



# Klimabezogener Umbau der Eichenwälder mit mediterranen Eichen – Eine vorläufige Wirkungs- und Folgenabschätzung

Kolja Glatzer<sup>2</sup>, Engelbert Schramm<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Projektbereich F Ergebnis-Transfer und sozial-ökologische Aspekte klimabedingter Biodiversitätsveränderungen

<sup>2</sup> Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE)

**Abstract:** Based on the scenario work of the project „Waldzukünfte“ (Futures of Forest) initiated by the German Federal Ministry of Education and Research a forests conversion in regard to climate adaptation by means of Mediterranean oak tree varieties is examined. We are taking the ecosystem services of a forest marked by this particular tree variety to give an initial estimate of effects and consequences for an according forests conversion. The oak varieties in question have different potentials. In particular *Quercus ilex*, *Q. robur* and *Q. frainetto* can very well contribute to the supporting and regulating functions of the forest ecosystem. In the end strategic goals for silviculture will be decisive for establishing them as climatically adapted tree varieties in future forests. In this context the timber production is only one utility function (provisioning service). Also important are the landscape-building potential of an oak forest ecosystem (prevention of deforestation) as well as as the reproduction of a habitat for forest biodiversity. Apart from that, new economic branches might develop (e.g. truffle cultivation, acorn fattening of pigs). Needs for research are identified as well as new research topics within the centre.

## Einleitung

Eine wichtige Maßnahme zur Klimaadaptation der Forstsysteme bietet der klimagerechte Waldumbau. Durch einen Wechsel des Bestandes mit weniger anfälligen Baumarten versucht sich die Forstwirtschaft dabei an die zukünftig veränderten Bedingungen anzupassen (Kölling/Zimmermann 2007). Bezogen auf eine anpassende Bewirtschaftung der deutschen Forsten erhält die Frage nach der geeigneten Baumartenwahl und -mischung sowie die Verwendung von Gastbaumarten um den Wald gegen die Auswirkungen des Klimawandels vorzubereiten, zunehmend Aufmerksamkeit (Schramm/Hartard 2009; Fritz 2006). Innerhalb der Gattung Eiche sind der Einsatz der mediterranen Eichenarten Flaumeiche (*Quercus pubescens* WILLD.), Steineiche (*Quercus ilex* L.), die Ungarische Eiche (*Quercus frainetto* TEN.) und auch der beiden Eichenhybriden *Quercus x hispanica* und *Quercus x turneri* denkbar. Das Ziel der proaktiven Handlungsstrategie ist ein „sanfter“ Übergang zu stabilen neuen Waldökosystemen unter Nutzung der trocken- und wärmetoleranteren mediterranen Eichenarten. In Folge eines Waldumbaus mit klimangepassten Baumarten können sich die zahlreichen und vielfältigen Leistungen, die ein Waldökosystem auf

räumlicher und zeitlicher Ebene in Wert setzt, verändern. Als waldbauliche Handlungsoption in Zeiten eines naturnahen ökologischen Waldumbaus ist der Einsatz von Gastbaumarten deshalb nicht unumstritten (Bolte/Ibisch 2007).

Eine Abschätzung der Wirkungen und Folgen dieser Maßnahme kann nicht nur dazu beitragen, ein verbessertes Verständnis vom Umbau der Eichenwälder mit den genannten mediterranen Eichenarten zu erreichen, sondern kann auch in den Stakeholder-Dialogen der Projekte verwendet werden, um die Akzeptabilität dieser Maßnahme zu diskutieren.

Um die Wirkungen abzuschätzen, wird hier davon ausgegangen, dass sich diese über die Dienstleistungen des zugehörigen Waldökosystems abbilden lassen. Diese Leistungen eines Ökosystems lassen sich sowohl in unterstützende (Primärproduktion, Bodenbildung etc.), bereitstellende (Holz, Nahrung, Brennstoff etc.), regulierende (Klimaregulation, Wasser etc.) und kulturelle Dienstleistungen (Erholung, Ökotourismus, Ästhetik etc.) unterscheiden. Die vielfältigen Werte, die ein Wald aus

---

Die vorliegende Arbeit wurde durch das Forschungsförderungsprogramm „LOEWE – Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz“ des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst finanziell unterstützt.

anthropozentrischer Sicht besitzt, hebt Pearce (1990) mit seiner Klassifikation der Dienstleistungen in direkte, indirekte, mögliche zukünftige und bestehende Werte hervor. In der Theorie lassen sich diese Werte bzw. Waldökosystemdienstleistungen und ihre von tolerierend bis zu gegenseitig ausschließenden Wechselwirkungen und Nutzungsmöglichkeiten noch nachvollziehen. In der Praxis ist dagegen das Management von Waldöko- und Forstsystemen von regelmäßig wiederkehrenden komplexen Entscheidungen und Zielkonflikten geprägt (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Grund sind die vielfältigen Nutzungsansprüche an die Waldöko- und Forstökosysteme. Die Veränderungen der vielfältigen ökonomischen, ökologischen und sozialen Funktionen, die ein verändertes Ökosystem nach sich ziehen kann, sind Bestandteile der folgenden Abschätzung.

### Vorgehensweise

Für die wirtschaftliche Abschätzung wurde in einem ersten Schritt ein Szenario zur Waldstrukturentwicklung bis 2100 erstellt. Dieses Szenario bildete die Basis für die wirtschaftliche Abschätzung. Es baut auf dem Szenarioreport „Waldzukünfte 2100“ (Steinmüller et al. 2009) auf, der im Laufe des BMBF-Vorhabens „Zukünfte und Visionen Wald 2100“ entwickelt wurde und als Bezugsszenario und Grundgerüst genutzt wird. Die Rahmenbedingungen entsprechen dem dortigen Szenario II „Im Zeichen der Nachhaltigkeit: Der proaktiv regulierende Staat“. Die Verschiebung der Baumartenverhältnisse und der damit einhergehende Waldstrukturwandel, der das Grundgerüst des Szenarios darstellt, bauen auf der Delphi-Expertenumfrage des gleichen Projektes über „Die Zukunft der Waldnutzung in Deutschland“ (Mickler et al. 2008) auf. In dieses Grundgerüst erfolgte das Einsetzen der mediterranen Eichen.

Orientiert an der Methodik der Handlungsfolgenabschätzung (Bergmann et al. 1999) und vor dem Hintergrund des entwickelten Szenarios kann die vorläufige Abschätzung der Wirkungen und Folgen auf folgenden Leitfragen oder Analyseperspektiven basieren:

1. Welche Reichweite, welches Wirkungspotential besitzt der fragliche Handlungsansatz im Hinblick auf das angestrebte Ziel? (Potentialanalyse)
2. Welche Hemmnisse und Restriktionen können verhindern, dass dieses Wirkungspotential zur Entfaltung kommt? (Restriktionsanalyse)
3. Welche unbeabsichtigten, positiven oder negativen Folgen kann der fragliche Ansatz in anderen Bereichen auslösen? (Analyse nicht intendierter Folgen)

Im Verlauf der Forschungsarbeit wurde aus untersuchungspragmatischen Gründen auf eine ausführliche

Potential- und Restriktionsanalyse der Maßnahme verzichtet, sondern diese nur angedeutet. Primär wurden aufbauend auf dem Szenario die möglichen positiven und negativen Wirkungen der waldbaulichen Strategie über die Ökosystemdienstleistungen betrachtet und diskutiert. Auf die Wirkungsabschätzung folgte eine erste Analyse von nicht intendierten Folgen anhand Publikationen zu den einzelnen Eichenarten in der Enzyklopädie der Holzgewächse. Mit Hilfe des Internets und über eine weiterführende Literaturrecherche wurde die Analyse der Baumarten, sofern möglich, zunehmend spezifischer fortgesetzt.

Dabei wurde die waldbauliche Strategie anhand der in Wert gesetzten Waldökosystemdienstleistungen der mediterranen Eichen jeweils hinsichtlich der vier Prüfdimensionen

- Ökonomische Dimension
- Ökologische Dimension
- Soziokulturelle Dimension
- Dimension der politischen Durchsetzbarkeit

nach ihren Wirkungen und (nicht-intendierten) Folgen abgeschätzt. Abschließend erfolgte eine übergreifende Abschätzung der Analyse und die Diskussion der Ergebnisse mit den Leitern des Projektes „Wald der Zukunft“, Wolfgang Brüggemann (Goethe-Universität Frankfurt) und Wolfgang Dorow (Forschungsinstitut Senckenberg).

### Darstellung der Maßnahme, Einordnung

Der Anbau von klimaangepassten Baumarten ist eine forstwirtschaftliche Steuerungsmöglichkeit, um den Folgen des Klimawandels auf das bewirtschaftete Waldökosystem langfristig entgegenzuwirken. Die Maßnahme „Klimabezogener Umbau der Eichenwälder mit mediterranen Eichen“ könnte so mitteleuropäische Eichenarten auf besonders trockenen und/oder vom Grundwasseranschluss abgeschnittenen Standorten unterstützen. Langfristig betrachtet ist das Ziel der Maßnahme, durch die gezielte Anpflanzung solcher Arten im Forst das natürliche Vordringen wärmeliebender und trockenoleranterer Waldbäume nach Norden in der Folge des Klimawandels zu beschleunigen. Damit soll auch die Bildung von resilienteren und artenreichen Ökosystemen, in die dann in Folge auch die Flora und Fauna der süd- und südosteuropäischen Baumarten nachwandern, unterstützt werden. Anlass dieser Handlungsstrategie sind die aktuellen Klimaszenarien, in deren Folge sowohl die Ausbreitung von Trockenstandorten und Grundwasserabsenkung, aber auch Waldschädlinge den heimischen Wald bedrohen. Im Zuge dieser Bedrohungen könnten Buchenwälder durch Eichenwälder abgelöst werden, aber auch mitteleuropäische Eichenarten bei Aufwuchs und Wiederauf-

forstungsmaßnahmen behindert werden. Das Waldökosystem soll durch den Umbau befähigt werden, flexibel und angepasster auf den Klimawandel reagieren zu können. Damit soll der forstwirtschaftliche Schaden in Grenzen gehalten werden.

### **Beschreibung der Maßnahme**

Auf besonders trockenen Wald-Standorten, die von mitteleuropäischen Eichen geprägt sind, werden gezielt die süd- und osteuropäischen Eichenarten in den Bestand mit eingebracht. Mit der Maßnahme wird die zukünftige Verödung der Standorte verhindert und die Wiederaufforstung sowie der natürliche Aufwuchs von heimischen Eichen unterstützt. Zudem wird damit einer Beeinträchtigung des Grundwasserspiegels vorgebeugt, da eine zukünftige waldfreie Fläche die Grundwassersituation noch verschlechtern würde. Im Gegensatz zu den heimischen Eichenarten kann mit den mediterranen Arten und ihrer höheren Trockenresistenz auf eine zunehmende Durchschnittstemperatur und Trockenheit das Waldökosystem flexibler reagieren.

Die größten positiven Wirkungen der Maßnahme liegen in der klimaregulierenden Funktion der mediterranen Eichen. Die größten Restriktionen werden in der Umsetzungsdimension gesehen, sowohl seitens der Forstwirtschaft als auch von Seiten des Naturschutzes. Der Grund dafür liegt einerseits in der beschränkten Rohstoffholznutzung der mediterranen Eichenarten, also dem wirtschaftlichen Wertezuwachs für die Holzwirtschaft; andererseits werden mit der Maßnahme Leitbilder des Naturschutzes, wie die waldbauliche Orientierung an der potentiellen natürlichen Vegetation, in Frage gestellt.

Der Umbau der Eichenwälder mit mediterranen Eichen ist eine Maßnahme, die nicht nur die Betrachtung des jetzigen Zeitpunkts in Anspruch nimmt. Vielmehr ist die gesamte zukünftige Lebensspanne des jeweiligen Waldöko- und Forstsystems zu betrachten. Zudem sollten die geänderten Lebensbedingung und die Veränderungen im äußeren Umfeld einbezogen werden (Thomasius 1991).

### **Szenario: Annahmen zur Waldstrukturentwicklung bis 2100**

Aufbauend auf den Ergebnissen des BMBF-Projektes „Waldzukünfte“ (Szenario II: „Im Zeichen der Nachhaltigkeit: Der proaktiv regulierende Staat“) werden hier zur Umsetzung der Maßnahme und ihrer Auswirkung auf die Waldstruktur die folgenden Annahmen über eine mögliche Zukunft getroffen (deren Wirkungen weiter unten abgeschätzt werden): Die Baumartensammensetzung des deutschen Waldökosystems hat

sich unter dem Einfluss von Klimawandel und ökologischen Waldumbaus zugunsten der Laubbäume verändert, und strukturreiche Mischwälder prägen das Waldbild Deutschlands im Jahr 2100. Große, zusammenhängende Schutzwälder sind entstanden und die Kiefern- und Fichtenreinbestände verloren deutliche Waldanteile und existieren nur noch vereinzelt dort, wo sie zur potentiellen natürlichen Vegetation gehören. An der vorherrschenden Dominanz von Fichte und Kiefer, die zusammen mehr als die Hälfte der deutschen Waldfläche ausmachten, hatte sich bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts nichts geändert. Aber ihre Anteile fielen deutlich unter die 50%-Marke, und die trockenresistentere nordamerikanische Douglasie beanspruchte die forstwirtschaftlich geeigneten Standorte von Fichte und Kiefer für sich. Die Anteile der Hauptlaubbaumarten Buche und Eiche stiegen leicht an, und die Anteile von Nadelwald und Laubwald haben sich bis zum Jahr 2100 fast angeglichen (Mickler et al. 2008). Auch das langsame Vordringen süd- und südosteuropäischer Baumarten in Richtung Norden ist seit 2050 mit Hilfe von Luft- und Satellitenbildern und neuer Waldinformationstechnologie belegt. Begünstigt durch die höheren durchschnittlichen Sommertemperaturen, die Zunahme extrem trockener und heißer Sommer sowie die feuchteren und wärmeren Winter vergrößern sie langsam ihr Areal. Mit ihrer Ausbreitung bestätigten sich auch die Szenarien aus der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts und die an der Nutzungsform des Waldes orientierende Terminologie von Wald und Forst wie Wirtschaftswald und ökologischer Waldumbau wurden um den Begriff des klimagerechten Waldumbaus erweitert.

Im klimagerechten Waldumbau tauscht man anfällige Baumarten gegen weniger anfällige Arten aus (Kölling/Zimmerman 2007). In diesem Sinne wurden in der zweiten Dekade des 21. Jahrhunderts die mediterrane Flaumeiche (*Quercus pubescens*), die Steineiche (*Quercus ilex*) und die Ungarische Eiche (*Quercus frainetto*) in das Waldökosystem Deutschlands eingesetzt. Nachdem der Konflikt um ihren Einsatz und Eignung als neue klimagerechte Gastbaumarten durch wissenschaftliche Voruntersuchungen überwunden werden konnte und die Forstwirtschaft von der Notwendigkeit des Handelns überzeugt war, wurde die Strategie umgesetzt. Die aus Süd- und Südosteuropa stammenden Eichen wurden aufgrund ihrer hohen Trockenresistenz, Wärmeanpassung und den wenig spezifischen Bodenansprüchen gezielt auf die trockenen Sandböden der Buchen-Traubeneichenwälder des norddeutschen Flachlandes und der Oberrheinischen Tiefebene eingebracht. Darüber hinaus wurde auch im Nordosten Deutschlands vor allem in die auf den nährstoffschwächeren Sandböden vorherrschenden Kiefern-Traubeneichen-

wälder der Ostbrandenburgischen Tiefebene mit dem Waldumbau begonnen (vgl. Abb. 1).

Das waldbauliche Verfahren, mit dem die mediterranen Eichen in den deutschen Wald eingebracht wurden, folgte den Verfahrensweisen des Voranbaus, der im Zuge des ökologischen Waldumbaus schon für den Umbau mit Stieleiche erprobt war und den sich hieraus ergebenden Empfehlungen. Unter dem Schirm eines Altbestandes wurden die mediterranen Eichen ausgebracht; insofern wird ein zweischichtiger Baumbestand aufgebaut: Saat bzw. Pflanzungen werden unter einem aufgelichteten Altholzschirm begründet, um die jungen Pflanzen vor Witterungsextremen zu schützen. Zudem lässt das Voranbau-Verfahren eine Verlängerung der Nutzungsphase im Oberstand und damit eine stetige Nutzung von Holzerträgen zu und verringert die Konkurrenzkraft von Gräsern und Kräutern (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg/Landesforstanstalt Eberswalde 2006).

Um Arbeitsaufwand und Pflegekosten zu sparen, lässt sich die reihenweise und vollflächige Bepflanzung oder Saat (3500–7000 Pflanzen/ha) durch die Nester- und Trupppflanzung ersetzen. Dabei wird im Frühling und/oder Herbst eine partielle Verjüngung mit 100 Trupps (je 19 Eichen) pro Hektar in die Lichtlöcher unter den Altschirm eingebracht. Das Ziel ist die Entwicklung einer Zieleiche aus jedem Trupp bzw. Nest. Eine Naturverjüngung aus dem regulären Bestand zwischen den mediterranen Eichentrupps und Nestern dient dabei zur Baumartenbereicherung, zur Reserve bei hohen Verlusten in den Trupps/Nestern, als stützendes Element des Waldaufbaus, als Beitrag zur bodenmeliorativen Standortsverbesserung und zur Risikostreuung; dies führt zu einer wirtschaftlichen Verbesserung des Ertrages. Das Pflanzschema und die Struktur eines Pflanzplatzes sind bei Trupps und Nestern grundsätzlich gleich. Unterschiede ergeben sich

aufgrund des Pflanzenabstands, der von 20 cm in den Nestern bis zu 100 cm in den Eichentrupps reicht (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg 2008).

Durch den waldbaulichen Eingriff veränderte sich die Entwicklung der Waldstruktur auf den umgebauten Standorten, und am Anfang des 22. Jahrhunderts sind die mediterranen Eichenarten ein prägender Bestandteil des Waldbildes in den trockenen Regionen geworden. Ausgewählt, um in erster Linie den Wald gegen die Einwirkungen des Klimawandels zu schützen, haben die Eichen in dieser Zeitspanne auch ihre Werte in Form der regulierenden, unterstützenden, bereitstellenden und kulturellen Ökosystemdienstleistungen freigesetzt.

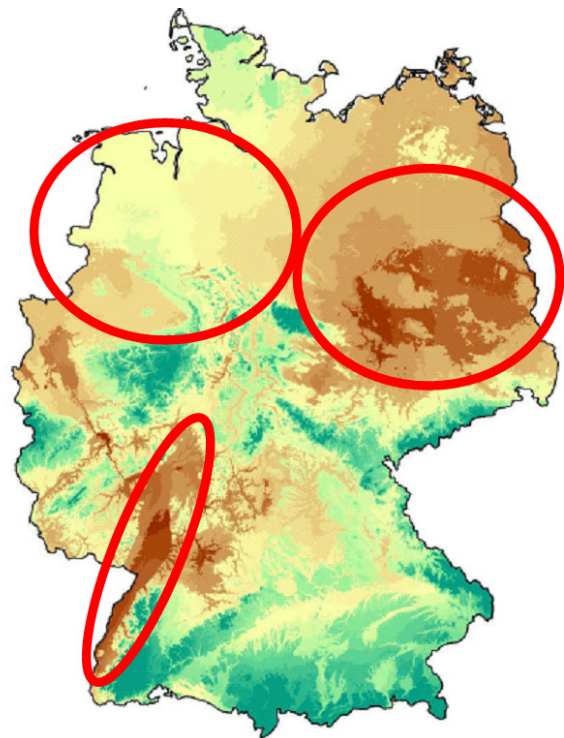


Abbildung 1: Mögliche Anbaugelände mediterraner Eichen in Deutschland

## Abschätzung der Folgen der Maßnahme „Klimabezogener Umbau der Eichenwälder mit mediterranen Eichen“

### Abschätzung der wirtschaftlichen Folgen

Die Maßnahme kann für die Akteure im Wald- und Forstbereich durch die veränderten Ökosystemdienstleistungen der mediterranen Eichen, verschiedene Wirkungen entfalten. Es kann zwischen materiellen und immateriellen Wirkungen unterschieden werden. Als materielle Wirkung bringt die Maßnahme den Gewinn aus der Entnahme der bereitstellenden Ökosystem-

dienstleistungen Holz, Nahrung, Frischwasser, Brennstoff (Feuerholz), Fasern, biochemische Produkte und genetische Ressourcen. Der Gewinn, der aus den immateriellen Wirkungen entsteht und sich aus einigen der unterstützenden und regulierenden Ökosystemdienstleistungen zusammensetzt, ist die Schutzfunktion, die ein Wald besitzt (vgl. Exkurs Schutzfunktionen des Waldes).

## Exkurs: Schutzfunktionen des Waldes

### Wasserschutz

Wald dient der Reinhaltung von Grund- und Oberflächenwasser, sorgt für eine gleichmäßigere Schüttung der walddahen Quellen und für einen gleichmäßigen Wasserabfluss.

### Klimaschutz

Wald hat eine ausgleichende Wirkung auf verschiedene Klimafaktoren und vermindert die Windgeschwindigkeit in Bodennähe (lokaler Klimaschutz). Er verbessert das Klima benachbarter Siedlungsbereiche und Freiflächen durch Luftaustausch (regionaler Klimaschutz). Die großen Waldgebiete beeinflussen das Klima weltweit, u.a. auch durch die Kohlenstoffspeicherung, die dem Treibhauseffekt entgegenwirkt. So werden in der Bundesrepublik jährlich etwa 4,2 Millionen Tonnen Kohlenstoff im Holz – beziehungsweise 6,6 Millionen Tonnen Kohlenstoff in der gesamten Biomasse des Baumes – gebunden. Weiterer Kohlenstoff wird in der Bodenvegetation, der Streu- und Humusschicht sowie im Waldboden gespeichert. Der „Kohlenstoff-Speicher Wald“ wird sich im Zuge der Wiederbewaldung ehemals landwirtschaftlich genutzter Flächen weiter vergrößern.

### Bodenschutz

Wald schützt sich und die in seinem Schutzbereich liegenden Flächen vor Erosion, Bodenverwehungen, Humusschwund, Stein- und Rutschungen.

### Immissions- und Lärmschutz

Wald mindert schädliche Einwirkungen und Belastungen durch Lärm, Staub, Aerosole, Gase und Strahlungen. Er schützt damit Wohn-, Arbeits- und Erholungsbereiche vor Immissionen.

### Lawinenschutz

Wald kann die Entstehung von Lawinen und Schneerutschungen verhindern sowie abgehende Lawinen und Rutschungen lenken, bremsen oder zum Halten bringen.

### Sichtschutz

Wald gliedert die Landschaft, schirmt Bauten und technische Anlagen ab oder sorgt für deren Einbindung in die Landschaft. (vgl. Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg 2009).

## Potentiale Holznutzung

Da zukünftig von einer steigenden Nachfrage nach dem Rohstoff Holz, sowohl zur energetischen als auch zur stofflichen Nutzung, ausgegangen werden kann, spielt die Verwendung der Eichen vor allem für die Forstwirtschaft eine Rolle. Periodisch würde also auch mediterranes Eichenholz dem Wald entnommen und über den Holzmarkt in Wert gesetzt werden. Abschätzungen zum Nutzen des Rohstoffs im Bereich Wertholzproduktion sind nach der Literaturanalyse nur im Falle der Ungarischen Eiche und der Steineiche begrenzt möglich. Die mittel- bis langfristige Entnahme und Gewinnung von Rohholz kann aufgrund der Nutzung im natürlichen Areal der Eichen abgeschätzt werden. Im Gegensatz zu den heimischen Trauben- und Stieleichen, welche durch ihr vielseitig verwendbares Holz zu den wertvolleren Baumarten der heimischen Wälder gehören, lässt die Betrachtung der Nutzung der mediterranen Hölzer nur für die Stein- und Ungarische Eiche eine etwa gleichwertige stoffliche Nutzung vermuten.

Das Holz der Ungarischen Eiche verwendet man aufgrund seiner Haltbarkeit im Bereich des Tiefbaus, in der Hydrotechnik und im Bergbau. Im Vergleich zur Stiel- und Traubeneiche ist seine Dauerhaftigkeit, sowohl über dem Boden als auch unter Wasser, doppelt

so hoch. Zur Eignung im Möbelbau oder zur Herstellung von Fässern ist es weniger tauglich (Bartha 1998).

Die Steineiche unterliegt in ihrem natürlichen Areal meist einer geringen Wuchsleistung und ist aufgrund spezifischer Holzeigenschaften nur in beschränktem Umfang nutzbar. Hochanspruchsvolle Teile wie Eisenbahnschwellen, Grubenholz, Stellmacher- und Drechlerholz sowie Bootsbau für Spanten werden aus ihr als Nutzholz gewonnen. Durch verbesserte Verarbeitungsmethoden können mittlerweile auch schwächere Sortimente von Steineichenholz zur Herstellung von Schäl furnieren genutzt werden. Zudem sind aus Marokko noch alte Hochwaldbestände mit einem Umtrieb von 120 bis 150 Jahren bekannt, die ein Stammholz von 10 bis 12 m Länge bei einem mittleren Durchmesser von 40 cm liefern (Knopf 2002).

Auch für die Flaumeiche, die aktuell wegen ihrer geringen Produktivität kaum forstlich genutzt wird, finden sich Aussagen, die für die Zukunft aufgrund von neuen Verarbeitungstechniken zu einer Nutzung führen könnten. Laut Schwarz (1937) steht ihr Holz hinsichtlich der Güte kaum der Traubeneiche nach; zudem ist bekannt, dass auf mittleren Standorten hochwüchsige und geradschaftige Bestände auch Bauholzqualität erreichen können (Witschel 1980; Mayer 1984).

		Holz und Holzprodukte							
		Hausbau massiv (Balken, Bretter, Rahmen)	Holz für Erd- und Wasserbau, Pfähle, Schwellen, Anlagen, Verbauungen	Möbel, Deckfurniere, Intarsien	Geräte, Werkzeug, Gefässe, Instrumente, Spielzeug, Skulpturen	Platten, Sperrholz, Blinholz, Spankörbe, Parkett	Zellulose, Papier, Fasern, Holzwolle, Zündhölzer	Brennholz (Brennwerte, Dichte)	Holzkohle
Flaumeiche	Quercus pubescens	0	0	0	0	0	0	3	1
Steineiche	Quercus ilex	1	2	1	1	0	0	3	3
Ungarische Eiche	Quercus frainetto	1	3	1	1	0	0	0	0
Spanische Eiche	Quercus x hispanica	0	0	0	0	0	0	0	0
Turners Eiche	Quercus x turneri	0	0	0	0	0	0	0	0
Zerreiche	Quercus cerris	1	0	0	0	1	1	3	2
Stieleiche	Quercus robur	2	3	3	1	2	0	3	0
Traubeneiche	Quercus petraea	2	3	3	1	2	0	3	0
		0 nicht erwähnt (keine Information)							
		1 geeignet (erwähnt)							
		2 typisch, sehr geeignet, häufig erwähnt							
		3 beste Eignung, sehr gut, sehr gefragt							

Abbildung 2: Potential Rohholznutzung (Tabellen verändert und ergänzt nach Brändli 2001)

Tendenziell könnte die Flaumeiche auch in neuen Sektoren der Forst- und Landwirtschaft wie Agroforstsystemen und Kurzumtriebplantagen zur Holzbiomasseproduktion eingesetzt werden. So könnten Flaum-, aber auch Steineiche im Niederwald betrieben und vermehrt der energetischen Rohholznutzung zugeführt werden. Energetisch lässt sich das Holz der Flaumeiche, welches nicht als Konstruktionsholz verwendbar ist, als auch der Steineiche aus Niederwaldbetrieb (kurze Umtriebe) nutzen. Die Verwendung beider Holzarten als Brennmaterial und zur Herstellung von Holzkohle in ihrem natürlichen Areal wird in der Literatur hervorgehoben, insbesondere die Steineiche mit einem kalorimetrischen Wert von 4500 cal/g bei Holzkohle und einem Brennwert von 4,603–4,623 cal/g bei Brennholz (Bussotti 1998; Knopf 2002).

**Potential weiterer Nutzungsformen Holz**

Durch die Maßnahme lässt sich auch die Rinde der Flaumeiche und der Steineiche zur Gerbstoffgewinnung nutzen. In der Vergangenheit wurde vor allem bei der Steineiche in einem Umtrieb von 12–25 Jahren qualitativ hochwertige Gerbrinde mit einem Gerbstoffgehalt von 12–20% gewonnen.

**Potential Klimaregulation**

Positive ökonomische Wirkungen der Maßnahme liegen auch in den regulierenden (Wasserqualität/Klima) und bereitstellenden (Wasser/Krankheiten) Schutzfunktionen der Eichen. Zunehmende Dürreperioden, lokal veränderte Niederschlagsmenge und -verteilung, aber auch die Schadbilder der häufigeren Extremereignisse wie Stürme, Feuer und Waldschädlingsskalamitäten würden ihre Wirkung im Wald hinterlassen. Hier spielen die trockenresistenten Eichen ihre regulierenden Leistungen auf Wald und Landschaft aus. Als Beispiel könnten in einigen trockenen Regionen die Buchenwälder im weiteren Verlauf des 21. Jahrhunderts von jungen Eichenwäldern abgelöst werden. Die zunehmenden Trockenperioden des Klimawandels könnten nicht nur die Vitalität der Buche schwächen, sondern auch die von anderen einheimischen Baumarten. Die veränderten Klimaverhältnisse würden auch indirekt Vitalität mindernde Faktoren wie Insektenkalamitäten, Nematoden und pathogene Pilze begünstigen. Das Zusammenwirken und die Interaktionen dieser Faktoren könnten bei der Buche zu einer frühzeitigen Mortalität führen und in Folge die Eichen zu den bestand dominierenden Baumarten werden lassen. Eingbracht

in das neue Ökosystem käme den mediterranen Eichen sowohl ihre Trockenresistenz als auch eine im Vergleich vermutlich geringere Anfälligkeit gegenüber Schadinsekten und Pilzarten zugute (vgl. auch Himanen et al. 2009), wovon das Waldökosystem insgesamt profitieren könnte beziehungsweise die Bewaldung einer anfälligen Region erhalten bliebe.

	Inhaltsstoffe			Nahrungsmittel			
	Harze, äther. Öle, Terpentin, Bindemittel	Gerb- und Farbstoffe, Flecht- und Fasermaterial	Heilmittel	Früchte, Gewürze, Zucker, Stärke, Eiweiss, Öl, Fett	Speisepilze, Trüffel (Mykorrhiza)	Bienenweide, Honigtau	Viehfutter (Laub, Früchte), früher
Flaumeiche	0	1	0	0	1	1	3
Steineiche	0	3	0	1	1	0	3
Ungarische Eiche	0	1	0	1	0	0	1
Spanische Eiche	0	0	0	0	0	0	0
Turners Eiche	0	0	0	0	0	0	0
Zerreiche	0	0	0	0	1	1	0
Stieleiche	0	2	2	1	1	1	2
Traubeneiche	0	2	2	1	1	1	2
	0 nicht erwähnt (keine Information)						
	1 geeignet (erwähnt)						
	2 typisch, sehr geeignet, häufig erwähnt						
	3 beste Eignung, sehr gut, sehr gefragt						

Abbildung 3: Potential weitere bereitstellende Dienstleistungen

	Schutzwirkung			
	Lebendverbau, Bodenfestiger (Hänge, Gewässer)	Ödland- begrünung, Hochlagen- aufforstung	Streubildner und -abau, rasch 1 mittel 2 langsam 3	Schutzwald, Lawine, Steinschlag
Flaumeiche	1	1	0	1
Steineiche	1	2	3	0
Ungarische Eiche	0	2	0	0
Spanische Eiche	0	0	0	0
Turners Eiche	0	0	0	0
Zerreiche	0	0	0	0
Steleiche	1	0	2	0
Traubeneiche	1	0	2	0
	0 nicht erwähnt (keine Information)			
	1 geeignet (erwähnt)			
	2 typisch, sehr geeignet, häufig erwähnt			
	3 beste Eignung, sehr gut, sehr gefragt			

Abbildung 4: Potential unterstützende Dienstleistungen

### Potential Boden und Wasserschutz

Bezüglich der unterstützenden Ökosystemdienstleistungen lässt sich die Rolle der Eichen als Primärproduzent, Bodenbildner und ihre Funktion im Nährstoffkreislauf des Waldes hervorheben. Zusammen bilden diese Ökosystemdienstleistungen das Fundament, auf dem die Entwicklung der kulturellen, bereitstellenden und regulierenden Ökosystemdienstleistungen erst möglich wird. Vor allem die Steineiche kann an den am intensivsten von Verödung und Grundwasserabsenkung bedrohten Standorten eingesetzt werden. In Spanien bilden „Steineichenbestände“ in den sogenannten Dehesas<sup>1</sup> eine lichte Baumschicht. Auf den trockenen und von Erosion gefährdeten Böden können sie durch ihre immergrüne Krone die rasche Verdunstung von Regenwasser verhindern. Auf diese Art und Weise gewährleistet die Baumart ein langsames Versickern des Niederschlages in das Erdreich. So kann zum einem der Grundwasserspiegel aufgefüllt und durch die Vegetationsdecke ein Beitrag zum Humuserhalt geleistet werden (Euronatur 2009). Trockenstandorte, deren Waldbestand durch den Klimawechsel in Gefahr ist, können auch dadurch gehalten werden, dass dort die Ungarische Eiche mit ihrer Dürre-resistenz, den geringen Ansprüchen an Bodenqualität und der hohen Ausschlagsfähigkeit aufgeforstet wird.

### Potential Schutz vor Extremereignissen

Auch Waldbrände gehören zu den Extremereignissen, die in Folge des Klimawandels nach Ansicht von Ex-

<sup>1</sup> Dehesas sind ein (agro-)silvopastorales Nutzungssystem, das eine lichte Baumschicht aus Steineichen (*Quercus ilex*), Korkeichen (*Quercus suber*) und anderen Baumarten sowie eine Untermutung durch extensive Beweidung und Ackerbau aufweist (Plieninger/Wilbrand 2009).

perten auch in Mitteleuropa auf trockenen Standorten zunehmen werden. Eine Vernichtung oder das Absterben von Jungpflanzen ist die Folge. In Beständen, in denen die Steineiche in der Zukunft einen hohen Anteil der Baumartenzusammensetzung einnimmt, kann ihre im Mittelmeerraum beobachtete Robustheit gegenüber Waldbränden ein weiterer Vorteil sein. Durch ihr immergrünes Laub und die dichte Überschirmung der Bestandesfläche bietet sie den Feuern nur wenig entflammbares Material als Nahrung für Bodenfeuer. Zudem übersteht sie Brände, die im Mittelmeerraum eine wichtige Schadensursache darstellen, relativ gut. Die Steineiche hält auch Schneedruck relativ gut stand und könnte angesichts höherer Niederschläge im Winterhalbjahr die Schäden, die Nassschneefälle an Wäldern hinterlassen, mildern. Letztlich kann die Maßnahme dazu beitragen, dass Waldökosysteme flexibler gegenüber natürlichen Störungen (Feuer, Schnee und Sturm) und biologischen Dynamiken wie Populationszyklen von Insekten reagieren können. Auf diese Art und Weise könnte sich das Risiko eines gesamten Baumartenverlustes auf gefährdeten Flächen streuen, da die Auswirkungen einer Klimaveränderung auf einzelnen Standorten nicht genau vorhersagbar sind.

	Schutzwirkungen und Pathologie						
	Feuer	Schnee	Sturm	Anfälligkeit, Schadinsekten	Pathogene Pilze	Wildverbiss	Komplex- krankheiten
Flaumeiche	2	0	0	1	1	1	2
Steineiche	1	1	0	1	1	1	0
Ungarische Eiche	0	0	0	1	1	0	0
Spanische Eiche	0	0	0	1	1	0	0
Turners Eiche	0	0	0	1	1	0	0
	0 nicht erwähnt (keine Information)						
	1 geringe Anfälligkeit, widerstandsfähig (kein nachhaltiger Schaden)						
	2 anfällig (bedroht)						

Abbildung 5: Potential Schutzwirkungen und Pathologie

### Potential Pathogen- und Schädlingsresistenz

Die Maßnahme kann unter der Annahme, dass in Zukunft Schädlingskalamitäten als vom Klimawandel indirekt beeinflusste Profiteure zunehmen, das Ökosystem aufgrund der hohen Pathogen- und Schädlingsresistenz der mediterranen Eichenarten begünstigen. Denn im Unterschied zu den heimischen Vertretern Stiel- und Traubeneiche wird die Ungarische Eiche vermutlich von wesentlich weniger Schadinsekten befallen. Auch für die Steineiche kann man erwarten, dass ihre auf den mediterranen Standorten beobachtete Robustheit und Vitalität auf den neuen Standorten nicht verloren geht. Ebenso wie die Flaumeiche werden sie zwar von verschiedenen biotischen und abiotischen Schädlingen befallen, aber nicht ernsthaft bedroht.

## Abschätzung der ökologischen Dimension

### Potential Schutz von anfälligen Ökosystemen

Auf den trockenen und von Verödung bedrohten Standorten wird die Maßnahme die geschlossene Walddecke auch unter den Bedingungen eines harschen Klimawandels erhalten. So ist die Steineiche in ihrer mediterranen Heimat als Waldbildner und Gerüstbaum der Hartlaubwälder bekannt und könnte dieses Potential auch auf den neuen Standorten entfalten. Flaumeichen zeichnet in Sizilien ihre Anpassungsfähigkeit an extreme ökologische Bedingungen und das rasche Reagieren auf saisonbedingte Klimaveränderungen sowie die Neigung zu einem frühen Wachstumsbeginn aus. Mit dieser Fähigkeit könnte sie zu einer raschen Bodenbedeckung beitragen. Eine aus der Baumvegetation bestehende Walddecke lässt durch ökologische Langzeiteffekte je nach Baumartenzusammensetzung differenzierte Habitate entstehen. Dabei unterscheiden sich Eichenwald-Ökosysteme bezüglich einiger Bestandteile von anderen Waldökosystemen.

### Wildtierökologische Folgen – Restriktionen

Einer der Bestandteile, den die Maßnahme im Ökosystem freisetzt, ist die Bereitstellung von Nahrung. Das Äsungsangebot, das die Eichenarten während der Jungwuchsphase den überhöhten Schalenwildbeständen in Deutschland bereitstellt, kann in der Dynamik der Eichenwälder und ihrer Regeneration eine entscheidende Rolle spielen.<sup>2</sup> So besitzt laut Terradas (1999) die Steineiche eine höhere Konzentration von Kutin, Lignin und Tannin in Kombination mit einem geringeren Proteingehalt. Entsprechend wird sie bei der Anwesenheit anderer Laubbaumarten weniger verbissen und kann auf einigen Standorten einen Wettbewerbsvorteil erfahren. Die lokale Habitatqualität und deren Veränderung haben einen großen Einfluss auf die Schalenwildverteilung und Wilddichte. Aus Sicht einer Wildart ist für die aktuelle Habitatqualität der jeweilige Besiedlungsanreiz des Biotops bzw. die Biotopattraktivität entscheidend, wie auch das Beispiel der Flaumeiche zeigt (Führer/Nopp 2001). Aus Baden-Württemberg sind stark verbissene Flaumeichenbestände bekannt, deren Regeneration in Folge des Schadens nicht mehr möglich war. Dies führt Sayer (2000) auf die Kombination eines hohen Strauch- und Krautreichums zurück, welcher ganzjährig ein gutes Futterangebot und gleichzeitig eine gute Deckung anbietet. Zudem werden die dortigen Flaumeichenbestände, die

sich an nur schwer zugänglichen Standorten befinden, kaum vom Menschen frequentiert, was zur Bildung eines idealen Rückzugsraumes für das Schalenwild führt. Für wirkungsvollen Schutz ist also zum einen eine Bewertung des spezifischen Standortes nötig und ein gutes Schalenwildmanagement erforderlich. Vor einem Eingriff in eine Wildtierpopulation steht die Frage, ob ein Nutzen oder Schaden für die natürliche Waldverjüngung vorliegt, und darüber entscheiden auch forstbetriebliche Ziele (Reimoser/Reimoser 2002).

Dabei könnten die mediterranen Eichenarten von der zukünftigen Umsetzung eines verbesserten integralen Wald-Wild-Managements mit einer großräumigen wildökologischen Raumplanung profitieren, das die natürliche Ausbreitung der Baumarten im Laufe der kommenden Jahre unterstützt. Mit Hilfe dieser regionalen Ansätze, die lokal mit verbesserten Jagdstrategien wie Intervall- und Schwerpunktbejagung eingeführt werden könnten, kann man die Verbisschäden effektiver regulieren. Der aufwändige und teure Einsatz von technischem und chemischem Einzelbaum- und Bestandesschutz, der das Einbringen der Eichen am Anfang unterstützt, könnte so in Zukunft vermieden werden.

Neben der direkten Konsumation der Jungtriebe würde in Folge das Nahrungsspektrum der Wildtiere im Herbst auch um die Eicheln erweitert werden, die ab der Mannbarkeit (8–12 Jahre) von den Eichenarten zur Verfügung gestellt werden würden. Ab einem höheren Alter, wie zum Beispiel bei der Steineiche mit 20–25 Jahren, können unter anderem bei günstigen Bedingungen in Intervallen von 2–3 Jahren Halb- und Vollmasten erwartet werden.

In der traditionellen Freilandhaltung sind insbesondere die süßen Eicheln der *Q. ilex rotundifolia* als Futter für Rinder, Schweine, Schafe und Ziegen hoch geschätzt. Auch die Eicheln von Flaumeiche und Ungarischer Eiche stellen ab dem Herbst ein wichtiges Zusatzfutter dar und besitzen zudem den Vorteil, dass geeignete Futterpflanzen als Unterwuchs auftreten.

Eine weitere Nahrungsressource für Tiere, aber auch für die Menschen sind die Trüffeln, die unter den Stein- und Flaumeichenhainen heranwachsen können, sowie andere Speisepilze, die unter der Vegetationsdecke der Eichen heranwachsen.

### Potential Biodiversität und Naturschutz

Einen weiteren möglichen Wert kann die Einbringung der mediterranen Eichenarten aufgrund des Vorkommens zahlreicher seltener und gefährdeter Pflanzen- und Tierarten zukünftig entfalten. So stehen zahlreiche Flaumeichenwälder nicht nur in ihrer Heimat unter Naturschutz. Flaumeichenbestände gehören auch in Baden-Württemberg zu den artenreichsten und wert-

<sup>2</sup> Allerdings sind die Wechselbeziehungen zwischen Wald, Huftieren und den Nutzungsansprüchen des Menschen komplex und müssen letztendlich standortspezifisch betrachtet und untersucht werden, um spezifische Lösungen zu entwickeln.



vollsten Pflanzengesellschaften und werden auf der Roten Liste mit Gefährdungsgrad 3 als gefährdet geführt (Sayer 2000; Breuning/Demuth 1999).

	Tierwelt			
	Insekten: Nahrung, Lebensraum	Vögel: Nahrung, Schutz	Kleinsäuger: Lebensraum, Futter	Äsung (Knospen, Laub, Rinde) Fegebaum, Deckung
Flaumeiche	1	1	0	1
Steineiche	1	2	1	0
Ungarische Eiche	1	0	0	0
Spanische Eiche	0	0	0	0
Turners Eiche	0	0	0	0
Zerreiche	0	0	0	1
Stieleiche	1	1	0	2
Traubeneiche	1	1	0	2
	0 nicht erwähnt (keine Information)			
	1 geeignet (erwähnt)			
	2 typisch, sehr geeignet, häufig erwähnt			
	3 beste Eignung, sehr gut, sehr gefragt			

Abbildung 6: Potential Lebensraum

Auch die Steineiche ist in ihrer südspanischen Heimat nicht nur als Lebensraumgestalter, sondern auch als wertvoller Biotopbildner bekannt. Mit diesen Grundeigenschaften wäre eine Förderung der Biodiversität durch Anbau von Steineichen auch in Deutschland denkbar.

### Potential Mischungsfähigkeit

Die Maßnahme kann bis auf die Steineiche auch bezüglich der Mischungsfähigkeit mit anderen Baumarten eine positive Wirkung erzielen. Gerade von Flaumeiche sind Artenmischungen mit Baum- (Feldahorn, Französischer Ahorn, Speierling etc.) und Straucharten (Immergrüne Rose, Kornelkirsche, Hartriegel) bekannt. Der Übergang von submediterranen Wäldern zu den kontinentalen Waldgesellschaften der Balkanhalbinsel ist von Eichenmischwäldern mit Zerr-, Ungarischer-, Stiel-, Traubeneiche und Hainbuche geprägt. Auch in Albanien, Mazedonien, Spanien und Italien findet man Mischformen mit anderen Baumarten und dort heimischen Eichenarten. Die Ungarische Eiche bildet ebenfalls Mischwälder mit Esche, Buche und Edelkastanie, von denen man auf eine gute Mischungsfähigkeit schließen kann.

### Abschätzung der soziokulturellen Dimension

Das Einsetzen der mediterranen Eichen kann (positive) ästhetische Konsequenzen auf das vom Menschen wahrgenommene Waldbild haben. So können zum Beispiel Waldungen mit dem jahreszeitenbedingten Farbenwechsel bei Flaum- und Ungarischer Eiche, aber auch mit der immergrünen Steineiche zu einer variationsreicheren Vegetation in einer Bestandesentwicklung beitragen (Johnson et al. 2002). Gerade eine von

Nadelbäumen bestimmte Waldstruktur kann so die ästhetische Wirkung des Bestandeszustandes erhöhen. Als besonders dekorative Eichenart mit einem harmonischen Erscheinungsbild kann man die Ungarische Eiche hervorheben. Sie könnte im kommenden Jahrhundert an markanten Wegpunkten stehen und den Waldbesucher zum Verweilen einladen. Damit könnte ihr ästhetischer Wert zum Beispiel in der Besucherlenkung genutzt werden. Zudem erlaubt es die Raschwüchsigkeit der Art, sie gezielt an günstigen Stellen einzusetzen, um damit die Wohlfahrtswirkung des Waldes zu erhöhen. Auch die Steineiche, die die Dichtkunst nicht nur eines Ovid, sondern auch spanischer Dichter wie Antonio Machado, aber auch die Bildhauerei und Malerei inspiriert hat, kann landschaftsgestalterisch genutzt werden (Knopf 2002).

Dort, wo die mediterranen Eichenarten als Bodenschutzbewaldung eingesetzt werden, um Flächen vor einer Verödung zu schützen, tragen sie zudem schon alleine durch ihre Anwesenheit zu einer Aufwertung der Umgebung bei. Die Nutzung von Hybriden als Zierpflanzen in Parks und Gärten lässt darauf schließen, dass auch die Eichenhybriden *Quercus x hispanica* und *Quercus x turneri* einen ästhetischen Wert haben und Leistungen in der soziokulturellen Dimension entfalten könnten (Böhlmann 2009).

	Erholung			
	Ziergehölze, Waldästhetik	Garten- und Landschafts- gehölz	typ. Alleebaum	salz- oder schadstoff- resistent
Flaumeiche	0	2	0	0
Steineiche	1	1	0	1
Ungarische Eiche	2	2	0	0
Spanische Eiche	1	1	0	0
Turners Eiche	1	1	0	0
Zerreiche	1	1	1	0
Stieleiche	1	2	2	2
Traubeneiche	1	2	1	2
	0 nicht erwähnt (keine Information)			
	1 geeignet (erwähnt)			
	2 typisch, sehr geeignet, häufig erwähnt			
	3 beste Eignung, sehr gut, sehr gefragt			

Abbildung 7: Potential soziokulturelle Waldökosystemdienstleistungen

### Abschätzung der Umsetzungschance (Akteure/institutionell)

Der klimagerechte Waldumbau mit den mediterranen Eichenarten beinhaltet durch seine Komplexität, besonders in Bezug auf seine Nebenwirkungen und dem damit verbundenen unsicheren Zukunftswissen über die Entwicklung der Waldöko- und Forstsysteme, zurzeit ein Konfliktpotential. Zudem kann man von gravierenden Veränderungen im sozioökonomischen Umfeld der Waldöko- und Forstsysteme ausgehen (siehe Exkurs Veränderungen im sozioökonomischen Umfeld).

### Exkurs: Veränderung im sozioökonomischen Umfeld

Die Eichenarten wirken zwar über ihre Ökosystemdienstleistungen auf Wald und Mensch; deren Entfaltung ist jedoch von der Entwicklung der Wald- und Forstsysteme im 21. Jahrhundert abhängig. Es ist zu erwarten, dass zukünftig die energetische und stoffliche Nutzung des Rohstoffes Holz in der Ressourcenversorgung eine Schlüsselrolle einnimmt. Die Branchen Energie, Holz, Chemie und Papier konkurrieren zukünftig um die Nutzung des Holzes, was zu einer Intensivierung der Waldbewirtschaftung führen kann und den Wald zunehmend zu einem Ort des Zielkonfliktes um die Vereinbarkeit von ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Waldfunktionen machen wird. Dabei wird der global ansteigende Bedarf an Energie und anderen Ressourcen und die Erschöpfung fossiler Energieträger eine entscheidende Rolle spielen. Die gesellschaftlichen Ansprüche an einen Schutz der Ökosysteme wird zwar zunehmen, aber der Ersatz der Nutzung nicht-erneuerbarer durch erneuerbare Ressourcen wird auch in Deutschland die nachhaltige Nutzung und den Erhalt der Wald- und Forst-Ökosysteme und ihrer Biodiversität gefährden. Zudem werden im Laufe des 21. Jahrhunderts möglicherweise neue Akteure und Akteurskonstellationen die Bühne der bisher seit längerem beständigen Forstpolitik betreten. Bisher waldfremde Wirtschaftsunternehmen aus der chemischen Industrie, der Biotechnologie oder der Energiewirtschaft mit neuen Produktionsverfahren und Produkten werden die Struktur des Wirtschaftssektors und der an ihm hängenden Wertschöpfungsketten verändern. Regionale Zusammenschlüsse von Akteuren der Wertschöpfungskette, neue Zertifizierungsorganisationen, neue staatliche oder nichtstaatliche Organisationen werden vermutlich ihre Interessen genauso vertreten wie holzverarbeitende Unternehmen und weitere Akteure, deren Investitionshandeln im Wald auf neuen Eigentums- oder Verfügungsrechten begründet sein wird (z.B. private oder staatliche Investment-Fonds). Sowohl Agroforstsysteme als auch Kurzumtriebsplantagen zur Holzbiomasseproduktion für den Energiesektor werden die Landschaft prägen und dazu beitragen, dass sich die derzeitigen, eindeutigen Grenzen zwischen Land- und Forstwirtschaft tendenziell auflösen (vgl. Zukünfte und Visionen Wald 2100 2009). Urbane Lebensstile von Waldbesitzern, Waldgrundstücke, die durch Vererbung an neue Eigentümer ohne Bezug zum Wald übergegangen sind, Naturschutzorganisationen und private Stiftungen, die Waldflächen aufkaufen, Kommunen die sich die Waldbewirtschaftung nicht mehr leisten können, werden ebenso wie die Privatisierung von Staats- und Kommunalwäldern zu einer deutlichen Verschiebung der Waldbesitzstruktur führen. Diese wird vor allem die Erhaltung der derzeitigen Funktionsvielfalt der Wälder und ihre Gemeinwohlorientierung erschweren (vgl. Bundschuh/Schramm 2009). Auch werden Regelungen auf internationaler Ebene, wie sie schon am Anfang des 21. Jahrhunderts bei den Themen Klimawandel und Biodiversität angewendet wurden, dazu führen, dass Gestaltungsmöglichkeiten in der Forstpolitik erschwert werden (vgl. Zukünfte und Visionen Wald 2100 2009).

Wenn es zu einer positiven Evaluierung der mediterranen Eichenarten durch das BIK<sup>F</sup>-Projekt „Wald der Zukunft“ kommen wird, würde es nach Kölling et al. (2008) ein Gebot der ökonomischen Vernunft sein, in den aktiven Waldumbau zu investieren, wenn die Kosten des Nichtstuns höher sind als die Kosten der Maßnahme. Dabei werden die einzelnen Eichenarten mit ihren Vor- und Nachteilen auf verschiedenen Widerstand treffen. Zumeinen stehen die Eichen in Konkurrenz zu den wirtschaftlicher besser nutzbaren Nadelhölzern wie der Douglasie. Denn im Vergleich zu den Holznutzungsmöglichkeiten der Trauben- und Stieleiche als „heimischen Vertretern“ der Eichenarten unterliegen alle mediterranen Eichenarten bei den vielfältigen Einsatzmöglichkeiten. Für ihren Einsatz spricht das Ziel des naturnahen ökologischen Waldumbaus, den Laubholzanteil zu erhöhen und Mischwälder zu fördern. Insbesondere auf sehr trockenen Standorten können hier die mediterranen Eichen Vorteile bieten.<sup>3</sup> Dort lassen sich die Schutzfunktionen der Wälder durch Umbau mit mediterranen Eichenarten gegen die Folgen des Klimawandels in Wert setzen. Nach den bisherigen Kenntnissen sind zunächst insbesondere die Steineiche und die Ungarische Eiche geeignet. Sie scheinen unter guten Wuchsbedingungen ein Holz zu produzieren, das bis auf den Einsatz als Platten- und Sperrholz und im Bereich der Zellulose- und Papier-Weiterverarbeitung den Stärken der heimischen Hölzer in nur wenigen Punkten nachsteht. Zudem sind sie auch in den weiteren Prüfdimensionen positiv zu bewerten.

Bezüglich einer ökonomischen Holznutzung ist die Flaumeiche als „Problemart“ unter den mediterranen Eichen anzusehen. Trotz Hinweisen auf eine gute Holzqualität scheint ihre Rohholznutzung auf die Gewinnung von Brennholz und Holzkohle begrenzt. Aber auch sie kann als eine anspruchsvolle, widerstandsfähige und vitale Baumart, die zudem eine gute Mischungsfähigkeit besitzt, ihren Beitrag zur Walderhaltung und damit hinsichtlich der Schutzfunktion des Waldökosystems leisten (vgl. Exkurs Baumartenwechsel im Schweizer Wallis).

In der Debatte um den Einsatz von Gastbaumarten wird vermutlich die Flaumeiche, wenn man sie vornehmlich als klimaregulierende Baumart betrachtet, auf die geringsten Bedenken stoßen, da sie bereits in Deutschland vorkommt. Nachteilig werden sich jedoch ihre geringen Nutzungsmöglichkeiten und der damit verbundene geringe wirtschaftliche Wert auswirken.

<sup>3</sup> Eine Bewertung der Eichenhybriden ist hier aufgrund der hohen Wissensdefizite nicht möglich.

### Exkurs: Baumartenwechsel im Schweizer Wallis

Als Ersatzbaumart übernimmt die Flaumeiche im Zentralwallis, einer der trockensten Regionen der Schweiz, die Waldfunktion dort, wo die Waldkiefer abstirbt. Sowohl ihre unterstützenden und regulierenden Dienstleistungen setzt die Eichenart in Wert, indem sie zum einen ihre Schutzfunktion vor Erosion und Steinschlag gewährleistet, zum anderen Schutz vor Verödung bietet und somit grundlegend die Nährstoffkreisläufe als auch die Bodenbildung sichert.

Die erhöhte Mortalität der Kiefern, die schon seit Anfang des 20. Jahrhunderts beobachtet wird, wurde in einem interdisziplinären Forschungsprojekt auf eine veränderte Waldbewirtschaftung in Interaktionen von abiotisch und biotisch wirkenden Stressfaktoren zurückgeführt. Mit Ausnahme der Bestandeskonkurrenz und der Baumalterung werden die anderen Faktoren wie

Mistelbefall, Insekten-Reifungs- und Brutfrass, pathogene Pilze, Nematoden und die generelle Trockenheit in Kombination mit einer Zunahme von Trockenperioden direkt und indirekt durch den Klimawandel begünstigt. Dieses Zusammenwirken der Faktoren schwächte die Vitalität der Kiefern und führte zu einer erhöhten Mortalität, die der Verbreitung der Flaumeiche zu gute kam.

Die Flaumeiche profitierte von ihrer erhöhten Trockenresistenz, weniger hohen Schadensanfälligkeit gegenüber Forstschädlingen und vor allem von den veränderten Waldbewirtschaftungsformen. Von den Ökosystemdienstleistungen, die in diesen Wäldern bereits die Anwesenheit der Flaumeiche fördert bzw. erhält, sind zunächst die regulierenden und unterstützenden Dienstleistungen zu nennen (Rigling et al. 2006)

### Folgerung und Ausblick

Die hier erfolgte Abschätzung macht deutlich, dass die betrachteten Eichenarten unterschiedliche wirtschaftliche Potentiale haben. Die Stärken von Steineiche, Flaumeiche und Ungarischer Eiche liegen in den unterstützenden und regulierenden Leistungen; beim Anbau von Hybriden können hingegen nicht eindeutig positive Wirkungen vorhergesagt werden. Vermutlich wird die Debatte über den Einsatz der mediterranen Eichen als klimaangepasste Baumarten in den zukünftigen Waldöko- und Forstökosystemen letztendlich über die jeweiligen waldbaustrategischen Ziele entschieden werden. Der Rohstoff Holz ist dabei nur eine der Nutzenfunktionen, die ein „mediterranes Eichenwald-Ökosystem“ den Akteuren bereitstellt. Wichtig für eine multifunktionale Nutzung sind neben der Holzproduktion das landschaftsgestalterische Potential des Eichenökosystems, aber auch die lebensraumbildende Funktion für Flora und Fauna. Zudem können in der Folge des Anbaus mediterraner Eichenarten eventuell neue Wirtschaftszweige entstehen (Trüffeln, Schweinemast mit Süßeicheln). Sanfte Übergänge zu ähnlichen Waldökosystemen/Forstsystemen erlauben voraussichtlich eine Anpassung der vom Edelholz abhängigen Wertschöpfungskette statt harter Strukturbrüche. Nieder- bzw. Mittelwaldbewirtschaftung wird auf bestimmten Standorten vermutlich ohnehin zunehmend interessant werden („Energiewald“); sie könnte auch für eine neue Form extensiver Waldweidewirtschaft (Schweinemast) genutzt werden.

Das Wissen, das der hier durchgeführten Folgenabschätzung zugrunde liegt, stammt ausschließlich aus dem heutigen Verbreitungsareal der mediterranen Eichen. Die Annahmen zur Abschätzung beruhen damit auf einer vereinfachten Methodik, die darauf auf-

gebaut ist, dass die in der Literatur beschriebenen Folgewirkungen in den Herkunftsländern und die Folgewirkungen, die sich in Deutschland einstellen werden, in Analogie zu betrachten und zumindest ähnlich sind. Dieser Analogieschluss ist aber weder für das Holzwachstum gesichert noch für die Ökologie, wo es bei einem forcierten Anbau mediterraner Eichenarten in Deutschland beispielsweise zu problematischen nicht-intendierten Nebenwirkungen kommen könnte (z.B. ist dies hinsichtlich der Ausbreitung neuer Krankheiten durch mit den Bäumen eingeschleppte Viren nicht auszuschließen). Es handelt sich hier also nur um vorläufige Aussagen, die bezogen auf Wald- und Forstsysteme in Deutschland mit großer Unsicherheit behaftet sind. Diese notwendige methodische Einschränkung könnte von „interessierter Seite“ in der Debatte zur Entkräftung der hier vorgetragenen Argumente verwendet werden.

### Fazit: Hinweise aus der Wirkungsabschätzung für das Zentrum

Aus der wirtschaftlichen Abschätzung lassen sich einige Hinweise für die weitere Arbeit gewinnen; insbesondere erlaubt die wirtschaftliche Abschätzung einen ersten Ausblick auf die zu erwartenden positiven und negativen Folgen der waldbaulichen Strategie und damit ggf. eine informationsreichere Vorbereitung und bessere Ansprache der Akteure des Stakeholder-Dialogs. In der Debatte um den nicht unumstrittenen Einsatz von klimaangepassten „Gastbaumarten“ sollte sich auf einen Umgang mit dem Argument für Deutschland „unzureichendes Systemwissen“/problematischer Vergleich, verständigt werden. Zudem sollte

die Diskussion um die künftige Waldnutzung proaktiv geführt werden.

Darüber hinaus werden weitere Themen deutlich, die ebenso wie die Entomologie und Ökophysiologie im LOEWE-Zentrum BiK<sup>F</sup> verfolgt werden könnte: Eine ökonomisch und ökologisch bedeutsame Fragestellung, die sich aus der Dynamik des Eichenwaldökosystems hervorgehoben hat, ist die Rolle der Pilze als Krankheitserreger und ihre Wirkungen. Neben (i) mykologischen Untersuchungen, auch hinsichtlich der künftigen Mykorrhizza und des möglichen Anbaus von Trüffeln in Deutschland, könnte auch die landschaftsökologische Forschung bezüglich der (ii) Verdunstung in den mediterranen Eichenwäldern und die (iii) Rolle der Eichenarten für Wasserhaushalt und Mikroklima in Folgevorhaben bzw. der in 2011 fortgeschriebenen Projekte angesprochen werden. Aus vegetationsökologischer Sicht wäre die (vi) Rolle der mediterranen Eichenarten für künftige Pflanzengesellschaften ein weiteres interessantes Forschungsvorhaben. Hieraus ergibt sich auch noch die Frage nach der (v) Resilienz von Eichenmischwäldern, die in den Bereich der Ökosystemforschung fällt.

Innerhalb des Stakeholder-Dialogs und als „Test“ der waldbaulichen Strategie wäre eine sozialwissenschaftliche empirische Erhebung in Form des geplan-

ten Workshops mit Möbelschreibern wünschenswert. Die Erhebung könnte das Wissen über den ökonomischen Nutzen des Holzes der mediterranen Eichen auch in der Möbelproduktion erweitern. Ähnlich könnte es auch möglich sein, durch eine ethno-(pälao)botanische Sekundäranalyse der Inventarisierung alter Möbel und Gebrauchsgegenstände in den bisherigen Anbauländern der betrachteten Eichenarten genauere Aussagen zur historischen Nutzung des Holzes zu machen.

Zudem wären quantitative Aussagen zu Ökosystemdienstleistungen in den veränderten Wäldern zur Untermauerung erwünscht; diese lassen sich sinnvollerweise vergleichend durchführen, so dass sich hier Kooperationen mit Forschern aus Portugal, Spanien, Italien, Bulgarien usw. in EU-Projekten anbieten. Als Basis dafür ist es jedoch wünschenswert, naturwissenschaftlich-empirische Untersuchungen in den badischen Flaumeichenwäldern durchzuführen; diese sollten nicht alleine ökophysiologisch, geobotanisch und entomologisch ausgerichtet sein, sondern auch die Ökosystemdienstleistungen messen sowie die praktischen Erfahrungen der Forstwirtschaft (einschließlich Wildtiermanagement) aufnehmen. Dies kann es dann auch erlauben, einen besseren Umgang mit der Analogisierung der Ergebnisse zu erzielen und zu einer verbesserten Wirkungsabschätzung zu kommen.

## Literatur

- Bartha, Denes (1998): *Quercus frainetto* 11. Erg. Lfg. 3/98. In: Schütt/Schuck/Lang/Roloft (Hg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. Ecomed, Bd. 3
- Barbero, M./R. Loisel/P. Quezel (1992): Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio* 99–100: 19–34
- Bellon, S./G. Guerin (1992): Old holm oak coppices ... new sylvopastoral practices. *Vegetatio* 99–100: 307–316
- Bergmann, Matthias/Engelbert Schramm/Peter Wehling (1999): Kritische Technologiefolgenabschätzung – TA-orientierte Bewertungsverfahren zwischen stadt-ökologischer Forschung und kommunaler Praxis. In: Kirsten Hollaender/Jürgen Friedrich (Hg.) (1999): *Stadtökologische Forschung. Theorien und Anwendung*. Stadtökologie, Bd. 6. Berlin: Analytica
- Blondel, J. et al. (1992): What are the consequences of being a downy oak (*Quercus pubescens*) or a holm oak (*Q. ilex*) for breeding blue tits (*Parus caeruleus*)? *Vegetatio* 99–100: 129–136
- Böhlmann, Dietrich (2009): *Hybriden bei Bäumen und Sträuchern*. Weinheim: Wiley-VCH
- Bolte, Andreas/Pierre L. Ibisch (2007): Neun Thesen zu Klimawandel, Waldbau und Waldnaturschutz. *AFZ – Der Wald* 62(11): 572–576
- Brändli, Urs-Beat (2001): Bedeutung und Verwendung der heimischen Waldgehölze. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft Abteilung Landschaftsinventuren. [http://www.gehoelze.ch/verwendung\\_detail.pdf](http://www.gehoelze.ch/verwendung_detail.pdf) (29.09.2009)
- Breunig, Thomas/Siegfried Demuth (1999): Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Baden-Württembergs. *Naturschutz-Praxis. Artenschutz* 2 (3., neu bearbeitete Fassung). Karlsruhe
- Bundschuh, Anne/Engelbert Schramm (2009): Soziale Funktionen und soziale Nutzung des Waldes. Gegenwärtiger Stand und Trends. Knowledge Flow Paper Nr. 4. LOEWE Biodiversität und Klima Forschungszentrum BiK<sup>F</sup>, Frankfurt am Main
- Bussotti, Filippo (1998): *Quercus pubescens* 12. Erg. Lfg. 6/98. In: Schütt/Schuck/Lang/Roloft (Hg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. Ecomed, Bd. 3
- Euronatur (2009): Projektgebiete A-Z: Dehesas - Warum wir sie brauchen. <http://www.euronatur.org/Dehesas.dehesas.0.html> (29.09.2009)

- Fritz, Peter (Hg.) (2006): *Ökologischer Waldumbau in Deutschland. Fragen, Antworten, Perspektiven.* München: oekom verlag
- Führer, Erwin/Ursula Nopp (2001): *Ursachen, Vorbeugung und Sanierung von Waldschäden.* Wien: Facultas-Univ.-Verl.
- Hartard, Britta/Engelbert Schramm (2009): *Biodiversität und Klimawandel in der Debatte um den ökologischen Waldumbau – eine Diskursfeldanalyse.* Knowledge Flow Paper Nr. 1. LOEWE Biodiversität und Klima Forschungszentrum BiK<sup>F</sup>, Frankfurt am Main
- Himanen, Sari J./Anne-Marja Nerg/Jarmo K. Holo-painen (2009): Degree of herbivore feeding damage as an important contributor to multitrophic plant-parasitoid signaling under climate change. *Plant Signaling & Behavior* 4(3): 249–251
- Johnson, Paul S./Stephen R.Shifley/Robert Rogers (2002): *The Ecology and Silviculture of Oaks.* CABI Publishing
- Köhler, Hartmut/Wolfgang Heyser/Raimund Kesel (2004): Field experiments to accelerate succession and to improve *Quercus ilex* establishment with a renaturation technique. *Proceedings 10th Medecos Conference.* [http://www.uft.uni-bremen.de/oekologie/hartm\\_2004%20Koehler%20et%20al.%20medecos.pdf](http://www.uft.uni-bremen.de/oekologie/hartm_2004%20Koehler%20et%20al.%20medecos.pdf)
- Kölling, Christian/Monika Konnert/Olaf Schmidt (2008): *Wald und Forstwirtschaft im Klimawandel.* *AFZ – Der Wald* 63(15): 804–807
- Kölling, Christian/Lothar Zimmermann (2007): *Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* Nr. 6
- Knopf, H. E. (2002): *Quercus ilex* 28. *Erg. Lfg. 7/02.* In: Schütt/Schuck/Lang/Roloft (Hg.): *Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie.* Ecomed, Bd. 3
- Maroschek, Michael et al. (2009): *Climate change impacts on goods and services of European mountain forests.* *Unasylva* 231/232(60): 76–80
- Mayer, Hannes (1984): *Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage.* 3. Aufl. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag
- Mickler, Tobias/Siegfried Behrendt/Lorenz Erdmann/Michael Knoll/Johannes Rupp (2008): *Delphi-Report: Die Zukunft der Waldnutzung in Deutschland. Ergebnisse einer Expertenbefragung zur Entwicklung von Wald, Forstwirtschaft und Landnutzung.* Berlin
- Millennium Ecosystem Assessment (2005): *Chapter 21 Forest and Woodland Systems.* In: *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends.* Series Vol. 1. Island Press
- Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg (2009): *Landesforstverwaltung.* <http://www.wald-online-bw.de/wald-und-schule/waldpaedagogik/die-bedeutung-des-waldes/schutzfunktion-des-waldes/> (29.09.2009)
- Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (2008): *Information für Waldbesitzer: Trupp- und Nesterpflanzung mit Eiche.* Görlitz [http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/lb\\_m1.a.4595.de/fb\\_nestpf.pdf](http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/lb_m1.a.4595.de/fb_nestpf.pdf) (29.09.2009)
- Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg und Landesforstanstalt Eberswalde (2006): *Information für Waldbesitzer: Waldumbau mit der Traubeneiche. Voranbau unter Kiefernschirm.* Görlitz [http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/lb\\_m1.a.4595.de/fb\\_umbau.pdf](http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/lb_m1.a.4595.de/fb_umbau.pdf) (29.09.2009)
- Pearce, D.W. (1990): *An Economic Approach to Saving the Tropical Forests.* Discussion Paper 90–06, London Environmental Economic Centre, London
- Piñol, Josep/Anna Avila/Antoni Escarvé (1999): *Water Balance in Catchment.* In: Ferran et al. Rodà (Eds.): *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests.* *Ecological Studies* 137. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 273–282
- Plieninger Tobias/Claudia Wilbrand (1998): *Schafbeweidung in den Steineichenwäldern (Dehesas) von Cuatro Lugares, Spanien – Situation, Probleme und Lösungsmöglichkeiten aus naturschutzfachlicher und sozio-ökonomischer Sicht.* Masterarbeit. Institut für Forstpolitik, Forstgeschichte und Naturschutz, Georg August Universität Göttingen: [http://naturschutz.uni-goettingen.de/files/masterarbeiten/26\\_ma.pdf](http://naturschutz.uni-goettingen.de/files/masterarbeiten/26_ma.pdf) (29.09.2009)
- Reimoser, Friedrich/Susanne Reimoser (2002): *Wildschaden und Wildnutzen – Eine Bilanz.* *Forstzeitung.* [http://www.vuwien.ac.at/i128/pub/oe\\_forstzeitung/reimoser%20reimoser%2072002.pdf](http://www.vuwien.ac.at/i128/pub/oe_forstzeitung/reimoser%20reimoser%2072002.pdf) (29.09.2009)
- Rigling, Andreas/Matthias Dobbertin/Matthias Bürgi et al. (2006): *Baumartenwechsel in den Walliser Waldföhrenwäldern.* *Forum für Wissen:* 23–33
- Sayer, Uwe (2000): *Die Ökologie der Flaumeiche (Quercus pubescens Willd.) und ihrer Hybriden auf den Kalkstandorten an ihrer nördlichen Arealgrenze.* *Dissertationes Botanicae* 340. Berlin/Stuttgart
- Steinmüller, Karlheinz/Beate Schulz-Montag/Sylvia Veenhoff (2009): *Waldzukünfte 2100 Szenarioreport.* Köln/Berlin
- Schramm, Engelbert/Britta Hartard (2009): *Biodiversität und Klimawandel in der Naturwalddebatte – eine Diskursfeldanalyse.* Knowledge Flow Paper Nr. 2.

- LOEWE Biodiversität und Klima Forschungszentrum BiK<sup>F</sup>, Frankfurt am Main
- Schwarz, Otto (1937): Monographie der Eichen Europas und des Mittelmeergebietes. (Textband) Repertorium, specierum nov. regni vegetabilis. Berlin-Dahlem
- Suda, Michael: Multifunktionalität oder Interessenviel-  
falt – Anmerkung zum Selbst- und Fremdbild der  
Forstwirtschaft. [http://www.europeanforesters.org/  
GermanyCongress/Symposium/Suda\\_Funktionen  
%20und%20Interessen.doc](http://www.europeanforesters.org/GermanyCongress/Symposium/Suda_Funktionen%20und%20Interessen.doc) (29.07.2009)
- Terradas, Jaume (1999): Holm Oak and Holm Oak Fo-  
rests: An Introduction. In: Ferran Rodà et al. (Eds.):  
Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests.  
Ecological Studies 137. Berlin/Heidelberg: Sprin-  
ger-Verlag, 3–14
- Thomasius, H. (1991): Mögliche Auswirkungen einer  
Klimaerwärmung auf die Wälder Mitteleuropas.  
Forstwissenschaftliches Centralblatt 110: 305–330
- Weber, Daniela (2006): Wald und Holz in der Zukunft  
– Herausforderung für die Zukunft. Dokumentation  
der Klausur. Leipzig
- Witschel, Michael (1980): Xerothermvegetation und  
dealpine Vegetationskomplexe in Südbaden – Bei-  
hefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz  
und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 17
- Zukünfte und Visionen Wald 2100 (Hg.) (2009): Wald-  
zukünfte: Herausforderungen für eine zukunfts-fähige  
Walddpolitik in Deutschland. Policy Paper. Berlin

**Impressum:**

LOEWE Biodiversität und Klima  
Forschungszentrum (BiK<sup>F</sup>)  
Senckenberganlage 25  
60325 Frankfurt am Main  
V.i.S.d.P.: Dr. Thomas Jahn, Projektbereichsleiter  
„Wissenstransfer und sozial-ökologische Dimensionen“  
ISSN: 2192-1571