, Schadereignisse (GRIESS & KURTH 1998).
potentiell natürliche Vegetation (pnV)	Pflanzendecke, welche ohne menschlichen Einfluss heute vorhanden wäre (STINGLWAGNER et al. 2005).
Produktionsziel	Langfristig festgelegtes Planungsziel für einen Waldbestand (STINGLWAGNER et al. 2005)
Provenienz/Herkunft	autochthone oder nicht autochthone Population von Bäumen die an einem bestimmten, abgegrenzten Ort wächst und bestimmte charakteristische und genetisch fixierte Eigenschaften aufweist (STINGLWAGNER et al. 2005).
Prozessschutz	Schutz der natürlichen Abläufe im Wald (SCHERZINGER 2006)
Resilienz von Ökosystemen	die Fähigkeit eines Ökosystems nach einer Störung nach mehr oder minder langer Zeit wieder in den Ausgangszustand zurückzukehren (RÖHRIG et al. 2006).
Resistenz von Ökosystemen	die Fähigkeit eines Ökosystems Störungen, wenn auch meist in Form von Schwingungen, im Rahmen einer relativ engen Amplitude zu widerstehen (RÖHRIG et al. 2006).
standortsgerecht	wenn die ökologischen Ansprüche mit den erfassten Standortseigenschaften (Umweltbedingungen) übereinstimmen, wenn der Baum oder Baumbestand vital und bei angemessener Pflege ausreichend stabil ist und wenn er keine nachteiligen Einflüsse auf den Standort hat (synonym: standortsgemäß) (FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME 2003).
standortsheimisch	Arten oder Lebensgemeinschaften, die entsprechend den in einem bestimmten Gebiet vorhandenen abiotischen und biotischen Standortverhältnissen dort ihre natürliche Verbreitung haben, in geschichtlicher Zeit hatten oder sich auf natürliche Weise dorthin ausdehnen und sich dort über mehrere Generationen vermehren (BAYERISCHE AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE 1994).
Umtriebszeit	Spanne zwischen Begründung eines Bestandes und dessen Ernte, gilt immer für ganze Bestände, unabhängig vom Durchmesser der

	Einzelbäume (BURSCHEL & HUSS 2003).
Überführung	durch waldbauliche Maßnahmen aktiv herbeigeführter Wechsel der Betriebsform, Ziel ist eine höhere Ungleichaltrigkeit und Strukturvielfalt des Bestandes (FRITZ 2006)
Umwandlung	Wechsel von einer Baumart zu einer anderen bzw. von einem Bestandestyp zu einem anderen; wird meist auf Bestände oder einzelne Forstorte bezogen (GRIESS & KURTH 1998)
Vegetationsperiode	(Vegetationszeit): Zeitspanne, in der für Pflanzen ausreichende Wachstumsbedingungen in Abhängigkeit vom Jahresgang des Lichtes und der Temperatur gegeben sind. Dauer meist: April bis Oktober, mit zunehmender Seehöhe wird die V. verkürzt ( <a href="http://www.waldundklima.net">www.waldundklima.net</a> , verändert).
Waldschaden	Beeinträchtigung der Waldbestockung in quantitativer und qualitativer Hinsicht durch biotische oder abiotische Ereignisse (GRIESS & KURTH 1998).
Zufällige Nutzung	Keine planmäßige Holznutzung infolge von Schadereignissen (GRIESS & KURTH 1998).

# 13 Anhang

## A1: Fragebögen für die Experteninterviews

### (1) Fragebogen Forstwirtschaft

#### I Klima

1. Welche Annahmen- **Klimamodelle und Emissionsszenarien**- bilden die Grundlage Ihrer forstlichen Planung?
2. In welcher Höhe und Richtung werden Abweichungen von **Temperatur und Niederschlag** erwartet? (Mittlere Abweichungen/ Abweichungen in der Vegetationsperiode/ im Winter, Extremereignisse)
3. In welchen **geografischen Regionen** Ihres Bundeslandes und in diesem räumlichen Bezug für **welche Baumart** sehen Sie eine **besondere Betroffenheit** der Wälder durch den Klimawandel? Können Sie abschätzen **wieviel Prozent** bzw. **wieviel Hektar** der Waldfläche betroffen sein wird?
4. Welche Ansätze und Modelle verfolgen Sie, um die **Veränderung der Standorte** zu quantifizieren (z.B. länderspezifisches Boden/Wasser/Klimamodell)?

#### II Baumartenwahl und Waldbau

1. Welche **Kriterien zur Ermittlung der Baumarteneignung** werden von Ihnen herangezogen? (= **Warum** sollte eine Baumart angebaut werden?)
2. Welche **Anforderungen an eine Baumart** stehen beim Anbau im Vordergrund?
3. Welche **Baumarten** werden von Ihnen aufgrund von Klimaänderung in Zukunft (Zeithorizont bis 2050) als **standortsgerecht** angesehen? Welche Bedeutung wird diesen Baumarten in Zukunft zugewiesen? Bitte gehen sie auf die Baumarten **Fichte, Kiefer, Tanne, Buche, Eiche, Douglasie, Roteiche** sowie, wenn noch nicht genannt **weitere, Ihrer Meinung nach wichtige BA** ein.
4. Werden **Provenienzen einheimischer Baumarten** aus wärmeren Klimaten in Ihre Anbauüberlegungen einbezogen? Wenn ja, welche?
5. Planen Sie, und ggf. in welchem Ausmaß und Zeithorizont, den Anbau fremdländischer Baumarten?
6. Werden außer der Baumartenwahl noch andere **waldbauliche Anpassungsstrategien** an den Klimawandel verfolgt (z.B. Naturverjüngung, Umtriebszeit, Bestandespflege, Mischungsregulierung, Waldstruktur, Bestockungsgrad)?

### III Realisierung

1. In welchem **Zeithorizont und auf welcher Fläche sollen geplante Maßnahmen** realisiert werden? Wie wird der Umsetzungserfolg überprüft/ gibt es ein Monitoring?
2. Wie wird **Privat- und Kommunalwald** in die Überlegungen einbezogen? Gibt es **Unterschiede** in der Beratung/ den Empfehlungen für die verschiedenen Waldbesitzarten? Gibt es Unterschiede in den WET?
3. Gibt es **spezielle Programme** für den klimabedingten Waldumbau? Wenn ja, enthalten diese auch **monetäre Unterstützung** oder müssen die Mittel anderen Förderböpfen entnommen werden?

### IV Mögliche Konfliktfelder

1. Wo könnte sich aus Ihrer Sicht und Erfahrung hohes **Konfliktpotential** zwischen forstlichen Anpassungsstrategien und Naturschutzzielen ergeben?
2. Auf welchen **Standorten und bei welchen Wald(entwicklungs)typen** sind Zielkonflikte Ihrer Meinung nach am ehesten zu erwarten?

## (2) Fragebogen Naturschutz

### I Klima

1. Welche Annahmen- **Klimamodelle und Emissionsszenarien** bilden die Grundlage Ihrer naturschutzfachlichen Planung?
2. In welcher Höhe und Richtung werden Abweichungen von **Temperatur und Niederschlag** erwartet? (Mittlere Abweichungen/ Abweichungen in der Vegetationsperiode/ im Winter, Extremereignisse)
3. In welchen **geografischen Regionen** Ihres Bundeslandes und in diesem räumlichen Bezug für **welche Baumart** sehen Sie eine **besondere Betroffenheit** der Wälder durch den Klimawandel? Können Sie abschätzen **wieviel Prozent** bzw. **wieviel Hektar** der Waldfläche betroffen sein wird?
4. Welche Ansätze und Modelle verfolgen Sie, um die **Veränderung der Standorte** zu quantifizieren (z.B. länderspezifisches Boden/Wasser/Klimamodell)?

### II Baumartenwahl und Waldbau

- 1a. Wenn es darum geht, die **Eignung einer Baumart** zu ermitteln- welche **Kriterien** legen Sie an? (= **Warum** sollte eine Baumart angepflanzt werden?)

2. Welche **Anforderungen an Baumarten** sollten Ihrer Meinung nach beim Anbau im Vordergrund stehen? D.h. **WIE** muss eine Baumart beschaffen sein?
3. Welche **Baumarten** werden von Ihnen aufgrund von Klimaänderung in Zukunft (Zeithorizont bis 2050) als **standortgerecht** angesehen? Welche Bedeutung wird diesen Baumarten in Zukunft zugewiesen? Bitte gehen sie auf die Baumarten **Fichte, Kiefer, Tanne, Buche, Eiche, Douglasie, Roteiche** sowie, wenn noch nicht genannt **weitere**, Ihrer Meinung nach **wichtige Baumarten** ein.
4. Sollten **Provenienzen einheimischer Baumarten** aus wärmeren Klimaten in die Anbauüberlegungen einbezogen werden?
5. Halten Sie vor dem Hintergrund des Klimawandels den Anbau **fremdländischer Baumarten** für vertretbar? Wenn ja, in **welchem Umfang**? Wenn nein, welche Gründe führen Sie dagegen an? Welche **negativen** Folgen können sich Ihres Erachtens aus dem Anbau ergeben?
6. Welche anderen **waldbaulichen Anpassungsstrategien** außer der Baumartenwahl sollten Ihrer Ansicht nach weiterverfolgt werden?

### III Realisierung

1. Hat Ihre Institution bereits **Leitlinien** für Waldbau in Zeiten des Klimawandels erarbeitet?
2. In welchem **Zeithorizont und auf welcher Fläche** sollten Maßnahmen realisiert werden? Gibt es spezielle Programme für den klimabedingten Waldumbau, gibt es finanzielle Mittel?

### IV Mögliche Konfliktfelder

1. Wo könnte sich aus Ihrer Sicht und Erfahrung hohes **Konfliktpotential** zwischen **forstlichen Anpassungsstrategien und Naturschutzzielen** ergeben?
2. Auf **welchen Standorten** und bei welchen **Wald(entwicklungs)typen** sind **Zielkonflikte** Ihrer Meinung nach am ehesten zu erwarten?

## A 2: Ziele und Grundsätze der Waldbauprogramme für den Staatswald der untersuchten Bundesländer.

	Baden- Württemberg	Bayern	Brandenburg	Niedersach- sen	Rheinland- Pfalz	Sachsen
Erhöhung der Stabilität	X	X	X	X	X	X
Erhöhung des Anteils von Laub- und Mischbeständen	X	X	X	X	X	X
Schaffung von Strukturvielfalt	X	X	X	X	X	X
Ausnutzung des Naturverjüngungspotentials	X	X	X	X	X	X
Orientierung an Naturnähe	X	X	X	X	X	X
Waldgerechte Schalenwildbestände	X	X	X	X	X	X
Genetische Ressourcen erhalten und verbessern		X				
Verzicht auf Kahlschlag			X	X	X	X
Verzicht auf Düngung			X			X
Waldpflege und Bodenschutz	X	X	X	X	X	X
Beachtung der Standortgerechtigkeit	X	X	X	X	X	X
Einbeziehung von Naturschutzmaßnahmen	X	X	X	X	X	X
Integrierter Waldschutz	X		X	X	X	X
Unterstützung der Entwicklung von natürlichen Sukzessionsprozesse			X		X	X
Einzelstammweise Nutzung nach definierten Zielstärken			X	X	X	
Langfristige, kleinflächige Verjüngungsverfahren		X	X			X
Waldrandgestaltung und Pflege	X		X	X	X	

### Quellen:

[www.forstbw.de/landesbetrieb-forstbw/forstbw/leitbild/naturnahe-waldwirtschaft/](http://www.forstbw.de/landesbetrieb-forstbw/forstbw/leitbild/naturnahe-waldwirtschaft/) (Stand: 05.12.09)

Gilsa H von (2008): Waldbau und Klima – was tun? FVA- einblicke Jg.12/2008: 42-43.

Möges M & Zanker T (2008) Naturnahe Forstwirtschaft im Unternehmen BaySF. AFZ- DerWald 12. 620- 622.

MLUR (2004) Waldbau- Richtlinie 2004 „Grüner Ordner“ der Landesforstverwaltung Brandenburg. Potsdam. 143 S.

NLF [Niedersächsische Landesforsten] (2007) 15 Jahre langfristige ökologische Waldentwicklung- Das Löwe- Programm. Braunschweig. 32 S.

LFV RLP [Landesforstverwaltung Rheinland- Pfalz] (1993): Ziele und Grundsätze einer ökologischen Waldentwicklung in Rheinland- Pfalz. Aktuelle waldbauliche Richtlinien und Hinweise 1. Mainz. 7 S.

<http://www.wald-rlp.de/index.php?id=3179> (Stand: 17.12.09)

<http://www.forsten.sachsen.de/wald/247.htm#article408> (Stand: 14.12.09)

**A 3: Übersicht über aktuelle Klimaprojekte mit Waldbezug mit Schwerpunkten in den untersuchten Bundesländern. Weiter Klimaprojekte können der umfangreichen Projektdatenbank „KomPass“ entnommen werden (Quelle: Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung [http://www.anpassung.net/cln\\_117/DE/Home/homepage\\_node.html? nnn=true](http://www.anpassung.net/cln_117/DE/Home/homepage_node.html? nnn=true)).**

Länder	Projektkoordination	Projekte	Kurzbeschreibung und Quellen für weiterführende Informationen	Zeithorizont
Baden-Württemberg	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg	<b>Motive</b> Models for Adaptive Forest Management (Internationales Klimafolgenforschungsprojekt)	Entwicklung und Bewertung von Anpassungsstrategien für die Bewirtschaftung europäischer Wälder (14 teilnehmende EU-Länder) unter sich ändernden klimatischen Bedingungen. Szenarioanalysen und ein regionaler landschaftsbezogener Kontext bilden den Rahmen der Untersuchungen.  Quelle: <a href="http://www.pik-potsdam.de/research/research-domains/climate-impacts-and-vulnerabilities/research/news-events/start-des-internationalen-klimafolgenforschungsprojektes-motive">http://www.pik-potsdam.de/research/research-domains/climate-impacts-and-vulnerabilities/research/news-events/start-des-internationalen-klimafolgenforschungsprojektes-motive</a> (Stand 24.08.09)	Projektlaufzeit: 2009 - 2013 Zeithorizont:- Finanzvolumen: 7 Millionen Euro Auftraggeber: EU
Baden-Württemberg	Landesamt für Umweltschutz	<b>KLARA</b> Klimawandel Auswirkungen, Risiken, Anpassungen	Das Projekt identifiziert die regionale Betroffenheit des Landes Baden-Württemberg durch den Klimawandel sowie relevante Wirkdimensionen, Akteure und Sektoren einschließlich ihrer Wechselwirkungen.  Quelle: Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung - <a href="http://www.anpassung.net/cln_117/nn_1005320/SharedDocs/UDK-Dokumente/KLARA.html">http://www.anpassung.net/cln_117/nn_1005320/SharedDocs/UDK-Dokumente/KLARA.html</a> .	Projektlaufzeit: 2002 - 2005 Zeithorizont: 2001 - 2055 Auftraggeber: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
Baden-Württemberg und Bayern	Wechselnder Vorsitz der Kooperationspartner: Deutscher Wetterdienst, Umweltministerium Baden-Württemberg, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz	<b>KLIWA</b> Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft	Mit dem Kooperationsvorhaben haben sich die Länder Baden-Württemberg und Bayern zusammen mit dem Deutschen Wetterdienst das Ziel gesetzt, mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt süddeutscher Flussgebiete herauszuarbeiten, Konsequenzen aufzuzeigen und Handlungsempfehlungen abzuleiten.  Quelle: Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung - <a href="http://www.anpassung.net/cln_117/nn_1005320/SharedDocs/UDK-Dokumente/KLIWA.html">http://www.anpassung.net/cln_117/nn_1005320/SharedDocs/UDK-Dokumente/KLIWA.html</a> <a href="http://www.kliwa.de/">http://www.kliwa.de/</a>	Projektlaufzeit: seit 2007-Ende offen Zeithorizont: 2021 - 2050 Auftraggeber: -

Baden-Württemberg	Forschungszentrum Umwelt, Karlsruhe (FZU)	<b>RESTER</b> Strategies to reduce the storm risk of forests	Im Projekt wird der Einfluss des Klimawandels auf die Stärke und Auftretenswahrscheinlichkeit von Winterstürmen und die zu erwartenden Auswirkungen auf den Waldbestand in Baden-Württemberg untersucht. Durch einen Vergleich der berechneten, zukünftigen Entwicklung des Klimas mit dem Referenzzeitraum können die Auswirkungen auf die Winterstürme geprüft werden.  Quelle: <a href="http://www.anpassung.net/cln_117/nn_700802/SharedDocs/UDK-Dokumente/RESTER.html?__nnn=true">http://www.anpassung.net/cln_117/nn_700802/SharedDocs/UDK-Dokumente/RESTER.html?__nnn=true</a>	Projektlaufzeit:- Zeithorizont: 2021 - 2050 Auftraggeber: -
Bayern	Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Biogeografie	<b>BayFORKAST</b>	Im Forschungsverbund FORKAST untersuchen Wissenschaftler verschiedener Universitäten Auswirkungen des Klimas auf verschiedene Ökosysteme und ihre Funktionen.  Quelle: Bayerische Forschungsallianz <a href="http://www.bayfor.org/de/geschaeftsbereiche/forschungsverbuende/welt-des-lebens/forkast.html">http://www.bayfor.org/de/geschaeftsbereiche/forschungsverbuende/welt-des-lebens/forkast.html</a>	Projektlaufzeit: 2009 - 2011 Zeithorizont: 2021 - 2050 Auftraggeber: Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst
Bayern	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit	<b>Klimaprogramm 2020</b>	Das Programm umfasst ein Bündel an Maßnahmen, die einer Kosten-Nutzen-Abwägung und einem Abgleich mit nationalen Maßnahmen unterzogen wurden, um Finanzmittel effektiv und mit größtmöglicher Wirkung einzusetzen. Enthalten ist ein großflächiges Waldumbauprogramm.  Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit <a href="http://www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/klimaprogramm">http://www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/klimaprogramm</a>	Projektlaufzeit: 2008 - 2011 Zeithorizont: 2020 Finanzvolumen: 350 Mio. bis 2011 Auftraggeber: Bayerische Staatsregierung
Bayern	Zentrum für Wald-Forst-Holz Weihenstephan, Professur für Botanik und Vegetationskunde	<b>WINALP</b> Waldinformationssystem Nordalpen, Bayern und Tirol	Das europäische Projekt „Waldinformationssystem Nordalpen“ (WINALP) hat zum Ziel, wissenschaftliche Grundlagen für ein nachhaltiges Naturgefahrenmanagement für den Gebirgswald sowie für Präventivmaßnahmen zu erstellen.  Quelle: Bayerische Forschungsallianz <a href="http://www.bayfor.org/de/eu-projekte/projekt-winalp.php">http://www.bayfor.org/de/eu-projekte/projekt-winalp.php</a>	Projektlaufzeit: 2008 - 2011 Zeithorizont: 2021 - 2050 Auftraggeber: EU

Bayern	Hampshire County Council	<b>ESPACE</b> Planning in a changing climate	Das Projekt versucht, die Philosophie und die Praxis räumlicher Planung durch Empfehlungen zur integrativen Anpassung der Planung an den Klimawandel mitzugestalten. Die Schwerpunkte des Projektes wurden auf der regionalen und urbanen räumlichen Planung angesetzt.  Quelle: <a href="http://www.espace-project.org/Home/indexgr.htm">http://www.espace-project.org/Home/indexgr.htm</a>	Projektlaufzeit: 2003 - 2008 Zeithorizont: - Auftraggeber: EU
Brandenburg	Brandenburgische TU Cottbus	<b>OakChain</b> Nachhaltige Bewirtschaftung von Eichen-Kiefern-Mischbeständen im subkontinentalen nordostdeutschen Tiefland	Die nachhaltige Bewirtschaftung von Eichen-Kiefern-Mischbeständen im subkontinentalen Nordostdeutschen Tiefland steht im Zentrum der Untersuchungen. In diesem Rahmen wird ein gemeinsames Decision Support System für Stakeholder, das bei Entscheidungen zu Waldumbaumaßnahmen für den Praktiker eine fundierte Basis bieten soll, erarbeitet.  Quelle: <a href="http://www.oakchain.de/">http://www.oakchain.de/</a> (Stand: 24.08.09) <a href="http://www.brandenburgisches-forstmuseum.de/downloads/BLZ_Mischwaelder.pdf">http://www.brandenburgisches-forstmuseum.de/downloads/BLZ_Mischwaelder.pdf</a> (Stand: 24.08.09)	Projektlaufzeit: 2005 - 2009 Zeithorizont: - Finanzvolumen: ca. 3,5 bis 4 Millionen Euro Auftraggeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Brandenburg	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)	<b>NEWAL-NET</b> Nachhaltige Entwicklung von Waldlandschaften	NEWAL-NET erarbeitet Entscheidungshilfen für eine nachhaltige Entwicklung und Nutzung von Waldlandschaften mit Fokus auf klimaplastische Laubmischwälder, deren Struktur- und Baumartenvielfalt kommenden Generationen eine große Bandbreite an Nutzungsmöglichkeiten offen hält.  Quelle: <a href="http://www.newal-net.de/">http://www.newal-net.de/</a>	Projektlaufzeit: 2004 - 2009 Zeithorizont: - Finanzvolumen: ca. 30 Millionen Euro Auftraggeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Niedersachsen	Forschungszentrum Waldökosysteme Göttingen (FZW)	<b>KLIFF</b> Klimafolgenforschung - Szenarien für die Klimaanpassung	Der zu erwartende Klimawandel wird sich in den vielfältigen Natur- und Wirtschaftsräumen Niedersachsens in sehr unterschiedlicher Weise bemerkbar machen. Ziel von KLIFF ist es, die notwendige Wissensbasis über die Auswirkungen des Klimawandels zu schaffen, um darauf aufbauend nachhaltige Anpassungsstrategien zu entwickeln und um Wege aufzuzeigen, diese umzusetzen.  Quelle: MWK (2009): Neuer Forschungsverbund gestartet- „KLIFF“ erforscht Klimawandel in Niedersachsen. Pressemitteilung vom 31.3.09.	Projektlaufzeit: 2009 - 2013 Zeithorizont: - Finanzvolumen: bis zu 13,6 Millionen Euro Auftraggeber: Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur

Niedersachsen	Forschungszentrum Waldökosysteme Göttingen (FZW)	<b>DSS- WuK</b> Decision Support System Wald und Klimawandel - Anpassungsstrategien für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung unter sich wandelnden Klimabedingungen	Bedingt durch den globalen Klimawandel werden die Wälder in Zukunft nicht unter den gegenwärtigen Umweltbedingungen und deren Amplituden aufwachsen. Für die langlebigen, ortsgebundenen Waldökosysteme sind besonders das Ausmaß und die Geschwindigkeit des Wandels sowie die vielfältigen Wechselwirkungen, evolutionär neu und überfordern vielerorts die natürlichen Anpassungsmechanismen.  Quelle: <a href="http://www.dss-wuk.de/">http://www.dss-wuk.de/</a>	Projektlaufzeit: 2007 - 2010 Zeithorizont: - Klima Zwei / Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Rheinland-Pfalz (mit Baden-Württemberg, Bayern)	Forschungsanstalt für Forstwissenschaften und Waldwirtschaft Trippstadt (FAFW)	<b>KlimLandRP</b> Klimawandel und Landschaftswandel in Rheinland- Pfalz	"KlimLandRP" betrachtet die Vielfalt der Natur- und Kulturlandschaft in Rheinland-Pfalz, die land- und forstwirtschaftliche Nutzung eingeschlossen. Repräsentative Standorte aber auch Extreme werden untersucht.  Quelle: MUFV (2008): Klima - Umweltministerium und Potsdam-Institut kooperieren bei Erforschung des Klimawandels. Pressemitteilung 03.04.2008.	Projektlaufzeit: 2008 - 2011 Zeithorizont: - 2060 / 2110 Finanzvolumen: ca. 1,8 Millionen Euro Auftraggeber: Ministerium für Umwelt, forsten und Verbraucherschutz Rheinland- Pfalz
	Forschungsanstalt für Forstwissenschaften und Waldwirtschaft Trippstadt (FAFW)	<b>ForeStClim</b> Transnational Forestry Management Strategies in Response to Regional Climate Change Impacts	Im Rahmen einer transnationalen Zusammenarbeit zwischen 21 Partnern aus Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Luxemburg und den Niederlanden werden regionenbezogene Waldbewirtschaftungs- und Waldschutzstrategien für die künftig zu erwartenden klimatischen Bedingungen entwickelt. Damit will das Projekt einen wichtigen Beitrag zur ökonomischen und ökologischen Stabilität der Wälder in Nordwesteuropa leisten.  Quelle: <a href="http://www.forestclim.eu/index.php?id=2&amp;L=1">http://www.forestclim.eu/index.php?id=2&amp;L=1</a> (Stand: 24.08.09)	Projektlaufzeit: 2008 - 2012 Zeithorizont:- Finanzvolumen: 11,6 Millionen Euro Auftraggeber: Europäischen Union gefördertes Umweltprojekt zum Themenfeld Wald und Klimawandel