

Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel – eine Analyse von Vorschlägen aus Forstwirtschaft und Naturschutz

(Mit 1 Abbildung und 2 Tabellen)

MIRJAM MILAD^{1),✉}, HARALD SCHAICH¹⁾ und WERNER KONOLD¹⁾

(Angenommen Juni 2012)

SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

Adaptives Management; Biodiversität; Waldnaturschutz; Forstwirtschaft; Klimawandel; Deutschland.

Adaptive management; biodiversity; forest conservation; forest management; climate change; Germany.

1. EINLEITUNG

Der Klimawandel stellt Forstwirtschaft wie Naturschutz vor neue Herausforderungen. Neben einer Zunahme der Durchschnittstemperaturen in hoher Geschwindigkeit werden instabile Übergangsphasen, verbunden mit einer wahrscheinlichen Zunahme von Extremereignissen und deutlichen Temperaturschwankungen projiziert (IPCC, 2007). Es wird erwartet, dass sich Areale von (Wald-)Arten verlagern und so neue Artenzusammensetzungen entstehen werden (KAPPELLE et al., 1999). Für einige Pflanzenarten, z.B. *Ilex aquifolium* (WALTHER et al., 2005) oder Vogelarten in England (THOMAS und LENNON, 1999), wurden bereits Arealveränderungen dokumentiert. Veränderte phänologische Phasen können darüber hinaus zu Diskrepanzen bei interspezifischen Wechselbeziehungen führen (PENUÉLAS und FILELLA, 2001). Entsprechend problematisch könnte sich zukünftig der statische Schutz von Arten oder Habitaten gestalten (MILAD et al., 2011). Erschwerend kommen die mit dem Klimawandel verbundenen Unsicherheiten hinzu, die nicht nur die zukünftige Klimaentwicklung, sondern auch die Angepasstheit und Anpassungsfähigkeit bestehender Waldökosysteme betreffen. So existieren offene Fragen angesichts der Intensität und Häufigkeit von Extremereignissen wie Sturm, Waldbrand oder Insektenkalamitäten, deren Wechselwirkungen untereinander sowie den Reaktionen von Arten und Ökosystemen (JENTSCH und BEIERKUHNLEIN, 2008).

In den Publikationen, die sich mit Klimawandel und Wäldern beschäftigen, werden häufig mögliche Konsequenzen für den Waldbau thematisiert (z.B. KÖLLING, 2007; BIERMAYER, 2008; AMMER, 2009). Daneben finden sich auch Veröffentlichungen zu Naturschutz und Bio-

diversität im Kontext des Klimawandels (DOYLE und RISTOW, 2006; IBISCH und KREFT, 2008; WALENTOWSKI und MÜLLER-KROEHLING, 2009). In einem Review internationaler wissenschaftlicher Publikationen wurden mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Waldnaturschutzaspekte in gemäßigten Wäldern Europas identifiziert (MILAD et al., 2011). REIF et al. (2010) stellten in einer Interviewstudie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Forstwirtschaft und Naturschutz im Hinblick auf die Baumartenwahl und andere Anpassungsstrategien an den Klimawandel heraus. Während hinsichtlich der Vulnerabilität und Eignung einzelner Hauptwirtschaftsbaumarten sowie den Vorteilen diverser Wälder im Zusammenhang mit Risikostreuung und Stabilität weitgehend Einigkeit herrscht, wurden z.B. der Anbau fremdländischer Baumarten und die Verkürzung der Produktionszeiten von Vertretern aus Forstwirtschaft und Naturschutz ungleich bewertet. Eine Analyse von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel unter walddatenschutzfachlicher Schwerpunktsetzung wurde bislang nicht durchgeführt.

Wir untersuchen im vorliegenden Artikel naturschutzfachliche Aspekte der Vorschläge von Forstwirtschaft und Naturschutz für die Anpassung von Wäldern an den Klimawandel. Wir stützen die vorliegende Analyse von Anpassungsmaßnahmen auf deutschsprachige, forst- und naturschutzfachliche Fach-Veröffentlichungen der vergangenen 10 Jahre sowie Statements, die im Rahmen eines Expertenworkshops mit Vertretern von Forstwirtschaft und Naturschutz gesammelt wurden. Wir analysieren die Ergebnisse im Hinblick auf folgende Fragestellungen:

i. Welche Maßnahmen zur Anpassung von Wäldern an den Klimawandel mit Bezug zu walddatenschutzfachlichen Zielsetzungen werden derzeit in Forstwirtschaft und Naturschutz diskutiert?

ii. Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den Aussagen der Vertreter von Forstwirtschaft und Naturschutz finden sich in der Diskussion um die Anpassung von Wäldern an den Klimawandel?

2. MATERIAL UND METHODIK

2.1. Literaturstudie

In einer umfassenden Literaturrecherche wurden deutschsprachige forst- und naturschutzfachliche Veröffentlichungen (Berichte, Fachzeitschriften-, Tagungsband- und Sammelwerkbeiträge) zum Thema Wald und Klimawandel aus den Jahren 2000 bis 2011 zusammengetragen. Ziel dieser Auswahl war es, Expertenwissen,

¹⁾ Dipl.-Forstwirtin MIRJAM MILAD, Dr. HARALD SCHAICH, Prof. Dr. WERNER KONOLD. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Landespflege, Tennenbacher Str. 4, D-79106 Freiburg.

✉ Korrespondierender Autor: MIRJAM MILAD.

E-mail: mirjam.milad@landespflege.uni-freiburg.de

Die Studie ist Teil des F&E-Vorhabens „Wälder und Klimawandel – Künftige Strategien für Schutz und Nutzung“ (FKZ 3508 83 0600), gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN).

Erfahrungen und Meinungen zu erfassen. Reine Positionspapiere von Vereinen oder Verbänden wurden daher nicht berücksichtigt. In einer zweiten Durchsicht wurde das Material auf Publikationen begrenzt, die Vorschläge zu Anpassungsmaßnahmen von Wäldern oder Naturschutz (mit Waldbezug) an den Klimawandel enthalten. Veröffentlichungen, die auf eine Abmilderung (Mitigation) des Klimawandels fokussierten, wurden nicht einbezogen.

2.2. Expertengruppe

Ergänzend wurden Aussagen zur Anpassung von Wäldern an den Klimawandel berücksichtigt, die im Rahmen eines zweitägigen Expertenworkshops gesammelt wurden. Dieser im Januar 2011 an der Universität Freiburg durchgeführte Workshop hatte zum Ziel, Ansätze zur möglichen zukünftigen Ausrichtung des Waldnaturschutzes in Deutschland sowie Handlungsempfehlungen für die zukünftige naturschutzpolitische Steuerung im Wald vor dem Hintergrund des Klimawandels zu diskutieren. Dabei konzentrierte sich ein Teilworkshop auf die Anpassungsfähigkeit von Wäldern sowie die Weiterentwicklung von Waldnaturschutzkonzepten angesichts des Klimawandels. Der Workshop setzte sich aus mehr als 30 Vertretern von Forstwirtschaft und Naturschutz aus verschiedenen Institutionen der Politik, Praxis, Verwaltung, Hochschulen sowie wald- und umweltbezogener Forschungseinrichtungen zusammen, die in parallelen Arbeitsgruppen diskutierten. Die Ergebnisse des Workshops wurden schriftlich protokolliert.

2.3. Qualitative Inhaltsanalyse

Die Literatur und das Protokoll des Workshops wurden mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse (MAYRING, 2010) im Hinblick auf Vorschläge zur Anpassung von Wäldern an den Klimawandel ausgewertet. Dabei wurden einzelne Aussagen Kategorien zugeordnet, die an definierte Waldnaturschutzziele für eine Honorierung ökologischer Leistungen der Forstwirtschaft nach SCHAICH und KONOLD (2005, 2012) angelehnt sind (Tabelle 1). Die Ergebnisse dieser Analyse wurden wiederum

inhaltlich strukturiert (MAYRING, 2010), um Gemeinsamkeiten und Unterschiede in Themenwahl und Inhalten zu identifizieren. Während das Ergebnisprotokoll des Expertenworkshops als separates Dokument betrachtet wurde, das sowohl Meinungen aus Naturschutz und Forstwirtschaft widerspiegelt, wurde die Literatur entsprechend ihrer fachlichen Ausrichtung in „forstlich“ oder „naturschutzfachlich“ klassifiziert. Diese Einteilung stützte sich auf den Titel der Veröffentlichung, die Inhalte und den fachlichen Hintergrund der Autoren. Teilweise bestanden fließende Übergänge, sodass vier Artikel beiden Kategorien zugeordnet wurden.

Die Darstellung der Ergebnisse orientiert sich entsprechend an den Kategorien von SCHAICH und KONOLD (2005) (Tabelle 1). Innerhalb jeder Kategorie werden zuerst die Aussagen aus der Literatur nach ihrer fachlichen Ausrichtung geordnet (naturschutzfachlich, forstlich), dann die des Workshops abgebildet.

3. ERGEBNISSE

3.1. Übersicht

Beim Vergleich der Literatur nach ihrer inhaltlichen Ausrichtung überwog die Anzahl forstlicher gegenüber der Zahl eher naturschutzfachlich ausgerichteter Publikationen. Insgesamt bildeten Möglichkeiten aktiven menschlichen Handelns, z. B. Waldbaumaßnahmen oder die Verbesserung des Biotopverbunds, einen Schwerpunkt in der Diskussion von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Im Gegensatz dazu spielte die sogenannte passive, natürliche Anpassung, z. B. über morphologische oder evolutive Veränderungen, eine geringere Rolle. Einige Autoren beider Fachrichtungen erwähnen jedoch, dass Resilienz oder die Fähigkeit von Ökosystemen zur Selbstregulation Anpassungsoptionen eröffnen (GEBHARDT, 2000; IBISCH und KREFT, 2008). BIERMAYER (2008) unterscheidet zwischen Wäldern, in denen aktive Anpassungsmaßnahmen stattfinden sollen und solchen, die sich ohne menschliches Zutun anpassen können. Außerdem wird auf Anpassung durch Wanderbewegungen und Arealveränderungen von Arten Bezug

Tab. 1

Für die Analyse verwendete Kategorien basierend auf Waldnaturschutzziele für eine Honorierung ökologischer Leistungen der Forstwirtschaft nach SCHAICH und KONOLD (2005), verändert.
Categories applied in the analysis, based on forest conservation objectives for recognizing ecosystem services provided by forestry.
Adapted from SCHAICH and KONOLD (2005).

Kategorien
• Baumartenzusammensetzung
• Totholz
• Natürliche Verjüngung und Waldentwicklungsphasen
• Kohärenz von Waldflächen
• Ökotone und Sonderstandorte
• Prozessschutzgebiete, Waldschutzgebiete
• Historische Waldbausysteme und lichte Waldstrukturen
• Diversität
• Konzeptionelle Aspekte

genommen. Wege der passiven Anpassung sieht man auch in der Nutzung von Naturverjüngung und vorhandenem genetischen Potenzial. Einige Maßnahmen können sowohl passiver als auch aktiver Anpassung zugeordnet werden, z.B. wenn initiiierende Maßnahmen die weitere Selbstregulation der Ökosysteme unterstützen oder natürlich ablaufende Prozesse gezielt genutzt werden sollen (JENSSEN et al., 2007).

Besonders in den forstlich ausgerichteten Publikationen wird häufig der Begriff „Risiko“ verwendet. Dabei werden v.a. Möglichkeiten der Risikoeinschätzung und -streuung wie z.B. die Erhöhung von Arten-, Struktur- und genetischer Vielfalt bestehender Bestände diskutiert (BORCHERT und KÖLLING, 2003; VON DER GOLTZ, 2004; KÖLLING und AMMER, 2006; AMMER und KÖLLING, 2007; BOLTE und IBISCH, 2007; BACHMANN et al., 2009). AMERELLER et al. (2009) empfehlen im Zusammenhang mit Extremereignissen wie Trockenperioden, Insektenkatastrophen, Sturm oder Feuer, Risiko-Schwellenwerte zu identifizieren sowie Eintrittswahrscheinlichkeiten

und Auswirkungen auf das Baumwachstum genauer zu beschreiben. Angesichts der bestehenden Unsicherheiten sollen Strategien so flexibel sein, dass sie eine fortlaufende Anpassung ermöglichen (LEDER, 2010).

Risiken und deren Folgen sollen auch in Naturschutzstrategien und daraus abgeleitete Naturschutzmaßnahmen integriert werden, z.B. durch ein systematisches szenarien- oder hypothesenbasiertes Risikomanagement, welches Risiken analysiert und bewertet (IBISCH und KREFT, 2008; IBISCH et al., 2009).

Table 2 gibt eine Übersicht über die in den forstlichen und naturschutzfachlichen Publikationen und im Expertenworkshop thematisierten Anpassungsmaßnahmen, geordnet nach den o.a. Kategorien.

3.2. Baumartenzusammensetzung

In der forstwirtschaftlich orientierten Literatur werden häufig die gegenwärtig als heimisch geltenden, aber auch mögliche alternative Baumarten im Hinblick auf ihre zukünftige klimatische Eignung diskutiert. Anpass-

Tab. 2
Thematisierung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in forstwirtschaftlich und naturschutzfachlich ausgerichteter Literatur und in einem Expertenworkshop aus Vertretern beider Disziplinen (zusammenfassende Darstellung).
Adaptation measures mentioned in publications on forest and nature conservation as well as in a workshop with forestry and nature conservation experts (summary).

Kategorie	Forstwirtschaft	Naturschutz	Expertenworkshop
Baumartenzusammensetzung	Heimische Baumarten	Heimische Baumarten	Heimische Baumarten
	Wärmeliebende Mischbaumarten, Pionierbaumarten	Wärmeliebende Mischbaumarten, Pionierbaumarten	Wärmeliebende Mischbaumarten, Pionierbaumarten
	Baumartenmischung		Baumartenmischung
	Fremdländische Baumarten		Fremdländische Baumarten
	<i>Pseudotsuga menziesii</i>		
	Waldumbau		
Alt- u. Totholz	Integration	Integration	Integration
Natürliche Verjüngung u. Waldentwicklungsphasen	Sukzessionsprozesse integrieren	Sukzessionsprozesse integrieren	
	Mischung von Herkünften		Mischung von Herkünften
	Anpassung Wildtierdichten		
	Anpassung durch Reduktion der Produktionszeit		Beeinträchtigungen durch Reduktion der Produktionszeit
	Naturverjüngung Künstliche Verjüngung		
		Alte Bestandesphasen integrieren	
Kohärenz von Waldflächen		Biotopverbund; Durchlässigkeit der Landschaft	Biotopverbund; Durchlässigkeit der Landschaft
Waldränder u. Sonderstandorte	Waldrandgestaltung		Waldrandgestaltung
		Schutz von Sonderstandorten	Berücksichtigung von Sonderstandorten
Prozessschutzgebiete, Waldschutzgebiete		Erhaltung u. Erweiterung	Erhaltung u. Erweiterung
		Evaluation von Schutzzielen, Management u. Gestaltung	Evaluation von Schutzzielen, Management u. Gestaltung
Historische Waldbausysteme	Lichte Waldstrukturen		
Diversität	Förderung Biodiversität	Förderung Biodiversität	Förderung Biodiversität
		Schutz	Schutz
			Vielfalt im Handeln
Konzeptionelle Aspekte	Revision von Referenzen	Revision von Referenzen	Revision von Referenzen
	Interdisziplinäre Zusammenarbeit	Interdisziplinäre Zusammenarbeit	Interdisziplinäre Zusammenarbeit
		Integrative u. segregative Ansätze	Integrative u. segregative Ansätze
	Flexible Strategien	Unsicherheit berücksichtigen, Adaptives Management	Unsicherheit berücksichtigen, Adaptives Management

sungsmaßnahmen sind auf eine Erhöhung mutmaßlich an die prognostizierten Veränderungen durch den Klimawandel angepasster Baumarten auf Kosten nicht (mehr) standortgerechter, risikoreicher Baumarten ausgerichtet. Als Motivation ist die Zunahme eines wirtschaftlichen Risikos für einzelne Baumarten erkennbar, insbesondere für *Picea abies* (AMMER und KÖLLING, 2007; BOLTE und DEGEN, 2010). Viele forstliche Autoren empfehlen, Umbaumaßnahmen standörtlich differenziert durchzuführen. Nicht standortgerechte oder in ihrem klimatischen Grenzbereich im Hinblick auf Trockenheit und Wärme wachsende, risikoreiche Bestände sollen vordringlich in stabilere Mischbestände umgewandelt werden (BORCHERT und KÖLLING, 2004; EISENHAUER, 2008; AMERELLER et al., 2009; BROSINGER und ÖSTREICHER, 2009). Dabei unterscheiden sich die Aussagen hinsichtlich ihrer Ausgestaltung und Präzisierung: vorgeschlagen werden sowohl ein Mindestmaß an Mischung (AMMER und KÖLLING, 2007), als auch eine möglichst hohe Artenvielfalt (VON DER GOLTZ, 2004; BROSINGER und TRETTER, 2007). JENSSEN et al. (2007) betonen, dass es sich weniger um eine beliebige, besonders hohe Baumartenzahl, als um eine Vielfalt aus „[...] unter bestimmten ökologischen Bedingungen vergesellschafteten Baumarten [...]“ handeln müsse. Eine hohe Baumartenvielfalt fördere zugleich die weitere Vielfalt an Organismen (WAGNER, 2008). Einzelne Autoren betonen die Bedeutung von Naturnähe im Kontext der Baumartenwahl. So solle man sich z.B. stärker an der Baumartenzusammensetzung natürlicher Waldgesellschaften orientieren bzw. den Anteil standortheimischer Baumarten erhöhen (KÖLLING und AMMER, 2006; BROSINGER und TRETTER, 2007). Dabei bleibt zunächst offen, wie Naturnähe angesichts des im Rahmen des Klimawandels erwarteten schnellen Wandels der Standortbedingungen definiert werden kann. Zugleich hält man eine erweiterte Baumartenwahl für notwendig; v.a. für Standorte, auf denen die gegenwärtig stockenden Baumarten als risikoreich klassifiziert werden (KÖLLING et al., 2010). Neben natürlich ankommenden (Pionier-)Baumarten oder bereits etablierten, wärmeliebenden Mischbaumarten (AMMER und KÖLLING, 2007; EISENHAUER, 2008; WAGNER 2008) sollen auch neue, fremdländische (aber standortgerechte) Baumarten als Mischbaumarten in Betracht gezogen werden (BORCHERT und KÖLLING, 2004; SPELLMANN et al., 2007; WALENTOWSKI et al., 2009; KÖLLING et al., 2010). Fremdländische Baumarten werden jedoch zunächst nur für Versuchsanbauten vorgeschlagen, u.a. aufgrund ihrer noch unbekannteren Auswirkungen auf Standort und Biodiversität sowie der erwarteten klimatischen Übergangsphase mit Spät- und Frühfrösten (AMMER und KÖLLING, 2007; KÖLLING, 2008b; REIF et al., 2011). Der Anbau von *Pseudotsuga menziesii* wird jedoch mehrfach empfohlen, allerdings nicht großflächig oder nur in Mischung mit anderen Baumarten (BROSINGER und TRETTER, 2007; FISCHER, 2008; THIEME, 2008; BENDIX, 2010). BÄR (2009) weist darauf hin, dass die verschiedenen Herkünfte von *P. menziesii* zu beachten seien, da sich geringe Niederschlagsmengen in der Vegetationszeit oder eine Zunahme lang anhaltender Trockenheiten negativ auf das Wachstum von *P. menziesii* auswirken könnten.

Die naturschutzfachlich ausgerichteten Publikationen behandeln nur in wenigen Fällen konkrete Baumarten. Sie beziehen sich zum einen auf *P. menziesii*, zum anderen auf *Fagus sylvatica*. Es wird empfohlen, eine Vielfalt an Buchenwaldgesellschaften zu erhalten, welche unterschiedliche, möglicherweise besser angepasste Populationen enthalten könnten (ARBEITSKREIS WALDBAU UND NATURSCHUTZ NRW, 2007; WALENTOWSKI und MÜLLER-KRÖHLING, 2008). Heimische Arten werden gegenüber nicht-heimischen bevorzugt, v.a. im Hinblick auf die Biotoptradition (REIF et al., 2011). Besonders die wärmeliebenden Mischbaumarten könnten aus Naturschutzsicht an Bedeutung gewinnen (ARBEITSKREIS WALDBAU UND NATURSCHUTZ NRW, 2007; BOLTE und IBISCH, 2007; REIF et al., 2011). In den naturschutzfachlichen Betrachtungen von *P. menziesii* wird ebenfalls dazu geraten, diese wenn nur kleinflächig und in Mischung mit anderen Baumarten anzubauen. Aufgrund des invasiven Potenzials von *P. menziesii* solle ihr Anbau auf gut nährstoffversorgte, frische Standorte abseits von Naturschutzvorrangflächen begrenzt werden, sodass sich ihre Naturverjüngung besser kontrollieren lasse (HÖLTERMANN et al., 2008). Die erwarteten Standortveränderungen erforderten möglicherweise eine Neubewertung invasiver Arten und ihres Managements, z.B. im Hinblick auf die Effizienz von Bekämpfungsmaßnahmen (BRONNER, 2008).

In der Expertengruppe gibt es hinsichtlich der zukünftigen Eignung bzw. des Anpassungspotenzials heimischer Baumarten konträre Meinungen. So schreiben einige Teilnehmer *F. sylvatica* ein hohes Anpassungsvermögen zu, während andere sie durch den Klimawandel und die Zunahme von Trockenperioden gefährdet sehen. Generell seien die Reaktionen der Baumarten vom tatsächlichen Verlauf des Klimawandels abhängig, d.h. dem Ausmaß von Temperatur- und Niederschlagsveränderungen sowie Extremereignissen. Starke Amplituden erhöhten den Stress für gegenwärtig vorkommende Baumarten. Eine Erhöhung des Mischbaumartenanteils könne dazu beitragen, Klimawandelfolgen abzuf puffern bzw. die Anpassungskapazität des Ökosystems zu erhöhen. Waldbaulich solle zunächst das vorhandene Baumartenspektrum genutzt werden, d.h. heimische oder bereits etablierte, wärmeliebende Mischbaumarten, wie *Castanea sativa* oder *Juglans regia*. Erst wenn sich diese als ungeeignet erwiesen, könnten weitere Arten aus anderen Klimazonen herangezogen werden. Um mehr Wissen über Eignung und Konsequenzen bestimmter Baumarten für Waldökosysteme zu generieren, seien Versuchsanbauten in geringem Umfang sinnvoll. Die Forschung zu Baumarten an den Grenzen ihrer Verbreitung und Schwellenwerten ihrer Existenz solle vertieft werden. Generell wisse man noch zu wenig über die Anpassungsfähigkeit heimischer und die Angepasstheit fremdländischer Baumarten. Auch sei wenig darüber bekannt, ob für das Vorkommen weiterer Arten der Flora und Fauna bestimmte Baumarten oder aber ein bestimmtes Strukturangebot entscheidend seien. Im Hinblick auf die Invasivität von Arten stelle die Unterscheidung von invasiven, anthropogen verbreiteten Arten und klimawandelbedingt wandernden Arten zukünftig eine besondere Herausforderung dar.

3.3. Totholz

Totholz wird im Kontext des Klimawandels nur in sehr wenigen und nur in den vorwiegend forstlich ausgerichteten Publikationen thematisiert. Bei der Waldbewirtschaftung sollen Totholz und Bestandeslücken als wichtige Strukturelemente und Teil der Biodiversität einbezogen werden (WAGNER, 2008). BEDBUR et al. (2010) weisen in ihrem Artikel zu Pionierbaumarten darauf hin, dass diese u. a. durch ihr rasches Wachstum und somit frühes Erreichen von Alt- und Totholzphasen zu einer Erhöhung der Biodiversität beitragen können. Nicht erörtert werden dabei Aspekte der Qualität und der Artenzusammensetzung des Totholzes.

In der Expertengruppe werden Totholzkonzepte außerdem als Möglichkeit gesehen, Wirtschaftswälder in einen übergreifenden Biotopverbund zu integrieren.

3.4. Natürliche Verjüngung und Waldentwicklungsphasen

Viele der analysierten Publikationen greifen in unterschiedlichem Ausmaß die Themen Verjüngung, Sukzession oder Waldentwicklungsphasen auf. Es handelt sich dabei bis auf wenige Ausnahmen um forstlich ausgerichtete Literatur. Vorhandene Naturverjüngung, besonders von Baumarten mit beschränkter Ausbreitungskraft, diene als präventive Maßnahme, um im Falle von Störungen gewappnet zu sein und große Kahlflächen zu verhindern (WAGNER, 2008; BIERMAYER, 2009). Man geht davon aus, dass die Nutzung natürlicher Verjüngung risikoarmer Baumarten aufgrund der stattfindenden natürlichen Selektionsprozesse ein hohes Anpassungspotenzial bietet (BROSINGER und TRETTER, 2007; BIERMAYER, 2008; KÄTZEL, 2009). Zur Erhöhung der genetischen und strukturellen Diversität der vorhandenen Wälder und Baumarten werden große Verjüngungsvorräte, lange Verjüngungsphasen und ein kleinräumiges Vorgehen empfohlen (BORCHERT und KÖLLING, 2003; VON DER GOLTZ, 2004; GEBUREK, 2006; BOLTE und IBISCH, 2007; BROSINGER und TRETTER, 2007; LOTZE-CAMPEN et al., 2009; KÄTZEL, 2009; SPATHELF und BOLTE, 2009). BOLTE und IBISCH (2007) warnen allerdings davor, ausschließlich auf Naturverjüngung zu setzen, da eine schnelle, starke Klimaveränderung zu erhöhten Ausfällen führen könne. KÖLLING (2008b) sieht künstliche Verjüngung als Möglichkeit, Ausbreitungshindernisse in bewirtschafteten Wäldern zu überwinden. Mehrfach wird auf die Bedeutung der Herkunft des Verjüngungsmaterials hingewiesen (GEBUREK, 2006; JENSSSEN, 2009; WALENTOWSKI et al., 2009; BOLTE und DEGEN, 2010). Klimawandelbedingte Risiken sollen auch durch die Mischung von Saatgut aus verschiedenen zugelassenen Saatgutbeständen, Erntejahren (GEBUREK, 2006; KÄTZEL, 2009) und Herkünften einer Art (erhöhte Zahl von Bäumen mit unterschiedlichem Anpassungsvermögen) reduziert werden (BOLTE und IBISCH, 2007). Zukünftig könne die Anreicherung von Saatgut mit Herkünften südlicher Verbreitungsgebiete regional an Bedeutung gewinnen (BOLTE und DEGEN, 2010), derzeit beständen aber noch Unsicherheiten (MICHIELS et al., 2009). Im Vergleich der künstlichen Verjüngungsverfahren könne Saat aufgrund der hohen Ausgangspflanzenzahlen Anpassungsvorteile

bieten (GEBUREK, 2006). Wiederholt werden niedrige bzw. angepasste Wildbestände als Voraussetzung für eine erfolgreiche, künstliche wie auch natürliche, Verjüngung genannt (BROSINGER und TRETTER, 2007; ENGEL, 2008; VON GILSA, 2008; KIBAT, 2008; KOHNLE et al., 2008; AMMER, 2009; BIERMAYER, 2009; WALENTOWSKI et al., 2009).

Das kleinflächige Nebeneinander verschiedener Waldentwicklungsphasen könne die Resilienz und Resistenz von Wäldern, auch im Hinblick auf Extremereignisse, steigern (VON DER GOLTZ, 2004; BIERMAYER, 2009; BEDBUR et al., 2010). Es wird empfohlen, Sukzession auf Teilflächen zuzulassen (VON DER GOLTZ, 2004; HANKE, 2005) und auch Sukzessionsprozesse mit ungewissem Ausgang zu akzeptieren (BOLTE und IBISCH, 2007). Einige Autoren thematisieren eine Verkürzung der Produktionszeit mit dem Ziel, an Flexibilität zu gewinnen (AMERELLER et al., 2009) oder die mit höherem Bestandesalter verbundenen ökonomischen Risiken zu reduzieren (KIBAT, 2008; KNOKE, 2009). Ein Teil der Autoren präzisiert, dass diese Maßnahme zunächst für risikoreiche Standorte und Bestände in Erwägung zu ziehen sei (SPELLMANN et al., 2007; BRANG et al., 2009). Einzelne Autoren unterstreichen in diesem Kontext noch einmal die Bedeutung einer wissenschaftlich fundierten Entscheidung (KOHLE et al., 2008; AMERELLER et al., 2009).

Auch aus naturschutzfachlicher Sicht sieht man das Zulassen natürlicher Sukzession als mögliche Anpassung an den Klimawandel (HEILAND et al., 2008). Der ARBEITSKREIS WALDBAU UND NATURSCHUTZ NRW (2007) empfiehlt für Buchenwälder, natürliche Entwicklungsprozesse zu integrieren und spezifiziert, dass dies mit einer hohen Strukturvielfalt und hohem Bestandesalter einhergehe.

Die Expertengruppe sieht die Mischung unterschiedlicher Herkünfte der gleichen Art ebenfalls als Möglichkeit, bei der künstlichen Einbringung von Baumarten die Anpassung zu unterstützen bzw. Risiken zu streuen, hält aber die Eignung bestimmter Herkünfte ebenfalls noch für unsicher. Eine Verkürzung der Produktionszeiten sei naturschutzfachlich problematisch. Vor dem Hintergrund zunehmender Störungsereignisse und im Zusammenhang mit einer Verkürzung der Produktionszeit werde der Erhalt alter Waldentwicklungsphasen schwieriger als bisher.

3.5. Kohärenz von Waldflächen

Die Kohärenz und der Verbund von Waldflächen im Kontext des Klimawandels werden nur in der naturschutzfachlich ausgerichteten Literatur thematisiert und bilden dort einen inhaltlichen Schwerpunkt. Der Biotopverbund solle z. B. mittels geschützter und extensiv bewirtschafteter Korridore (Land-, Forst-, Wasserwirtschaft) verbessert und die Durchlässigkeit der Landschaft erhöht werden (DOYLE und RISTOW, 2006; BRONNER, 2008; IBISCH und KREFT, 2008). Auwaldsysteme könnten aufgrund ihrer Bedeutung als Verbundachsen eine zentrale Rolle im Habitatverbund spielen (WALENTOWSKI und MÜLLER-KROEHLING, 2009). Eine besondere Rolle hätten Ökosysteme, welche zum Verbund von Schutzgebieten beitragen (IBISCH und KREFT,

2008). Verbundmaßnahmen wirkten sich besonders bei kleinen oder isolierten Schutzgebieten positiv auf den Schutz der Biodiversität aus, z.B. über Verbesserung des genetischen Austauschs (KRÄUCHI, 2007). GEBHARDT (2006) empfiehlt die Entwicklung eines effektiven Biotopverbunds entlang von Höhengradienten. Daneben wird auch auf die Bedeutung eines großräumigen Verbunds (überregional bis trans-/international) hingewiesen (DOYLE und RISTOW, 2006; KRÄUCHI, 2007).

Auch die Expertengruppe misst einer Erhöhung der Durchlässigkeit der gesamten Waldlandschaft und der sie umgebenden Landschaft eine hohe Bedeutung bei. Neben Waldschutzgebieten seien auch Wirtschaftswälder einzubeziehen, u. a. über Alt- und Totholzkonzepte. Allerdings weisen die Experten auch auf negative Begleiteffekte hin, z.B. wenn sich neben „erwünschten“ auch „unerwünschte“, invasive Arten ausbreiteten. Gegebenenfalls müsse man abwägen, ob Aufwendungen zur Erhöhung des Verbunds effektiv genug oder andere Maßnahmen wie die Wiederherstellung von Lebensräumen vorzuziehen seien.

3.6. Waldränder und Sonderstandorte

Waldränder und Sonderstandorte werden in der untersuchten Literatur wenig thematisiert. In einer forstlich ausgerichteten Publikation spricht man sich für die verstärkte Nutzung des natürlichen Vegetationspotenzials, u. a. im Hinblick auf Mischbaumarten und die Waldrandgestaltung aus (JENSSEN et al., 2007).

Aus walddatenschutzfachlicher Sicht betont man den Schutz regionaltypischer, an Trockenheit und Wärme angepasster Waldlebensraumtypen (WALENTOWSKI und MÜLLER-KRÖHLING, 2009). Im Rahmen einer Klimaerwärmung könnten sich von diesen Sonderstandorten möglicherweise bereits besser angepasste Populationen in die umgebende Waldlandschaft ausbreiten. Veränderungen des Wasserhaushalts erschweren zukünftig den Erhalt von wassergeprägten Sonderstandorten (Feuchtbiootope, Moore) (MÜLLER-KRÖHLING et al., 2007).

In der Expertengruppe spricht man ökosystemaren Übergangsbereichen eine wichtige Rolle zur Abpufferung und Streuung von mit dem Klimawandel verbundenen Risiken zu. Sie enthielten eine hohe Diversität und möglicherweise bereits besser an regionale Veränderungen im Rahmen des Klimawandels angepasste Individuen oder Arten. Man fordert, Übergangsstrukturen wie z.B. strukturreiche Waldränder, zu begünstigen und u. a. die rechtliche Trennung zwischen Wald und Offenland zu lockern.

3.7. Prozessschutzgebiete, Waldschutzgebiete

Die Autoren forstlicher Literatur beziehen sich selten auf Waldschutzgebiete. Vereinzelt finden sich auch ablehnende Haltungen gegenüber Prozessschutzgebieten, da diese nicht alle gesellschaftlichen Ansprüche erfüllten. Stattdessen sei Schutz durch pflegliche Waldnutzung vorzuziehen (BIERMAYER, 2008).

Dagegen sehen es die Verfasser naturschutzfachlich ausgerichteter Literatur als äußerst wichtig an, Prozessschutzgebiete im Hinblick auf den Klimawandel zu

erhalten und zu erweitern (GEBHARDT, 2006; VOHLAND, 2007; BAUMANN, 2008; BRONNER, 2008). KNAPP et al. (2007) betonen die Bedeutung von Schutzgebieten für das Monitoring von Ökosystemreaktionen auf den Klimawandel bzw. evolutiven Anpassungsprozessen. Anhand ausgewählter Artengruppen könnten Informationen über mögliche Gefährdungen oder zur generellen Eignung des Schutzgebiets gewonnen werden (DOYLE und RISTOW, 2006; BRONNER, 2008; IBISCH und KREFT, 2008). Daneben leisteten Schutzgebiete einen positiven Beitrag zum Erhalt der genetischen Vielfalt (WALENTOWSKI et al., 2009). Existierende Schutzgebiete seien jedoch vor dem Hintergrund des Klimawandels z.B. hinsichtlich ihrer Lage, Größe, Isolierung, Randeffekten, Schutzziele und Gefährdung, zu evaluieren (DOYLE und RISTOW, 2006; KRÄUCHI, 2007; HEILAND und KOWARIK, 2008; IBISCH und KREFT, 2008). Konservierende Schutzbestrebungen, beispielsweise zum Erhalt von feucht-kühlen Lebensräumen und zugehörigen Arten, sollten auf ihre Effektivität und Effizienz hin geprüft werden (HEILAND und KOWARIK, 2008). Da sich Artenzusammensetzungen verändern können, sollten Schutzgebietskonzepte weniger auf den ortsgebundenen Erhalt bestimmter Arten und Lebensgemeinschaften, sondern auf einen übergeordneten Ökosystemschutz abzielen. Dabei seien auch Entwicklungen mit ungewissem Ausgang zu integrieren (HEILAND et al., 2008; IBISCH und KREFT, 2008). Das europäische Schutzgebietsnetzwerk Natura 2000 biete aufgrund der hohen Anzahl an Schutzgebieten eine gute Anpassungsbasis (VOHLAND, 2007). Allerdings seien die Gebiete besser zu vernetzen. Bezogen auf die Ausgestaltung von Schutzgebieten werden Großflächigkeit, Zusammenhang und eine hohe Lebensraum-Heterogenität empfohlen (GEBHARDT, 2006; HEILAND und KOWARIK, 2008; IBISCH und KREFT, 2008; LOTZE-CAMPEN et al., 2009). Bestehende Schutzgebiete sollten dementsprechend vergrößert, vernetzt und mit Pufferzonen gegen externe Einflüsse geschützt werden (HEILAND und KOWARIK, 2008; IBISCH und KREFT, 2008). Bei der Planung und Neuanlage von Schutzgebieten sei zu berücksichtigen, dass nördliche Arealränder zukünftig aufgrund der erwarteten Arealverschiebungen Verbreitungszentren von Arten bilden könnten. Außerdem sollten Schutzgebiete grenzübergreifend (länder-, staatenübergreifend) angelegt werden (DOYLE und RISTOW, 2006).

Auch die Expertengruppe betont die Potenziale von Schutzgebieten als Referenz- und Monitoringflächen. Monitoring in Schutzgebieten könne dazu beitragen, natürliche und anthropogen induzierte Prozesse in Waldökosystemen besser zu trennen. In Deutschland seien einerseits bislang zu wenige und wenig unterschiedliche Referenzflächen vorhanden, andererseits würden bestehende Flächen und Daten nicht ausreichend genutzt. Monitoring sei zudem eine notwendige Basis für adaptives Management, das es erlaube, Ziele und Maßnahmen periodisch zu evaluieren und nötigenfalls anzupassen. Die grenzübergreifende Anlage von Schutzgebieten wird unterstützt, allerdings hält man vorausschauend-strategische Neuanlagen aufgrund der vielen Einflussfaktoren und Unsicherheiten, z.B. im Bezug auf die Wanderrichtung von Arten, für problematisch. Bestehende Schutzgebiete könnten jedoch klein-

räumig (z.B. um jetzige angrenzende Flächen) erweitert werden, um zusätzliche mikroklimatische und edaphische Gradienten für Wanderbewegungen zu erhalten. Um eine hohe Repräsentativität zu gewährleisten, sollten sich Schutzgebietsflächen auf alle Waldgesellschaften (zonale, extra- und azonale) beziehen. Gegenwärtig unterrepräsentierte Standorte müssten neu berücksichtigt werden. Auch die Experten kommen zu dem Schluss, dass statische Ansätze, die den Erhalt bestimmter Habitatzustände vorsehen, überarbeitet werden sollen, so auch die Natura 2000-Konzeption bzw. zugehörige Managementpläne. Ein länderübergreifendes Schutzgebietsnetzwerk müsse die natürliche Dynamik berücksichtigen. Dennoch habe die Bewahrung spezifischer Waldökosysteme nach wie vor Berechtigung, v.a. auch durch ihre Bedeutung als Refugien oder Quellgebiete für die Ausbreitung von Arten. Einerseits seien Refugien, die den gegenwärtigen südlichen Verbreitungsgrenzen der Arten entsprächen, aufgrund des hohen Veränderungsdrucks schwer zu erhalten, andererseits könnten hier bereits evolutionäre Prozesse stattfinden, die intensiver zu erforschen seien.

3.8. Historische Waldbausysteme und lichte Waldstrukturen

Historische Waldbausysteme werden im Kontext des Klimawandels nicht thematisiert. Ansatzweise taucht die Bedeutung lichter Waldstrukturen im Zusammenhang mit der waldbaulichen Steuerung des Lichtangebots in forstlichen Publikationen auf. Zum einen könne eine weitständigere Erziehung bzw. eine Absenkung des Bestockungsgrades die Konkurrenz im Hinblick auf das Bodenwasserangebot kontrollieren (BOLTE und IBISCH, 2007; WAGNER, 2008), zum anderen die Etablierung lichtbedürftiger Begleitbaumarten ermöglichen (SPATHELF und BOLTE, 2009). Wie sich eine stärkere Durchforstung auf die Trockenstresstoleranz der Bäume auswirke, sei jedoch noch nicht abschließend untersucht; denkbar sei auch, dass die erhöhte Transpiration des verbleibenden Bestands und der geförderten Bodenvegetation positive Effekte aufhebe (AMMER, 2009).

3.9. Diversität

Sowohl in forstlichen als auch naturschutzfachlichen Publikationen sieht man neben der Baumartenvielfalt in der strukturellen, Lebensraum- und genetischen Diversität oder allgemein in einer hohen Biodiversität Optionen zur Erhöhung von Anpassungspotenzialen, Resilienz und Resistenz (VON DER GOLTZ, 2004; DOYLE und RISTOW, 2006; KONNERT, 2007; HEILAND und KOWARIK, 2008; WAGNER, 2008).

In den forstlichen Veröffentlichungen thematisiert man im Zusammenhang mit der Anpassung an den Klimawandel meistens Teilaspekte der Biodiversität, z.B. eine hohe Baumartenvielfalt oder die genetische Diversität (VON DER GOLTZ, 2004; HANKE, 2005; KONNERT, 2007; BRANG et al., 2009). WAGNER (2008) bemerkt, dass eine hohe Baumartenvielfalt mit der Diversifizierung waldbaulicher Maßnahmen einhergehe. Naturschutzfachliche Publikationen nehmen häufiger auf den Begriff „Biodiversität“ Bezug, z.B. im Kontext von Forderungen

zum Schutz oder der Erhöhung der Biodiversität im Wald.

Auch die Expertengruppe misst dem Schutz und der Förderung von Diversität (Arten-, Lebensraum-, Struktur- und genetischer Vielfalt) eine hohe Bedeutung im Rahmen der Anpassung bei. Eine hohe Baumartenvielfalt in kleinflächiger Mischung könne Risiken mindern, insbesondere auf kritischen Standorten. Die Waldlandschaft könne auch durch eine hohe Vielfalt an Waldnutzungs- und Waldschutzformen auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen diversifiziert werden. Waldflächen mit differenzierten Nutzungsintensitäten könnten als Referenzen für unterschiedliche naturschutzfachliche und waldbauliche Fragestellungen dienen. Neben nutzungsfreien Flächen können Flächen mit beschränkter, nicht-regulärer forstwirtschaftlicher Nutzung (z.B. Schonwälder) waldbauliche Handlungsspielräume im Sinne einer „experimentellen Forstwirtschaft“ ermöglichen, ohne wirtschaftlichen Zwängen zu unterliegen.

3.10. Konzeptionelle Aspekte

In der forstlichen wie in der naturschutzfachlichen Literatur wird der Einfluss des Klimawandels auf Ziele und Konzepte des Naturschutzes thematisiert. Referenzen, wie „Naturnähe“, „Natürlichkeit“, „heimische Arten“ oder das theoretische Modell der potenziell natürlichen Vegetation werden aufgrund der projizierten raschen Standortsveränderungen relativiert (BOLTE und IBISCH, 2007; JENSSEN et al., 2007; HEILAND et al., 2008; AMERELLER et al., 2009). Sowohl Vertreter von Naturschutz als auch Forstwirtschaft halten es für wichtig, bei der Entwicklung von Anpassungskonzepten und -maßnahmen größere räumliche und zeitliche Ebenen einzubeziehen, z.B. im Hinblick auf den Habitatverbund, überregionale Projekte, Anbau- und Herkunftsversuche, und die interdisziplinäre Zusammenarbeit zu verstärken, z.B. zwischen Akteuren aus Forstwirtschaft und Naturschutz oder der Landschaftsplanung (DOYLE und RISTOW, 2006; HEILAND et al., 2008; AMERELLER et al., 2009; IBISCH et al., 2009; BEDBUR et al., 2010). Die Honorierung seitens der Forstwirtschaft erbrachter Naturschutzleistungen wird auch vor dem Hintergrund der Anpassung an den Klimawandel gefordert (ENGEL, 2008).

In der naturschutzfachlich ausgerichteten Literatur fordert man, konservierende Naturschutzansätze um einen dynamischen Ansatz zu ergänzen und statische Leitbilder und Ziele kritisch zu überdenken und zu erweitern (DOYLE und RISTOW, 2006; HEILAND et al., 2008; OTT et al., 2010). So könne die Optimierung von Resilienz und Anpassungsvermögen der Biodiversität im Zentrum zukünftiger Leitbildern stehen (IBISCH und KREFT, 2008). Verschiedene integrative und segregative Ansätze des Naturschutzes seien gleichbedeutend und könnten mit unterschiedlicher räumlicher Priorisierung nebeneinander bestehen (OTT et al., 2010). Bestehende Unsicherheiten sollten einbezogen werden, z.B. indem möglichst viele Optionen für die Zukunft offen gehalten würden und Maßnahmen nicht nur auf einen bestimmten gegenwärtigen Erhaltungszustand von Schutzobjekten fokussierten (HEILAND et al., 2008; IBISCH und KREFT,

2008; IBISCH et al., 2009; OTT et al., 2010). OTT et al. (2010) weisen darauf hin, dass zukünftig durch den anthropogenen Beitrag zum Klimawandel genauer zwischen positiven und negativen bzw. erwünschten und unerwünschten Veränderungsprozessen unterschieden werden müsse. Für eine flexiblere, ergebnisoffenere Planung werden adaptives Management, antizipatives Risikomanagement und Planung auf der Basis von Szenarien vorgeschlagen (HEILAND et al., 2008; IBISCH und KREFT, 2008; OTT et al., 2010). Auch Vertreter des Naturschutzes sehen die Honorierung über den unbestimmten Rechtsbegriff der „Guten fachlichen Praxis“ hinaus erbrachter Leistungen, z.B. über den Vertragsnaturschutz, als sinnvoll an (DOYLE et al., 2006).

Auch die Expertengruppe thematisiert die Schwierigkeiten bei der Festlegung von Referenzen. Es sei notwendig, zunächst anfällige und robuste Referenzen zu identifizieren, also solche, die durch den Klimawandel in ihrer Bedeutung verändert werden und solche, die uneinträchtig bleiben. Unterschiedliche naturschutzfachliche Zielsetzungen erforderten verschiedene Referenzen. So könne sich der Waldnaturschutz für das Ziel „Natürlichkeit“ weitgehend an natürlichen Anpassungsprozessen orientieren. Sei der Schutz der Kulturlandschaft beabsichtigt, müssten bestimmte Kulturzustände als Referenz dienen. Starre Referenzsysteme könnten z.B. mit Hilfe von Habitatmodellierungen evaluiert und flexibilisiert werden. Unklar blieb, ob heutige (sub-)mediterrane Ökosysteme hinsichtlich ihrer Entwicklung und dem zukünftigen Klima mit heimischen Standorten vergleichbare und damit geeignete Referenzräume seien. Unsicherheit und Nicht-Wissen seien stärker zu berücksichtigen, streng normative Vorgaben seien vor diesem Hintergrund eher fraglich. Bei Management-Empfehlungen müsse anstelle von Algorithmen zukünftig verstärkt mit Heuristiken gearbeitet werden, was bedeute, dass trotz begrenzten Wissens durch analytisches Vorgehen Handlungen abgeleitet und verifiziert werden sollten. Differenzierte Schutzkonzepte bzw. eine Vielfalt an Handlungsoptionen könnten Anpassungspotenziale erhöhen. Die Akzeptanz von Maßnahmen bei den verschiedenen Akteuren des Naturschutzes könne durch adaptives Management und die damit verbundene häufigere Überprüfung und Angleichung von Strategien verbessert werden. Anreizbasierte Naturschutzinstrumente werden ebenfalls als wichtig erachtet. Die „Gute fachliche Praxis“, könne dabei als Grundlage für die Definition bzw. Konkretisierung von Schwellenwerten dienen, ab denen eine Honorierung ansetze. Integrative Schutzansätze seien durch geeignete segregative zu ergänzen. Dabei sollten Naturschutz und Forstwirtschaft gemeinsame Lösungen erarbeiten, z.B. zum Management von Schutzgebietsflächen im Netzwerk Natura 2000.

4. DISKUSSION

4.1. Anpassungsmaßnahmen: Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Die Aussagen hinsichtlich der Anpassung von Wäldern aus Sicht von Forstwirtschaft und Waldnaturschutz weisen inhaltlich sowohl Gemeinsamkeiten als

auch Unterschiede auf. Sie unterscheiden sich darüber hinaus in ihrer Ausformulierung und Konkretisierung. Inhaltliche Unterschiede ergeben sich im Hinblick auf die Thematisierung bestimmter Handlungsfelder: forstliche Publikationen greifen naturgemäß eher waldbauliche Themen auf und beschäftigen sich häufig mit dem Umbau risikoreicher Fichtenwälder. Einzelne Maßnahmen wie der (versuchsweise) Anbau fremdländischer Baumarten oder die Reduktion von Umtriebszeiten könnten lokal zu Konflikten mit Naturschutzzielsetzungen führen. Dies passt zu den Ergebnissen von REIF et al. (2010), die zu diesen Themen Differenzen bei befragten Vertretern von Naturschutz und Forstwirtschaft identifizierten. Die Konsequenzen reduzierter Umtriebszeiten für die Biodiversität werden jedoch stark von ihrer Ausgestaltung (flächige oder vereinzelte Anwendung, betroffene Baumarten) abhängen. Dass die Rolle von Schutzgebieten und Biotopverbund bei der Klimawandelanpassung fast ausschließlich aus naturschutzfachlicher Sicht thematisiert wird, ergibt sich neben der fachlichen Bedeutung auch durch unterschiedliche räumliche Betrachtungsebenen. Aus forstlicher Sicht ist die Betriebsebene von großem Interesse, Ausbreitungshindernisse für Baumarten können durch künstliche Verjüngung überwunden werden. Naturschutzfachlich wird öfter auf die Landschaftsebene Bezug genommen bzw. im Kontext des Klimawandels zunehmend eine großräumige Betrachtungsebene gefordert (vgl. MILAD et al., 2012).

Inhaltliche Gemeinsamkeiten bestehen angesichts der Berücksichtigung von Vielfalt; sowohl forstliche als auch naturschutzfachliche Publikationen thematisieren ihre Bedeutung im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel. Der Begriff „Vielfalt“ (oder „Diversität“) zieht sich – direkt und indirekt – als Themenstrang sowohl durch die analysierte Literatur als auch die Aussagen des Expertenworkshops. Vielfalt ist dabei auf verschiedenen inhaltlichen, zeitlichen und räumlichen Ebenen angesiedelt und geht mit der Vielfalt im Handeln der Akteure über den Begriff der biologischen Vielfalt oder Biodiversität hinaus, was im Folgenden näher erläutert wird.

Zunächst wird die Erhöhung der Vielfalt auf sämtliche Ebenen der biologischen Vielfalt oder Waldbiodiversität bezogen, wie Arten-, Struktur-, Lebensraumvielfalt und die genetische Vielfalt (*Abbildung 1*). So sind sowohl Vertreter von Naturschutz als auch Forstwirtschaft der Auffassung, dass struktur- und artenreiche Wälder zur Anpassung an den Klimawandel beitragen. Dies geht mit Aussagen früherer Publikationen einher, in denen vielfältige Wälder als risikoärmer bezeichnet werden (OTTO, 1993). Wärmeliebende Mischbaumarten können aus Sicht beider Disziplinen an Bedeutung gewinnen. Ohne eine qualitative Wertung mit einzubeziehen, erhöht eine Erweiterung des Baumartenspektrums oder eine Mischung von Saatgut unterschiedlicher Herkünfte zur Minderung waldbaulicher Risiken zunächst die Vielfalt. Synergien mit Naturschutzzielen sind möglich. Bei neuen, bisher nicht heimischen Baumarten sind aus naturschutzfachlicher Sicht allerdings die längerfristigen Konsequenzen bedeutend: Führt die kurzfristige erhöhte Vielfalt auf lange Sicht aufgrund sich ändernder

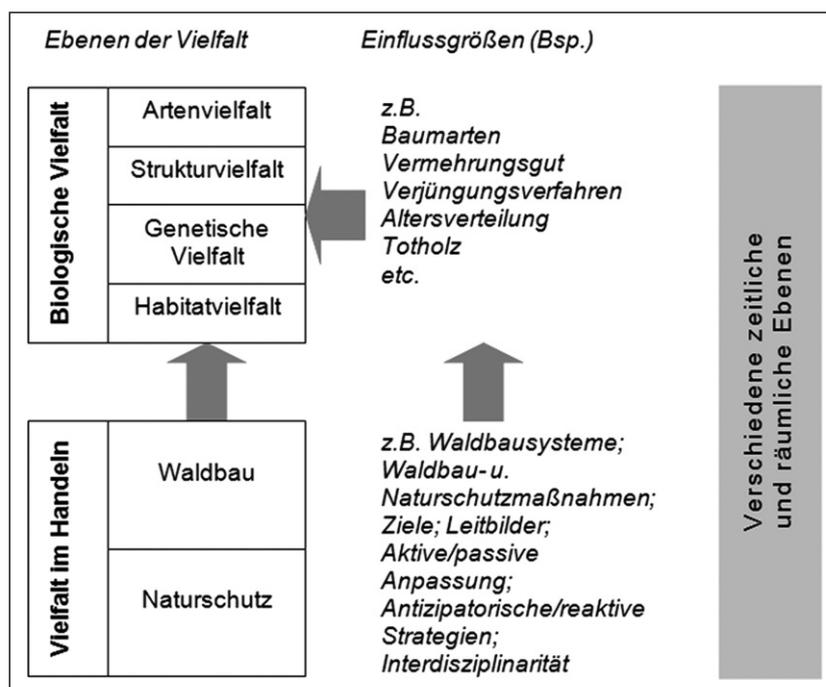


Abb. 1

„Vielfalt“ bildet ein zentrales Thema in forstlichen und naturschutzfachlichen Publikationen; einerseits bezogen auf die biologische Vielfalt, andererseits auf die Vielfalt im Handeln. Die Vielfalt im Handeln wird u.a. durch unterschiedliche Anpassungsstrategien, Zielsetzungen und Maßnahmen bestimmt und wirkt sich z.B. über die Veränderung der Artenzusammensetzung oder der Altersstruktur wiederum auf die biologische Vielfalt aus (in der Abbildung durch Pfeile symbolisiert). Die unterschiedlichen Ebenen von Vielfalt können sich auf verschiedene zeitliche und räumliche Ebenen beziehen.

Diversity is considered in relation to various content, temporal and spatial levels.

Konkurrenzverhältnisse oder Fehlanpassungen zu homogeneren Ökosystemen? Hierbei ist an die Auswirkungen neuer Arten auf andere Tier- und Pflanzenarten, Invasivität oder die Verringerung der genetischen Variabilität von Waldarten zu denken. Bereits vor einigen Jahren wiesen Autoren darauf hin, dass prozessuale Aspekte und die Langfristigkeit der Waldentwicklung im Waldnaturschutz oft keine ausreichende Berücksichtigung finden (JEDICKE, 1995; PLACHTER, 1997).

Die Erhöhung von Struktur- und Lebensraumvielfalt kann wiederum auf unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Ebenen angesiedelt sein (Landschaftsebene, Bestandesebene, Kleinstandorte, Mikrohabitate), (BOLLMANN et al., 2009), sich auf Schutzgebiete und Wirtschaftswälder beziehen, Sonderstandorte bzw. extra- und azonale Waldgesellschaften oder Waldrandgesellschaften mit einbeziehen. Die verschiedenen räumlichen Skalen sind bei einer naturschutzfachlichen Bewertung zu berücksichtigen. Eine vereinzelt geringere Vielfalt auf Bestandesebene kann mit einer hohen Vielfalt auf Landschaftsebene einhergehen, wenn die Vielfalt *zwischen* den Beständen hoch ist. Unterschiedliche Bewirtschaftungs- und Schutzansätze tragen daher möglicherweise zu einer Streuung von klimawandelbedingten Risiken bei. Diese Zusammenhänge sollten jedoch nicht vereinfacht dargestellt oder als Rechtfertigung für „busi-

ness as usual“ herangezogen werden. Entscheidend wird sein, welcher Beitrag im großräumigen Zusammenhang geleistet wird, bzw. welches Ergebnis im Hinblick auf die Naturschutzwertigkeit und – vor dem Hintergrund des Klimawandels im Besonderen – Resilienz und Anpassungsfähigkeit einer Landschaft erzielt werden kann.

Neben der biologischen Vielfalt i. e. S. können auch die vielfältigen Handlungsansätze zu einer Erhöhung von Anpassungspotenzialen beitragen (FOLKE et al., 2002). Das können verschiedene Waldbau- und Schutzmaßnahmen, Betriebsformen, aber auch die generellen Ausrichtungen der Anpassungs-Reaktionen sein, also ob es sich um aktive oder passive Anpassungsmaßnahmen handelt, Mischtypen oder Maßnahmen, die auf eine Abmilderung des Klimawandels abzielen. In der Diskussion der Experten war Diversität auch im Bezug auf die Neuorientierung von Referenzsystemen und Leitbildern ein Stichwort: für verschiedene Zielsetzungen wurden verschiedene Referenzsysteme empfohlen (z.B. natürliche Prozesse einerseits, Kulturlandschaftszustände andererseits); außerdem ein Leitbild, das sowohl integrative als auch segregative Schutzansätze vereint. Auch die Empfehlungen, interdisziplinär zu arbeiten, die verschiedenen Forschungsrichtungen und -ansätze zu berücksichtigen und Naturschutz und Forstwirtschaft zusammenzubringen, können zu einer höheren Vielfalt

im Handeln führen. Ein räumlich oder zeitlich differenziertes Vorgehen bei der Umsetzung von Maßnahmen, z. B. unterschiedliche Flächenanteile fremdländischer Baumarten oder verschiedene Zeithorizonte für den Umbau von Waldbeständen, kann Optionen für die Zukunft offen halten und eine Grundlage für adaptives Management darstellen.

Sowohl Vertreter von Naturschutz als auch Forstwirtschaft erkennen die Problematik der Definition „heimischer Arten“ oder anderer statischer Referenzen angesichts sich schnell wandelnder Umweltbedingungen und fordern, Referenzen entsprechend neu zu bewerten. Dennoch ist die prioritäre Verwendung heimischer Baumarten Ziel einiger Autoren.

4.2. Umgang mit Unsicherheit und Bedeutung von Erfahrungswissen

Während einige Aussagen sowohl im forstlichen als auch naturschutzfachlichen Bereich sehr allgemein gehalten sind, weisen andere bereits Ansätze für operationale Maßnahmen bzw. Handlungsvorschläge auf. Bei den Vorschlägen der Forstwirtschaft handelt es sich in der Regel um bekannte Maßnahmen, wie Baumartenwahl, Durchforstung oder die Verkürzung von Umtriebszeiten, die man entsprechend der wahrscheinlichen klimatischen Veränderungen ausgestalten möchte. Diese Maßnahmen stellen einige „Stellschrauben“ für eine mögliche Anpassung dar. Zugleich spielt der Umgang mit Unsicherheit angesichts der Langlebigkeit des Produktionsmittels Wald und entsprechenden Planungsperioden traditionell in der Forstwirtschaft eine Rolle, wenn auch die Unsicherheiten im Kontext des Klimawandels eine neue Dimension aufweisen (BERNIER und SCHOENE, 2009). Erfahrungswissen kann im Rahmen der Anpassung von Nutzen sein; dennoch stellt sich die Frage, welche Bedeutung Erfahrungswissen haben wird, sollten sich die Klimabedingungen sehr stark verändern und möglicherweise unbekanntere Entwicklungen eintreten. Zugute kommen kann der Forstwirtschaft auch der vergleichsweise hohe Dokumentationsgrad – neben den Forsteinrichtungswerken verfügen forstliche Versuchs- und Forschungsanstalten für einige Baumarten über Daten aus längerfristigen Herkunfts- oder Anbauversuchen (KÄTZEL, 2009; BOLTE und DEGEN, 2010). Nach ANDERS (2006) bilden die Vertreter des Naturschutzes soziologisch eine inhomogenere Gruppe als die Vertreter der Forstwirtschaft: im Kleinprivatwald sind zwar u. U. neben der wirtschaftlichen Funktion auch ideelle Interessen oder aber völliges Desinteresse an Waldbesitz und Holzproduktion bestimmend (BIELING, 2005), jedoch können zumindest für die Vertreter der öffentlichen Waldbesitzarten gemeinsame Werte (ANDERS, 2006) und die Aufrechterhaltung der Holznutzfunktion als gemeinsames, übergeordnetes Ziel gesehen werden. Die Ziele des Naturschutzes erscheinen häufig weniger konsistent oder z. T. gegenläufig (PECHACEK, 1996). So werden z. B. unterschiedliche Ziele verfolgt, wenn es um den Erhalt bestimmter Arten oder Habitate (konservierende Ansätze) und den Schutz der natürlichen Walddynamik geht (prozessualer Ansatz). Entsprechend unterschiedlich ist der Umgang von Naturschützern mit Unsicherheit einzustufen. So werden im Rahmen eines prozessualen

Schutzansatzes von vornherein Entwicklungen mit ungewissem Ausgang einbezogen (JEDICKE, 1995). Wie die Analyse zeigt, werden besonders die auf statischen Referenzen beruhenden Schutzansätze angesichts des Klimawandels in Frage gestellt. Dies führt dazu, dass im Naturschutz nur teilweise auf bekannte Strategien zurückgegriffen werden kann. In den stärker naturschutzfachlich ausgerichteten Publikationen finden sich daher mehr Hinweise darauf, die verschiedenen Naturschutzziele zunächst zu überdenken und neu zu diskutieren. Angesichts des Klimawandels seien zukunftsfähige Leitbilder und Ziele zu identifizieren, um aus ihnen Strategien ableiten zu können.

5. Schlussfolgerungen

Aus der Analyse der Diskussion um die Anpassung von Wäldern an den Klimawandel werden Antagonismen und Synergien zwischen forstwirtschaftlichen und naturschutzfachlichen Überlegungen, Konzepten und Maßnahmen deutlich. Gegensätzlichkeiten können sich einerseits durch die Forderung des Naturschutzes nach Prozessschutzgebieten ergeben, welche in Flächenkonkurrenz mit forstlichen Zielsetzungen stehen. Andererseits können einzelne forstwirtschaftlich begründete Anpassungsmaßnahmen, wie der Einsatz fremdländischer Baumarten oder die Reduktion von Umtriebszeiten, zu Konflikten mit Naturschutzzielsetzungen führen. Die Auswirkungen forstlicher Maßnahmen auf die naturschutzfachliche Wertigkeit von Wäldern hängen jedoch stark von der Ausgestaltung der jeweiligen Maßnahme ab. Die Rolle der Vielfalt im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel ist beiden Disziplinen gemein und bietet Ansatzpunkte für eine gemeinsame Anpassungsstrategie. Vielfältige Handlungsoptionen können dabei ebenfalls zur Anpassung beitragen. Zukünftige Herausforderungen liegen in der Abstimmung wirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Zielsetzungen. Einzelne Bewirtschaftungs- und Schutzansätze und somit auch Anpassungsmaßnahmen müssen dazu in einen zeitlichen und räumlichen Kontext eingeordnet und ihre Auswirkungen auf die Waldbiodiversität entsprechend differenziert betrachtet werden. Veränderungen der Biodiversität sollten längerfristig und in einem größeren räumlichen Zusammenhang beurteilt werden. Damit einhergehen muss die wiederholte Evaluierung und Dokumentation von Maßnahmen und Erkenntnissen im Sinne des adaptiven Managements, nicht nur um Effekte beschreiben und zuordnen zu können, sondern auch um eine (Neu-)Bewertung und Korrektur des Handelns vor dem Hintergrund bisher nicht dagewesener Entwicklungen zu ermöglichen. Bislang wenig oder undokumentiertes individuelles Erfahrungswissen kann dabei in das adaptive Management eingebunden werden. Vorhandene Erkenntnisse können einerseits wertvolle Ansätze hinsichtlich der Anpassung an den Klimawandel liefern; zugleich wird im Rahmen des adaptiven Managements die Offenheit gegenüber neuen konzeptionellen Ansätzen und Umsetzungsmaßnahmen gestärkt. Unverzichtbare Grundlage, sowohl für die forstwirtschaftliche als auch naturschutzfachliche Umsetzung, ist die Etablierung bzw. Fortführung eines langfristigen Monitoringsystems.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Naturschutz und Forstwirtschaft sehen sich durch den Klimawandel neuen, gemeinsamen, aber auch fachspezifischen Herausforderungen ausgesetzt, was zur Diskussion und Planung von Anpassungsmaßnahmen führte. Während Arealverschiebungen und lokale Veränderungen der (Wald-)Artenzusammensetzung sowohl konservierende Schutzansätze als auch die waldbauliche Baumartenwahl erschweren können, birgt die projizierte Zunahme von Extremereignissen insbesondere für die Forstwirtschaft Risiken. Wir analysieren forst- und naturschutzfachliche Veröffentlichungen aus dem Zeitraum 2000 bis 2011 sowie die Ergebnisse eines Workshops mit Experten aus Forstwirtschaft und Naturschutz hinsichtlich der Fragen, (i) welche Maßnahmen zur Anpassung von Wäldern an den Klimawandel mit Bezug zu walddatenschutzfachlichen Zielsetzungen derzeit in Forstwirtschaft und Naturschutz diskutiert und (ii) welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede dabei zwischen den Aussagen der Vertreter von Forstwirtschaft und Naturschutz erkennbar werden. Unterschiede bestehen bezüglich der Handlungsfelder und den damit verbundenen räumlichen Bezugsebenen. In den forstlichen Veröffentlichungen bilden die Baumartenwahl und der Umbau risikoreicher Bestände, somit die Betriebs- oder Bestandesebene, einen Schwerpunkt. Naturschutzfachliche Veröffentlichungen thematisieren häufig Schutzgebiete und Biotopverbund, die besonders angesichts des Klimawandels eine größere räumliche Bezugsebene erfordern (z. B. Landschaft). Gemeinsam ist den forstlichen und naturschutzfachlichen Publikationen das Thema Vielfalt, welches auf unterschiedlichen räumlichen sowie inhaltlichen Ebenen angesiedelt sein kann (z. B. Biodiversität, Vielfalt im Handeln). Die Berücksichtigung von Vielfalt kann daher als Ansatzpunkt für eine gemeinsame Anpassungsstrategie verstanden werden. Zukünftige Herausforderungen bestehen v. a. darin, wirtschaftliche und naturschutzfachliche Zielsetzungen aufeinander abzustimmen. Einzelne Bewirtschaftungs- und Schutzansätze und somit auch Anpassungsmaßnahmen sollten zeitlich und räumlich eingeordnet und in ein übergeordnetes, adaptives Managementkonzept eingebunden werden, welches die Möglichkeit bietet, Anpassungsmaßnahmen sowie mit ihnen verbundenes Wissen zu evaluieren und weiterzuentwickeln.

7. DANKSAGUNG

Die Studie ist Teil des F&E-Vorhabens „Wälder und Klimawandel – Künftige Strategien für Schutz und Nutzung“ (FKZ 3508 83 0600), gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN).

Unser Dank gilt den Teilnehmern des Expertenworkshops „Walddatenschutz und Klimawandel – Konzepte, Leitbilder, Instrumente und politische Strategien“, der vom 24.–26.1.2011 in Freiburg stattfand, für Ihre Beiträge.

8. SUMMARY

Title of the paper: *Climate change adaptation measures – an analysis of proposals from forestry and nature conservation.*

As a consequence of climate change, nature conservation and forestry face common but also subject-specific challenges, which has led to discussion and planning around adaptation measures. Although both conservative protection approaches and silvicultural tree species selection can inhibit range shifts and local changes to (forest) species composition, the projected increase in extreme events poses risks, particularly for forestry. We analyze publications on forest and nature conservation over the timeframe 2000 to 2011 as well as the results of a workshop with forestry and nature conservation experts with regard to the questions, (i) which measures for the adaptation of forests to climate change, and relating to forest nature conservation objectives, are currently discussed in forestry and nature conservation fields? And, (ii) amongst these measures, which similarities and differences are distinguishable between the statements from representatives of forestry and nature conservation fields? We followed categories based on a compilation of conservation objectives for rewarding conservation services provided by forestry (SCHAICH and KONOLD, 2005; table 1).

The results showed differences with regard to the fields of activity and their associated spatial reference levels (cf. table 2). In the forestry publications there is a particular emphasis on tree species selection and the conversion of high-risk stands, and thereby on the enterprise or stand level. Conservation publications often address protected areas and biotope networks which, particularly given climate change, require a larger spatial reference level (e.g. landscape). Depending on their nature (static or dynamic), conservation objectives embody varying degrees of uncertainty. E.g. conservation approaches which are not based on references attached to a certain state or time period but allow for natural processes, include unknown developments a priori which makes them more robust in a changing climate. In forestry, uncertainty has always played a role as to the long generation time of trees. Practical expert knowledge can assist adaptation to climate change; however, climate change is expected to entail new, unknown challenges. Common to the forestry and conservation publications is the topic diversity that can be located at various spatial (e.g. micro habitat, landscape) as well as content levels (cf. figure 1). First, different levels of biodiversity (e.g. species, genetic, structural and habitat diversity) are considered. Forest stands which are rich in structures and species are regarded as being at lower risk of negative effects from future climate conditions. Further, risks are spread across various species. From a nature conservation perspective, selected tree species and their consequences for forest biodiversity are of concern. Even if species diversity is increased in the short term, forest ecosystems can become more uniform in the long term if habitat or species competition is altered in an unfavorable way. Diversity is also considered regarding adaptation measures. Different measures in forestry

and conservation increase adaptation capacity. A variety of adaptation options can also serve to increase flexibility. The consideration of diversity can therefore be understood as a starting point for a common adaptation strategy. Future challenges exist above all in aligning economic and nature conservation objectives. Individual management and protection approaches and thus also adaptation measures should be temporally and spatially classified and integrated into an overarching, adaptive management concept. This in turn would provide a means through which to evaluate and further develop adaptation measures and associated knowledge.

9. RÉSUMÉ

Titre de l'article: *Mesures d'adaptation au changement climatique – une analyse de proposition de la gestion forestière et de la protection de la nature.*

Protection de la nature et gestion forestière se voient exposées, du fait du changement climatique, à de nouvelles exigences communes mais aussi spécifiques à chaque discipline, ce qui a conduit à la discussion et à la planification de mesures d'adaptation. Pendant que les déplacements et les modifications d'aires de répartition des associations d'espèces ligneuses peuvent compliquer aussi bien les approches conservatrices de protection de la nature que le choix sylvicole des espèces ligneuses, la recrudescence projetée des événements extrêmes cache des risques, particulièrement pour la gestion forestière. Nous analysons des publications des domaines forestier et de la protection de la nature sur la période 2000 à 2011 aussi bien que les résultats d'un groupe de travail d'experts de la gestion forestière et de la protection de la nature au regard des questions, (i) quelles mesures d'adaptation des forêts au changement climatique sont à discuter en relation avec la prise d'objectifs en matière de protection de la nature en cette époque dans la gestion forestière et la protection de la nature et (ii) quels points communs et quelles différences y sont perceptibles entre les déclarations des représentants de la gestion forestière et ceux de la protection de la nature. Des différences existent en ce qui concerne les champs d'action et les niveaux de référence spatiaux qui y sont liés. Dans les publications forestières le choix des espèces ligneuses et la transformation de peuplements plus à risque, et par conséquent l'échelle de l'entreprise ou celle du peuplement, constituent un point principal. Les publications du domaine de la protection de la nature prennent fréquemment le thème des zones de protection et l'assemblage des biotopes qui exigent particulièrement, face au changement climatique, un niveau de référence spatialement plus grand (par exemple le paysage). D'une manière commune, les publications forestières et celles du domaine de la protection de la nature traitent des thèmes de diversité et de dynamique, lesquelles peuvent être fixées à différents niveaux d'espace et de contenu (par exemple biodiversité et diversité des actions). La prise en considération de la diversité et de la dynamique peut, de là, être comprise comme point d'approche pour une stratégie d'adaptation commune. Les exigences à venir réussissent à s'accorder là-dedans sur des prises d'objectifs de gestion et de protection de la

nature associés les uns sur les autres. Les seules approches de gestion et de protection et par conséquent aussi les mesures d'adaptation doivent être hiérarchisées dans le temps et dans l'espace et être reliées au sein d'un concept de gestion adapté qui offre la possibilité d'évaluer et de continuer à développer les mesures d'adaptation tout comme les connaissances qui y sont liées.

10. LITERATUR

- AMERELLER, K., C. KÖLLING, A. BOLTE, D.-R. EISENHAEUER, J. GROB, M. HANEWINKEL M., I. PROFFT und P. RÖHE (2009): Die „20 Freisinger Punkte“. Gemeinsame Basis der deutschsprachigen forstlichen Ressortforschung. *AFZ/Der Wald* **17**, 916–918.
- AMMER, C. (2009): Welche Baumarten trotzen dem Klimawandel? *Landwirtschaft 2009*, der kritische Agrarbericht. Schwerpunkt: Landwirtschaft im Klimawandel, ABL-Verlag, Kassel, 199–203.
- AMMER, C. und C. KÖLLING (2007): Waldbau im Klimawandel – Strategien für den Umgang mit dem Unvermeidlichen. *Unser Wald* **59**, 12–14.
- ANDERS, K. (2006): „Forst“ und Naturschutz: Eine kulturwissenschaftliche Annäherung. *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie* **40**, 18–28.
- ARBEITSKREIS WALDBAU UND NATURSCHUTZ NRW (2007): Zukunft der Buchenwälder in Nordrhein-Westfalen. *Natur in NRW* **3**, 37–40.
- BACHMANN, M., M. KONNERT und A. SCHMIEDINGER (2009): Vielfalt schaffen, Risiko verringern – Gastbaumarten als Alternativen zur Fichte. *LWF Wissen* **63**, 22–30.
- BÄR, L. (2009): Perspektiven für den Douglasienanbau im Pfälzerwald unter sich verändernden klimatischen Bedingungen. *AFZ/Der Wald* **64**, 581–583.
- BAUMANN, A. (2008): Klimawandel und Biodiversität – Sicht des NABU-Landesverbandes. *Naturschutz-Info* Nr. **2**, 13–15.
- BEDBUR, I., U. MATTHES und W. KONOLD (2010): Pionierbaumarten – Chancen, Verbreitung und Potenziale im Klimawandel in Rheinland-Pfalz. *Forst und Holz* **65**, 20–27.
- BENDIX, B. (2010): Waldbau mit Küstentanne und Douglasie. Sachsen-Anhalt: Workshop zur „Erweiterung der Baumartenpalette“ in Quarnbeck. *Forst und Holz* **65**, 14–15.
- BERNIER, P. und D. SCHOENE (2009): Adapting forests and their management to climate change: an overview. *Unasylva* **60**, 231/232.
- BIELING, C. (2005): Akzeptanz und Umsetzung von Praktiken des ökologischen Waldumbaus und einer naturnahen Bewirtschaftung im Privatwald. In: TEUFFEL, K. FRHR. v., M. BAUMGARTEN, M. HANEWINKEL, W. KONOLD, U. H. SAUTER, H. SPIECKER, K. v. WILPERT: *Waldumbau für eine zukunftsorientierte Waldwirtschaft. Ergebnisse aus dem Südschwarzwald*. Springer, Berlin, Heidelberg. 422 S.
- BIERMAYER, G. (2008): Quo vadis – Forstwirtschaft im Zeichen des Klimawandels. *AFZ/Der Wald* **63**, 808–810.
- BIERMAYER, G. (2009): Fichtenwälder im Klimawandel – Konsequenzen für Forstwirtschaft und Forstwissenschaft. *LWF Wissen* **63**, 7–10.
- BOLTE, A. und B. DEGEN (2010): Anpassung der Wälder an den Klimawandel: Optionen und Grenzen. *vTI Agriculture and Forestry Research* **60**, 111–118.

- BOLTE, A. und P. IBISCH (2007): Neun Thesen zu Klimawandel, Waldbau und Waldnaturschutz. *AFZ/Der Wald* **62**, 572–576.
- BOLLMANN, K., A. BERGAMINI, B. SENN-IRLET, M. NOBIS, P. DUELLI und C. SCHEIDEGGER (2009): Konzepte, Instrumente und Herausforderungen bei der Förderung der Biodiversität im Wald. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* **160**, 53–67.
- BORCHERT, H. und C. KÖLLING (2003): Wachsen Palmen bald am Chiemsee? Welche waldbaulichen Konsequenzen werden derzeit diskutiert? *LWF aktuell* **37**, 23–29.
- BORCHERT, H. und C. KÖLLING (2004): Waldbauliche Anpassung der Wälder an den Klimawandel jetzt beginnen. *LWF aktuell* **43**, 28–30.
- BRANG, P., H. BUGMANN, A. BÜRGL, U. MÜHLETHALER, A. RIGLING und R. SCHWITTER (2009): Klimawandel und Waldbau. *Wald und Holz* Nr. **9**, 26–28.
- BRONNER, G. (2008): Klimawandel und Naturschutz – Sicht des Landesnaturschutzverbandes. *Naturschutz-Info* Nr. **2**, 11–12.
- BROSINGER, F. und S. ÖSTREICHER (2009): Die Fichte im Wandel. *LWF Wissen* **63**, 11–15.
- BROSINGER, F. und S. TRETTER (2007): Waldbau im Zeichen des Klimawandels. Anpassung durch Waldumbau und naturnahe Forstwirtschaft. *LWF aktuell* **60**, S. 21–23.
- DOYLE, U. und M. RISTOW (2006): Biodiversitäts- und Naturschutz vor dem Hintergrund des Klimawandels. Für einen dynamischen integrativen Schutz der biologischen Vielfalt. *Naturschutz und Landschaftsplanung* **38**, 101–106.
- EISENHAUER, D.-R. (2008): Waldbaukonzept und Klimawandel. Staatsbetrieb Sachsenforst. *AFZ/Der Wald* **63**, 814–817.
- ENGEL, J. (2008): „Klima-Werkstatt“ in Eberswalde. Waldwirtschaft muss sich dem Klimawandel stellen. *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie* **42**, 90–91.
- FISCHER, A. (2008): Die Eignung der Douglasie im Hinblick auf den Klimawandel. *LWF Wissen* **59**, 63–66.
- FOLKE, C., CARPENTER, S., ELMQVIST, T., GUNDERSON, L., HOLLING, C. S. und B. WALKER (2002): Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. *Ambio: A Journal of the Human Environment* **31**, 437–440.
- GEBHARDT, H. (2000): Klimaveränderungen und Auswirkungen auf Ökosysteme. In: Arbeitskreis KLIWA (Hrsg.): Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft-Fachvorträge beim KLIWA-Symposium am 29. und 30.11.2000 in Karlsruhe, Bd. **1** (Kliwa-Heft 1), 255–268.
- GEBHARDT, H. (2006): Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung in Baden-Württemberg. In: BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (BfN) (Hrsg.): Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland II. Ergebnisse und Dokumentation des 2. Workshops. Bundesamt für Naturschutz (BfN). BMU-Druckerei, Bonn-Bad Godesberg, 46–48.
- GEBUREK, T. (2006): Klimawandel – Forstliche Maßnahmen aus genetischer Sicht. *BFW-Praxisinformation* Nr. **10**, 12–14.
- GILSA, H. v. (2008): Waldbau und Klima – was tun? *FVA-einblick* **12**, 44–45.
- GOLTZ, H. v. D. (2004): Risiko Klimawandel – der Dauerwald als Lösungsstrategie. In: MOLDENHAUER, H., C. GROBE und S. EHRHARDT: Forstwirtschaft im Dialog. Gemeinsam die Zukunft gestalten! Deutscher Forstverein e.V., 61. Jahrestagung, 25.–28. September 2003 in Mainz, Kongressbericht, S. 377–381.
- HANKE, G. (2005): Klimawandel. Herausforderung aus walldökologischer und waldbaulicher Sicht. *LÖBF-Mitteilungen* **30**, 25–28.
- HEILAND, S. und I. KOWARIK (2008): Anpassungserfordernisse des Naturschutzes und seiner Instrumente an den Klimawandel und dessen Folgewirkungen. *Informationen zur Raumentwicklung*, Nr. **6**, 415–422.
- HEILAND, S., B. GEIGER, K. RITTEL, C. STEINL und S. WIELAND (2008): Der Klimawandel als Herausforderung für die Landschaftsplanung. *Naturschutz und Landschaftsplanung* **40**, 37–41.
- HÖLTERMANN, A., F. KLINGENSTEIN und A. SSYMANK (2008): Naturschutzfachliche Bewertung der Douglasie aus Sicht des Bundesamtes für Naturschutz (BfN). *LWF Wissen* **59**, 74–81.
- IBISCH, P. und S. KREFT (2008): Anpassung an den Klimawandel: eine systematische Analyse von Handlungsoptionen für den Naturschutz. *Anliegen Natur* **32**, 3–23.
- IBISCH, P. L., B. KUNZE und S. KREFT (2009): Biodiversitätserhaltung in Zeiten des (Klima-) Wandels: Risikomanagement als Grundlage eines systemischen, nichtwissenbasierten Naturschutzes. Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (Hrsg.): Wald im Klimawandel – Risiken und Anpassungsstrategien, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. **42**, 44–62.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Genf, Schweiz, 104 S.
- JEDICKE, E. (1995): Ressourcenschutz und Prozessschutz. Diskussion notwendiger Ansätze zu einem ganzheitlichen Naturschutz. *Naturschutz und Landschaftsplanung* **27**, 125–133.
- JENSSEN, M. (2009): Forstpraktische Umsetzung des Leitbildes klimaplastischer Wälder im nordostdeutschen Tiefland. *Forst und Holz* **64**, 18–21.
- JENSSEN, M., G. HOFMANN und U. POMMER (2007): Die natürlichen Vegetationspotentiale Brandenburgs als Grundlage klimaplastischer Zukunftswälder. Beiträge zur Gehölkunde, 17–29.
- JENTSCH, A. und C. BEIERKUHNLIN (2008): Research frontiers in climate change: Effects of extreme meteorological events on ecosystems. *C. R. Geoscience* **340**, 621–628.
- KÄTZEL, R. (2009): Möglichkeiten und Grenzen der Anpassung an Klimaextreme – eine Betrachtung zu baumartenspezifischen Risiken aus Sicht der Ökophysiologie. Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (Hrsg.): Wald im Klimawandel – Risiken und Anpassungsstrategien, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. **42**, 22–34.
- KAPPELLE, M., M. M. I. VAN VUUREN und P. BAAS (1999): Effects of climate change on biodiversity: a review and identification of key research issues. *Biodiversity and Conservation* **8**, 1383–1397.
- KIBAT, K.-D. (2008): Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald und Risikovorsorge. Arbeitsgemeinschaft der Rohholzverbraucher e.V. (AGR). *AFZ/Der Wald* **63**, 36.
- KNAPP, H. D., E. NICKEL und H. PLACHTER (2007): Buchenwälder – ein europäischer Beitrag zum Waldarbeitsprogramm der CBD. *Natur und Landschaft* **82**, 386–390.

- KNOKE, T. (2009): Welche Anpassungsstrategien bieten sich für Forstbetriebe vor dem Hintergrund einer ungewissen Zukunft an? *In: Waldstrategie 2020, Tagungsband zum Symposium des BMELV, vTI Landbauforschung, Sonderheft 327*, 47–51.
- KOHNLE, U., S. HEIN und H.-G. MICHIELS (2008): Waldbauliche Handlungsmöglichkeiten angesichts des Klimawandels. *FVA-einblick 12*, 52–55.
- KÖLLING, C. (2007): Bäume für die Zukunft. Baumartenwahl in den Zeiten des Klimawandels. *LWF aktuell 60*, 35–37.
- KÖLLING, C. (2008a): Die Douglasie im Klimawandel: Gegenwärtige und zukünftige Anbaubedingungen in Bayern. *LWF Wissen 59*, 12–21.
- KÖLLING, C. (2008b): Wälder im Klimawandel – die Forstwirtschaft muss sich anpassen. *Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken: Gefahren für Menschen, Tiere und Pflanzen; wissenschaftliche Fakten*, 357–361.
- KÖLLING, C. und C. AMMER (2006): Waldumbau unter den Vorzeichen des Klimawandels. *AFZ/Der Wald 61*, 1086–1089.
- KÖLLING, C., B. BEINHOFER, A. HAHN und T. KNOKE (2010): „Wer streut, rutscht nicht“. Wie soll die Forstwirtschaft auf neue Risiken im Klimawandel reagieren? *AFZ/Der Wald 65*, 18–22.
- KONNERT, M. (2007): Bedeutung der Herkunft beim Klimawandel. Genetische Ausstattung der Waldbäume ist Grundlage für ihre Anpassungsfähigkeit. *LWF aktuell 60*, 38–39.
- KRÄUCHI, N. (2007): Konzepte zum Biodiversitätsschutz anpassen. Mit Klimakorridoren Schutzgebiete vernetzen. *hotspot Nr. 16*, 17.
- LOTZE-CAMPEN, H., L. CLAUSSEN, A. DOSCH, S. NOLEPPA, J. ROCK, J. SCHULER und G. UCKERT (2009): Klimawandel und Kulturlandschaft in Berlin. *PIK-Report Nr. 113*, 158 S.
- MAYRING, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz, Weinheim. 144 S.
- MICHIELS, H.-G., C. AYDIN, T. CIHAN, A. BOLTE, S. HEIN, E. HUSSENDÖRFER, U. MÜHLETHALER, A. REIF und W. SCHMIDT (2009): Ökologischer Steckbrief und waldbauliche Bewertung der Buche. *Forst und Holz 64*, 18–21.
- MILAD, M., H. SCHAICH, M. BÜRGI und W. KONOLD (2011): Climate change and nature conservation in Central European forests: A review of consequences, concepts and challenges. *Forest Ecology and Management 261*, 829–843.
- MILAD, M., H. SCHAICH und W. KONOLD (2012): How is adaptation to climate change reflected in current practice of forest management and conservation? A case study from Germany. *Biodiversity and Conservation, Biodiversity and Conservation*, im Druck, online verfügbar. DOI: 10.1007/s10531-012-0337-8.
- MÜLLER-KROEHLING, S., H. WALENTOWSKI und H. BÜBLER (2007): Waldnaturschutz im Klimawandel. Neue Herausforderungen für den Erhalt der Biodiversität. *LWF aktuell 60*, 30–33.
- OTT, K., C. EPPEL, H. KORN, R. PIECHOCKI, T. POTTHAST, L. VOGEL und N. WIERSBINSKI (2010): Vilmer Thesen zum Naturschutz im Klimawandel. *Natur und Landschaft 85*, 229–233.
- OTTO, H.-J. (1993): Der dynamische Wald. Ökologische Grundlagen des naturnahen Waldbaus. *Forst und Holz 40*, 331–335.
- PECHACEK, P. (1996): Bedeutung der Nationalparke für den Naturschutz im Wald. *Forst und Holz 51*, 138–141.
- PENUELAS, J. und I. FILELLA (2001): Responses to a warming world. *Science 294*, 793–794.
- PLACHTER, H. (1997): Naturschutzstrategien für den Wald in Mitteleuropa. *Agrarspektrum 27*, 44–64.
- REIF, A., COCH, T., KNOERZER, D. und R. SUCHANT (2001): Wald. *In: KONOLD, W., BÖCKER, R. und U. HAMPICKE, (Hg.) 2001 – Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. Landsberg: Ecomed. 4. Erg. Lfg.
- REIF, A., G. AAS und F. ESSL (2011): Braucht der Wald in Zeiten der Klimaveränderung neue, nicht heimische Baumarten? *Natur und Landschaft 86*, 256–260.
- REIF, A., BRUCKER, U., KRATZER, R., BAUHUS, J. und A. SCHMIEDINGER (2010): Waldbau und Baumartenwahl in Zeiten des Klimawandels. Was verbindet, was trennt Forstleute und Naturschützer? *AFZ-Der Wald, 65*, 22–24.
- SCHAICH, H. und W. KONOLD (2005): Naturschutzfachliche Grundlagen und Möglichkeiten der Operationalisierung eines Honorierungssystems ökologischer Leistungen im Wald. *In: WINKEL, G., H. SCHAICH, W. KONOLD und K. R. VOLZ: Naturschutz und Forstwirtschaft: Bausteine einer Naturschutzstrategie im Wald. Ergebnisse aus dem F + E-Vorhaben „Gute Fachliche Praxis in der Forstwirtschaft“ (FKZ 801 840 010) des Bundesamtes für Naturschutz*. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz. 398 S.
- SCHAICH, H. und W. KONOLD (2012): Honorierung ökologischer Leistungen der Forstwirtschaft. Neue Wege für Kompensationsmaßnahmen im Wald? *Naturschutz und Landschaftsplanung 44*, 5–13.
- SPATHELF, P. und A. BOLTE (2009): Integration natürlicher Störungen in den Waldbau – ein Schlüssel für die Schaffung resilienter Waldökosysteme? *In: LANDESKOMPETENZZENTRUM FORST EBERSWALDE (Hrsg.): Wald im Klimawandel – Risiken und Anpassungsstrategien, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. 42*, 118–125.
- SPELLMANN, H., J. SUTMÖLLER und H. MEESENBERG (2007): Risikovorsorge im Zeichen des Klimawandels. Vorläufige Empfehlungen der NW-FVA am Beispiel des Fichtenanbaus. *AFZ/Der Wald 62*, 1246–1249.
- THIEME, F. (2008): Douglasie eine Alternative im Klimawandel? Mehr als 150 Jahre Anbauerfahrung in Deutschland – aktuell sind derzeit etwa 180 000 ha mit Douglasie bestockt. *Holz-Zentralblatt 134*, 04.04.2008, 391.
- THOMAS, C. D. und J. J. LENNON (1999) Birds extend their ranges northwards. *Nature 399*, 213.
- VOHLAND, K. (2007): Naturschutzgebiete im Klimawandel – Risiken für Schutzziele und Handlungsoptionen. Bericht über ein laufendes Forschungsprojekt am Potsdam Institut für Klimafolgenforschung. *ANLIEGEN Natur 31*, 60–67.
- WAGNER, S. (2008): Klimawandel. Überlegungen zu waldbaulichen Strategien. *In: AFZ/Der Wald 63*, 1104–1107.
- WALENTOWSKI, H. und S. MÜLLER-KROEHLING (2009): Natura 2000, Biodiversität und Klimawandel. Wie hängen diese „Megathemen“ zusammen? *LWF aktuell 69*, 6–7.
- WALENTOWSKI, H., A. BOLTE, P. IBISCH, K. GLOGNER und A. REIF (2009): AFSV-Konzeptpapier „Wald im Klimawandel“ – Möglichkeiten der Risikominderung. *Forst und Holz 64*, 10–13.
- WALTHER, G. R., S. BERGER und M. T. SYKES (2005): An ecological ‘footprint’ of climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 272*, 1427–1432.