

# Die Eiche im Klimawandel

## Zukunftschancen einer Baumart

Patrick Bonfils, Andreas Rigling, Urs-Beat Brändli, Peter Brang, Beat Forster, Roland Engesser, Felix Gugerli, Pascal Junod, Raphael Müller und Madeleine S. Günthardt-Goerg

**Der Klimawandel wird den Wald in der Schweiz verändern. Die einheimischen Eichenarten spielen dabei zukünftig wahrscheinlich eine grössere Rolle als heute. Das grosse Anpassungspotenzial dieser Baumarten eröffnet interessante waldbauliche und betriebliche Handlungsoptionen.**



Abb. 1. Eine Eiche braucht 120 bis 160 Jahre bis zur Hiebsreife. Die heute verjüngten Eichen werden also in einer vom Klimawandel geprägten Umwelt aufwachsen.

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts steigen infolge der Anreicherung der Erdatmosphäre mit Treibhausgasen weltweit die Temperaturen. Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) trägt am meisten zur globalen Erwärmung bei. Selbst bei einer heute noch nicht erkennbaren Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration wird die Erwärmung noch über Jahrhunderte andauern (PERROUD und BADER 2013). Falls die globalen Klimaschutzmassnahmen nicht greifen, werden bis zum Ende des 21. Jahrhunderts die mittleren Temperaturen in der Schweiz um 2,7°C bis 4,8°C steigen und die mittleren Sommerniederschläge um 18 Prozent bis 28 Prozent abnehmen (CH2011 2011). Innerhalb eines einzigen Baumlebens werden sich die Umweltverhältnisse stark verändern (Abb. 1). Baumarten, welche gut mit Trockenheit umgehen können, werden voraussichtlich von diesen veränderten Bedingungen profitieren. Dazu gehören insbesondere die in der Schweiz heimischen Traubeneichen (*Q. petraea* [Matt.] Liebl.) und Flaumeichen (*Q. pubescens* agg.).

Eichen gibt es auf der Nordhalbkugel seit rund 15 Millionen Jahren. Alleine im Quartär (2,6 Mio. Jahre bis heute) haben sich hier mindestens 15 Eis- und Zwischeneiszeiten abgelöst. Diese Umweltänderungen haben nur diejenigen Arten überlebt, welche in der Lage waren, unterschiedlichste Habitats zu besiedeln und/oder mit den migrierenden Klimazonen mitzuwandern (KREMER 2010). Die heute in der Schweiz einheimischen Eichenarten haben also die vergangenen

Klimaschwankungen mitgemacht und diese Erfahrung in ihrem «genetischen Gedächtnis» gespeichert. Nach der letzten Eiszeit haben die Eichen rund 7000 Jahre gebraucht, um ganz Europa wieder zu besiedeln. Sie legten dabei im Durchschnitt 380 m pro Jahr zurück (zeitweise 500 m/Jahr) und dürften damit viel mobiler sein, als man dies von einer schwersamigen Baumart erwartet, welche erst noch spät und in unregelmässigen Abständen fruktifiziert. Verschiedene Vogelarten spielen bei der weiträumigen Ausbreitung der Eiche eine wichtige Rolle. So legt etwa der Eichelhäher seine Wintervorräte meist in einer Distanz von 1 bis 6 km vom Eichen-Mutterbestand an. Da ein Teil dieser Wintervorräte ungenutzt bleibt, leistet er einen wichtigen Beitrag zur Ausbreitung der Eiche (Abb. 2).

## Grosses Anpassungspotenzial

Das Überleben in sich verändernden Umwelten hängt von der Fähigkeit ab, sich anzupassen. Evolutive Prozesse (Genetik) und plastische Reaktionen (Änderungen in Morphologie und Verhalten) bestimmen das Ausmass dieser Anpassungsfähigkeit. Baumartenpopu-

lationen mit grosser genetischer Vielfalt können dabei flexibler auf veränderte Umweltbedingungen reagieren, da die Anzahl potenziell geeigneter genetischer Typen grösser ist. Angepasste Individuen sind in der Lage, ihre Gene an nachfolgende Baumgenerationen weiterzugeben und tragen so zur evolutiven Anpassung der Art bei. Schlecht angepasste Individuen scheiden vorzeitig aus. Die wichtigsten Eichenarten in Europa sind genetisch überdurchschnittlich variabel. Zum Teil liegt dies am bedeutenden Genaustausch durch Pollenflug, der auch zwischen weit entfernten Populationen möglich ist (bis zu 80 km). Dieser grossräumige Genaustausch hat zur Folge, dass oft mehr als die Hälfte des Pollens in einem Bestand von ausserhalb stammt (GERBER *et al.* 2014). Gerade für stressbelastete Populationen ist dies vorteilhaft, weil so neue Gene aus anderen Umweltsituationen «importiert» werden können. Die unterschiedlichen Klimazonen (ozeanisch bis kontinental), Höhenlagen (von Meereshöhe bis auf 1800 m ü. M.) und Standorte (feucht bis trocken), welche die Eiche besiedelt (Abb. 3), erweisen sich damit als wertvolle Quellgebiete genetischer Variation (KREMER 2010).

Das plastische Verhalten erlaubt – im Gegensatz zur evolutiven Anpassung –

eine schnelle Reaktion auf aussergewöhnliche Umweltveränderungen (z. B. Trockenheit). Hinter solchen Reaktionen stehen physiologische Prozesse, welche für Stoffwechsel und Wachstum zuständig sind. Untersuchungen in Modellökosystemen zeigten, dass 3- bis 5-jährige Jungeichen flexibel auf erhöhte Temperatur und Trockenheit reagieren. Ihr Stoffwechsel kommt auch nach starker Trockenheit sehr schnell wieder in Gang (BONFILS *et al.* 2013). Das robuste Blattwerk bleibt funktionsfähig, so dass die Fotosynthese sowie der Nährstoff- und Wassertransport sichergestellt sind. Studien an erwachsenen Flaumeichen zeigen, dass sie ihre Spaltöffnungen auf der Blattunterseite bei Lufterwärmung und Trockenheit vergleichsweise lange offen halten können (länger z. B. als Waldföhren) und deshalb trotz der Trockenheit eine grosse Fotosyntheseleistung erzielen (RIGLING *et al.* 2013). Auch in adulten Mischbeständen gehen die Eichen offensichtlich besser mit der Trockenheit um als etwa Kirschbaum, Buche, Sommerlinde und Bergahorn (SCHERRER *et al.* 2011). Gerade bei Trockenheit zeigt sich die grosse Plastizität der Eiche. Im Bestreben den Wasserverlust zu minimieren und gleichzeitig die Vitalfunktionen aufrecht zu erhalten, passen Jungpflanzen je nach Bedingungen Grösse, Form und Gestalt ihrer Blätter an (GÜNTHARDT-GOERG *et al.* 2013). Auch das Verhältnis von Spross- zu Wurzelwachstum verändert sich, um die lebenswichtige Wasserversorgung aufrechtzuerhalten. So wird bei Trockenheit proportional mehr Energie in die Bildung der Wurzeln investiert.

Zahlreiche Kreuzungsexperimente und genetische Untersuchungen zeigen, dass Stiel-, Trauben- und Flaumeiche Gene austauschen können. In der Natur sind dieser sogenannten Hybridisierung allerdings Grenzen gesetzt, da die Eichenarten zum Beispiel zu unterschiedlichen Zeitpunkten blühen oder ihr Pollen unverträglich ist. Kreuzungserfolge bleiben daher oft aus. Entsprechend spricht die Wissenschaft heute bei der Hybridisierung zwischen Eichenarten von einem relativ seltenen, aber dennoch bedeutsamen Phänomen: So selten, dass die Artgrenzen erhalten bleiben und doch so häufig, dass die Arten über Kreuzung und Rückkreuzung Gene austauschen (Abb. 4). Damit werden arttypische Merkmale artübergreifend ausgetauscht, was



Abb. 2. Einen Teil der rund 4000 Eicheln, welche im Herbst als Wintervorrat vergraben werden, vergisst der Eichelhäher oder findet sie nicht mehr. Die Eicheln profitieren bei der Keimung von den günstigen Wuchsbedingungen an den sorgsam ausgewählten Verstecken.

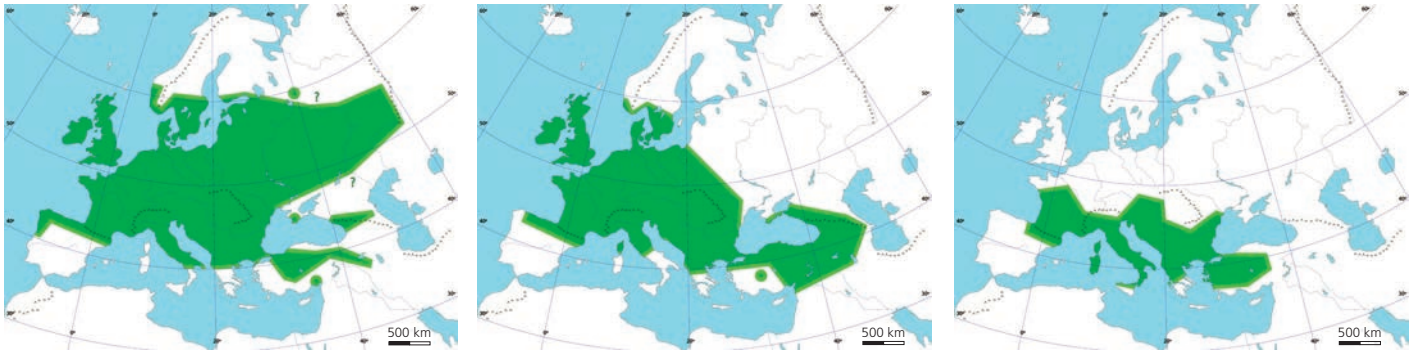


Abb. 3. Die grossen, zusammenhängenden Verbreitungsgebiete von Stieleiche (links), Traubeneiche (mitte) und Flaumeiche (rechts) ermöglichen den Austausch von Genen zwischen Populationen unterschiedlicher Klimagebiete und Standorte und erhöhen damit das Anpassungspotenzial dieser Arten (Rudow 2013).

bei drastischen Umweltveränderungen als Stärke des «Gesamtsystems» verstanden wird (KREMER 2010). In der Schweiz führt etwa die enge Verzahnung von Flaum- und Traubeneiche zu hybriden Übergangsformen. Diese bilden südlich der Alpen (Tessin, Wallis) und nördlich davon (südliche Juraketten, Aargauer Jura, St. Galler und Churer Rheintal) ausgedehnte Hybridschwärme, welche sich deutlich von benachbarten europäischen und insbesondere mediterranen Beständen unterscheiden (AAS 1998).

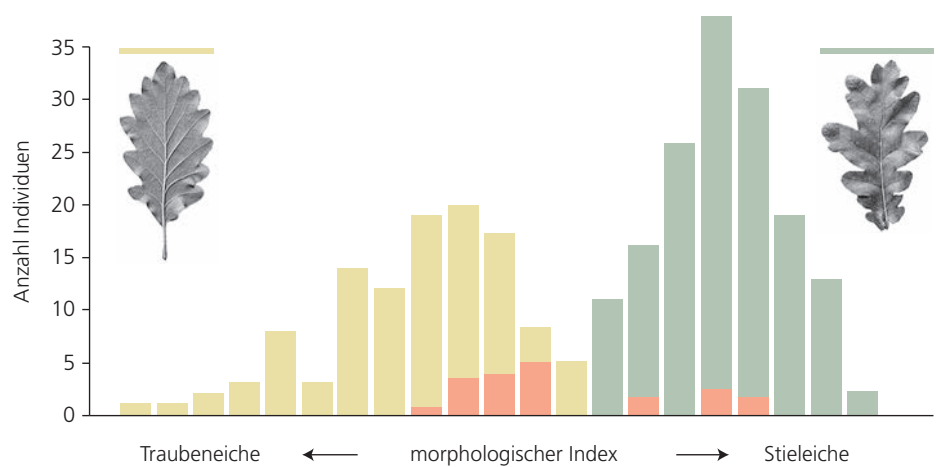


Abb. 4. Artbestimmung aufgrund morphologischer und genetischer Merkmale. Der morphologische Index (Säulen) und die genetischen Untersuchungen (Farben) zeigen die Zuordnung zum Traubeneichen- und Stieleichtyp bzw. rot die Hybride (abgeändert nach LEPAIS 2008).

## Die Eiche in der Schweiz

Die Hauptverbreitungsgebiete der Eiche liegen im Mittelland, in den tieferen Lagen des Jura sowie auf der Alpensüdseite und im Wallis (Abb. 5). Dabei ist die Traubeneiche im Jura, in alpinen Tal-lagen und im Tessin viel häufiger als die Stieleiche. Im westlichen Mittelland ist die Eichenkonzentration mit einem Stammzahlanteil von 7 Prozent am höchsten. Bestände, in denen Eichen vorherrschen, gibt es vor allem in den Kantonen Genf und Waadt, in den Tieflagen des Tessins und Südbündens, im unteren Rhonetal, am Bielersee und stellenweise im östlichen Jura und Mittelland (BRÄNDLI 2010; ABEGG *et al.* 2014). Die überwiegende Mehrzahl der Eichen kommt in Mischbeständen mit einem Deckungsgrad von weniger als 50 Prozent vor. Diese Bestände stocken mehrheitlich auf Buchenstandorten (BRÄNDLI 2013), wo sich die Eiche in der

Regel dank der langjährigen Förderung durch den Menschen halten kann.

Die in der Schweiz vorkommenden Eichenarten sind mit 2,2 Prozent am Gesamtvorrat des Schweizer Waldes beteiligt (9,1 Mio. m<sup>3</sup>) und besetzen rund 25 000 ha als vorherrschende Baumart (BRÄNDLI 2010). Bei Stiel- und Traubeneiche stieg zwischen 1993 und 2006 der Vorrat (Holzvolumen in m<sup>3</sup>), während die Stammzahl abnahm (Tab. 1). Bei beiden Haupteichenarten gibt es also immer weniger, aber dickere Bäume. Dieser Trend wird sich in absehbarer Zeit auch nicht ändern, da die jüngsten Altersklassen (0–40 Jahre) flächenmässig untervertreten sind (Abb. 6). Bei der Flaumeiche hingegen haben Vorrat und Stammzahl um rund ein Drittel zuge-

nommen. Diese starke Zunahme kann zu einem Drittel mit dem Einwuchs bereits bestehender Stockausschlagwälder (Niederwälder) in die Inventurschwelle erklärt werden (Abb. 7). Neben einer veränderten Waldnutzung (Aufgabe der Waldweide und Streunutzung) dürften aber auch die für die Flaumeiche günstigen klimatischen Bedingungen für diese Entwicklung verantwortlich sein (RIGLING *et al.* 2006).

Obwohl Stiel-, Trauben- und Flaumeiche genetisch miteinander in Kontakt stehen, haben alle drei Arten spezifische Standortsansprüche und verhalten sich ökologisch unterschiedlich (Tab. 2). Die Traubeneiche bevorzugt durchlässige, frische bis trockene Böden, während die Stieleiche oft auf tiefgründigen, ton-

reichen und gut wasserversorgten Böden wächst und auch auf feuchten bis nassen, zeitweilig überfluteten Standorten vorkommt (z. B. im Auenwald). Die Flaumeiche besiedelt nördlich der Alpen, in den Zentralalpen und über weite Teile der Südalpen extrem trockene, flachgründige Kalk-Standorte und kommt hauptsächlich an südexponierten Hän-

gen vor. Die ökologischen Präferenzen der Eichenarten führen allerdings nicht zu einer vollständigen räumlichen Trennung ihres Vorkommens. Entsprechend dem in der Schweiz oftmals sehr feinen Standortsmosaik kommen etwa Stiel- und Traubeneiche vielerorts gemeinsam vor; manchmal sogar zusammen mit der Flaumeiche (KISSLING 1980).

Zweifellos ist der Wasserhaushalt einer der Hauptfaktoren für die ökologische Differenzierung und muss unter veränderten klimatischen Bedingungen noch verstärkt als Kriterium bei der Standortbeurteilung und der Artenwahl berücksichtigt werden. Obwohl die Stieleiche auf gut wasserversorgten Standorten ihr Optimum aufweist und dort die besten Wuchsleistungen erbringt, kommt sie auf verschiedenen Substraten (sauer und basisch), unterschiedlichen Höhenstufen (kollin bis submontan) und sowohl in ozeanisch wie auch kontinental geprägten Klimaräumen vor. Trotz dieser Qualitäten ist sie bei Trockenheit aufgrund geringerer Wassernutzungseffizienz (GAILING 2010) und Fotosyntheseleistung (AREND *et al.* 2013) empfindlicher als die Traubeneiche.

Baumarten reagieren unterschiedlich auf den Klimawandel. Ihre ökologischen Eigenschaften, die Bestandes- und Populationsstrukturen und die Beziehungen zu anderen Baumarten und Organismen sind hier entscheidend. Mit Hilfe verschiedenster Simulationen wird heute versucht, die Baumartenverbreitung unter den zukünftig zu erwartenden Umweltbedingungen darzustellen. Unabhängig von der verwendeten Methode zeigt sich dabei durchwegs eine deutliche Ausweitung und Verschiebung des Eichenvorkommens. Die Eichen gehören also vermutlich zu den Nutznießern des Klimawandels und werden im Schweizer Wald der Zukunft wohl häufiger sein als heute. Sie dürften dabei im Mittelland unter anderem von einer Schwächung der Buche profitieren. Ob die Resultate der Simulationen tatsächlich eintreffen, hängt aber auch vom verfügbaren Samenangebot, der Konkurrenzvegetation und besonders von der Waldbewirtschaftung ab. Aussagen

Deckungsgrad aller Eichen

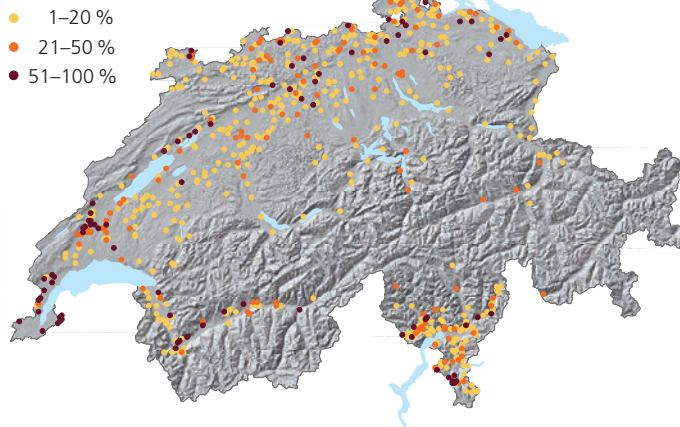


Abb. 5. Vorkommen der Eichen auf den terrestrischen Probeflächen des LF13 2004/2006 (zugänglicher Wald ohne Gebüschwald). Dargestellt ist der Deckungsgrad von Stiel-, Trauben- und Flaumeiche (BRÄNDLI 2013). Geländedaten: DHM25 © 1994 Bundesamt für Landestopographie.

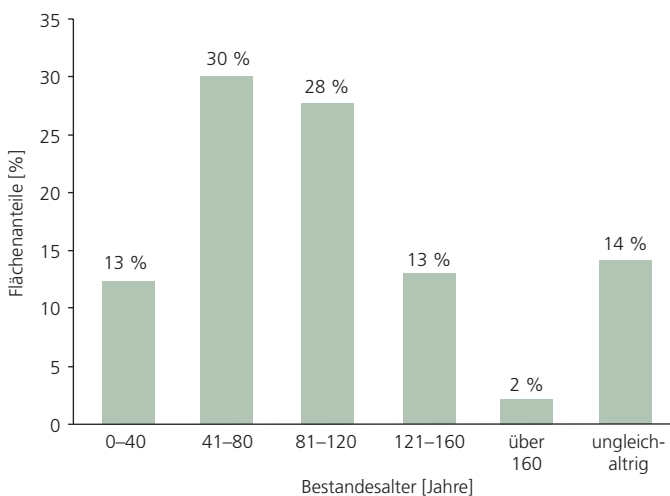


Abb. 6. Bestandesalter in Prozent des gesamten Eichenvorkommens von rund 25 000 ha im LF13 2004/2006 (BRÄNDLI 2013).

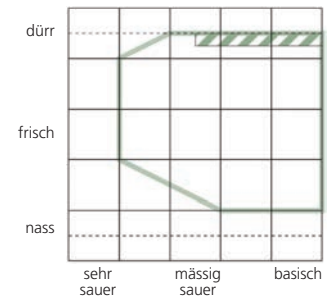
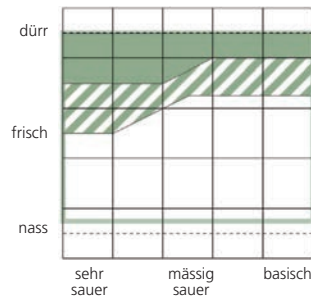
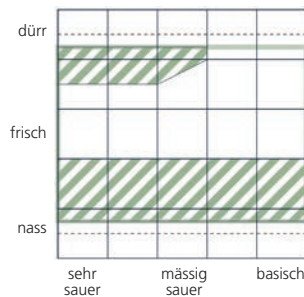
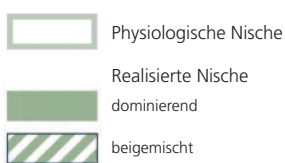
Tab. 1. Kenngrößen zur Häufigkeit und Bedeutung der einheimischen Eichenarten in der Schweiz (Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald). Vergleich Landesforstinventar LF13 2004/2006 zu LF12 1993/95 (BRÄNDLI 2010 und BRÄNDLI 2013).

	Vorrat 2004/06		Stammzahl 2004/06		Vorratsänderung		Stammzahländerung		Bruttozuwachs		Jährliche Nutzung	
	1000 m <sup>3</sup>	± %	1000 Anz.	± %	%	±	%	±	1000 m <sup>3</sup> /J.	± %	1000 m <sup>3</sup> /J.	± %
Stieleiche	3564	11	2612	11	1,6	4,5	-14,6	5,4	65,2	15	41,1	23
Traubeneiche	4986	9	6686	10	8,5	5,6	-7,8	4,1	89,3	14	61,1	23
Flaumeiche	370	25	1584	21	31,2	17,2	35,2	16,9	4,9	51	0,1	100
Zerreiche	44	48	85	41	27,9	29,7	30,1	28,9	1,3	49	0	0
Total	8964	7	10967	7	6,5	3,4	-5,6	3,0	16,7	10	102,3	16

Tab. 2. Die ökologischen Ansprüche der drei wichtigsten Eichenarten in der Schweiz (abgeändert aus ETH Zürich 2002 und Rudow 2013).

Eigenschaft	Stieleiche	Traubeneiche	Flaumeiche
<b>Konkurrenzkraft</b>	mittel	mittel	gering
<b>Schattentoleranz</b> (in der frühen Jugend)	mittel (Halbschattenart), ab Dickungsstufe Lichtbaumart	mittel (Halbschattenart)	gering (Lichtbaumart)
<b>Wachstum</b>	in der Jugend sehr raschwüchsig (i. d. R. rascher als Traubeneiche)	in der Jugend sehr raschwüchsig	Wuchsleistung geringer als bei Stiel- und Traubeneiche
<b>Wärmebedarf</b>	hoch	hoch	sehr hoch (Sommerwärme sehr wichtig)
<b>Winterkälte</b>	mässig empfindlich	empfindlich	mässig empfindlich (dringt tief in kontinentale Gebiete vor)
<b>Spätfrost</b>	mässig empfindlich	empfindlich	empfindlich
<b>Wasserversorgung</b>	bevorzugt gut versorgte Böden	anspruchlos	sehr anspruchslos
<b>Trockenheit</b>	mässig empfindlich	wenig empfindlich	unempfindlich
<b>Nährstoffversorgung</b>	mässig anspruchslos (bevorzugt fruchtbare Böden)	anspruchlos	anspruchlos

### Ökogramme



zur zeitlichen Entwicklung der Eichenverbreitung sind also schwierig. Im Wallis und anderen inneralpinen Tälern wird seit vielen Jahren tatsächlich eine Ausweitung des Flaumeichenvorkommens auf Kosten der Waldföhre beobachtet. Die Ursachen für diesen Wandel sind allerdings vielfältig. Die Sommertrockenheit korreliert offensichtlich mit der erhöhten Sterblichkeit der Waldföhre (RIGLING *et al.* 2013), während die Flaumeiche weniger betroffen ist. Neben der Trockenheit sind aber weitere Faktoren für diesen Baumartenwechsel verantwortlich. So haben die Aufgabe der früher üblichen Waldweide und der Streunutzung zu dunkleren Beständen geführt und die Humusaufgabe am Boden vergrößert; die neuen Bedingungen begünstigen Eichenkeimlinge und Eichenjungpflanzen gegenüber der Waldföhre. Zudem kämpft die Föhre mit verschiedenen phytosanitären Problemen (Mistel-, Pilz-, Nematoden-, und Insektenbefall; RIGLING *et al.* 2006).



Abb. 7. Selbst an exponierten Lagen sind Flaumeichen-Wälder während der Kriegsjahre der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts für die Gewinnung von Brennholz kahlgeschlagen worden. Heute präsentieren sich diese Bestände als Stockausschlagwälder und nehmen wieder an Vorrat zu.



Abb. 8. Durch Frostspanner kahl gefressene Eichenkronen und die Raupe des Grossen Frostspanners (*Erannis defoliaria*).

Eichen können von verschiedenen Insekten-Frassgemeinschaften heimgesucht werden. In der Schweiz sind bei Kahl- oder Lichtfrass am häufigsten die Frostspanner-Arten (*Erannis defoliaria* und *Opteroptera brumata*) (Abb. 8), der Grüne Eichenwickler (*Tortrix viridana*) sowie auf frei stehenden Bäumen der Goldafter (*Euproctis chrysorrhoea*) zu beobachten. Geschwächte Eichen werden von parasitischen Pilzen wie dem Hallimasch (*Armillaria* sp.) oder dem Spindeligen Rübbling (*Collybia fusipes*) befallen. Letzterer zerstört die Starkwurzeln, so dass befallene Bäume ihre Sturmfestigkeit einbüßen. Seit Jahrhunderten wird Europa periodisch von Eichensterben heimgesucht (DELATOUR 1983). Die Ursache für dieses Phänomen wird in einer Kombination mehrerer krankheitsfördernder Faktoren vermutet. Dazu zählen Klimaextreme (Winterfröste, Trockenheit), vorangegangener Kahlfrass (Insekten) und Nährstoff-Ungleichgewichte. Die Stieleiche scheint in Zeiten des Eichensterbens stärkere Schadsymptome aufzuweisen als die Traubeneiche.

Die Schweiz ist bis jetzt von grossflächigem Eichensterben verschont geblieben. Es liegen aber Meldungen von unspezifischen Kronenverlichtungen an Alteichen vor (MEIER *et al.* 2013). Möglicherweise noch gefährlicher als die bisher schon bekannten Schädlinge sind eingeschleppte Arten. In Bezug auf die Eiche steht etwa *Phytophthora ramorum*, ein pilzähnlicher Mikroorganismus mit grossem Schadpotenzial, unter besonderer Beobachtung (Infraconsult

2011). Voraussagen zur Entwicklung potenzieller Eichenschädlinge und -Krankheiten in Zusammenhang mit Klimaveränderungen sind aber nur beschränkt möglich. Seit einigen Jahren tritt in einigen Ländern der wärmeliebende Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) verstärkt in Erscheinung. Dieser kann unangenehme Auswirkungen auf Mensch und Tier haben, da die feinen Haare der Raupen allergische Reaktionen von Haut und Schleimhäuten auslösen können.

## Handlungsoptionen wahrnehmen

### Politische und betriebliche Grundlagen schaffen

Der Ausspruch «Man muss die Eiche wollen!» hat vermutlich noch eine ganze Weile Bestand, da die Konkurrenzschwäche dieser Baumart auf wüchsigen Standorten vorerst noch andauern wird (OTTO *et al.* 2009). Neben dem anspruchsvollen Waldbau ist die Arbeit mit der Eiche auch mit besonderen Investitionen verbunden: Vorbereitung der Verjüngungsflächen, Pflanzung, Wildschutz, aufwendige Pflege (etwa 30 000 CHF/ha). Der Entscheid für die Eiche muss daher von allen Interessengruppen mitgetragen werden; vom Bund über den Kanton bis hin zum Waldeigentümer (Abb. 9) und Betriebsleiter sind alle gefordert. Gerade auf Ebene des Forstbetriebes erleichtern klar formulierte und verbindliche Entscheide die lang-

fristige Planung und Umsetzung einer Eichenstrategie (betriebliche Strategie und Leitbild, Betriebsplan und waldbauliche Planung).

Für den Forstbetrieb stellen Verjüngung und Pflege von Eichenbeständen wesentliche Kostenpunkte dar. Optimierte Verjüngungs- und Pflegeverfahren sind daher von grösster Bedeutung. Mit der sogenannten Trupppflanzung existiert eine erprobte Methode, welche gegenüber flächiger Bepflanzung ökonomische aber auch ökologische Vorteile bietet (KOCH und BRANG 2005). Ein kostspieliger Wildschutz und periodisch auch Nassschneesäden gehören heute zum betrieblichen Alltag des Eichenwaldbaus. Diese Fragen dürften im Zuge der Klimaerwärmung nicht an Aktualität verlieren.

### Hohen Naturwert schützen

Neben dem kulturgeschichtlichen und ökonomischen Interesse zeichnet sich die Eiche auch durch ihren hohen Naturwert aus (BONFILS *et al.* 2005). Zahlreiche Kleinsäuger, Vögel, Insekten und andere Wirbellose sowie Pilze, Flechten und Moose nutzen Eichen und eichenreiche Wälder als Lebensraum. In Mitteleuropa sind 300 bis 500 Arten direkt oder indirekt auf die Eiche angewiesen. Etwa dieselbe Anzahl Organismen nutzt diese Baumart fakultativ. Rund 300 Insektenarten – dreimal mehr als bei der Buche – sind ausschliesslich auf der Eiche zu finden. Zum Schutz und zur Entwicklung dieser Biodiversität-Hotspots unterstützen Bund und Kantone mittels Pro-

grammvereinbarungen die Begründung und Pflege von eichenreichen Wäldern (BAFU 2011). Organismen, welche eichenreiche Wälder als Lebensraum nutzen, werden über den Aktionsplan für die Erhaltung prioritärer Arten gefördert. So ist etwa für den Mittelspecht (Abb. 10) ein nationaler Aktionsplan erarbeitet worden (PASINELLI *et al.* 2008). Dieser ist für die Eiche von besonderer Bedeutung, weil darin die Erhaltung von Alteichen eine zentrale Rolle spielt.

### Eichenvorkommen erweitern

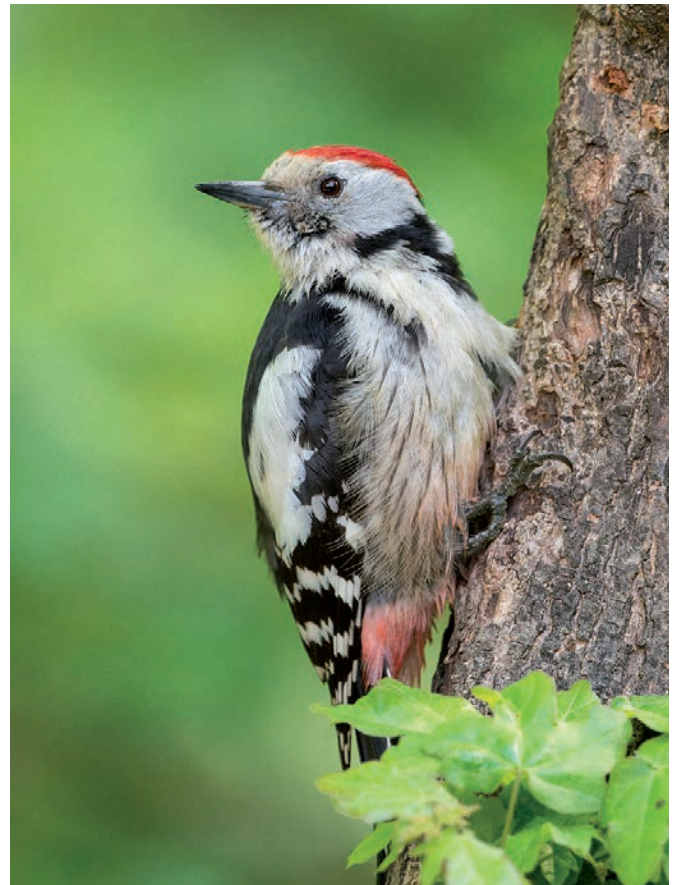
Das oft kleinflächige und gemischte Vorkommen der Eiche erschwert eine effiziente und zielgerichtete Bewirtschaftung dieser Baumart. Eine Verdichtung und Erweiterung bestehender Eichenvorkommen auf geeigneten Standorten ist daher nicht nur aus ökologischen, sondern auch aus betrieblichen Gründen wünschenswert. Aus forstwirtschaftlicher Sicht weist der Eichenbestand in vielen Kantonen einen Überschuss an alten Bäumen auf (siehe Abb. 6). Da das Altholz aus Gründen der Biodiversitätsförderung erhalten bleiben soll, kann eine nachhaltigere Altersklassenverteilung nur über die Begründung zusätzlicher Eichenflächen erfolgen. Dies wird meist über Pflanzungen geschehen müssen. Dass regional bereits heute geeignete Standorte zur Verfügung stehen, zeigt eine pflanzenkundliche Studie aus dem Waadtland: Die Ausdehnung des Eichenareals um 65 Prozent ist dort möglich (HORISBERGER und MEYLAN 2009). Der Eichenanbau wird sowohl vom Bund als auch von einigen Kantonen aus Gründen der Biodiversitätsförderung finanziell unterstützt. Damit bestehen vielerorts Rahmenbedingungen, welche die Schaffung grösserer, genetisch vielfältigerer und miteinander in Kontakt stehender Populationen erlauben. Einige Kantone verfügen bereits über umfangreiche und breit abgestützte Förderstrategien und leisten damit bei der Eichenförderung wertvolle Pionierarbeit (Abb. 11).

Die Wahl der geeigneten Eichenart ist eine der wichtigsten Fragen bei der Neubegründung von Eichenbeständen (Abb. 12). Die Bedeutung der standortgerechten Artenwahl hat im Hinblick auf den Klimawandel zugenommen. Dabei geht es in unmittelbarer Zukunft vor allem um die Wahl zwischen Stiel- und

Abb. 9. Die Burgergemeinde Büren a. A. (BE) bekennt sich im Leitbild ihres Forstbetriebs zum langfristigen Engagement für die Eiche. Mit der Beteiligung des Bundes unterstützt der Kanton Bern die Waldeigentümer bei der Anlage und Pflege von Eichenbeständen.



Abb. 10. Der Mittelspecht gilt als Zeigerart für biologisch wertvolle Eichenwälder. Damit er ansässig wird, braucht er 10 bis 30 Eichen pro ha, welche einen Brusthöhendurchmesser von mindestens 35 cm aufweisen (PASINELLI *et al.* 2008).



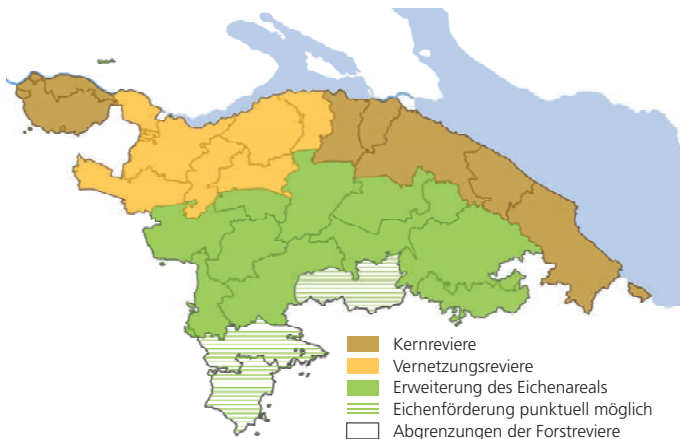


Abb. 11. In seinem Eichenkonzept aus dem Jahre 2010 hat der Kanton Thurgau die Vernetzung und Erweiterung des Eichenareals vorgesehen (Karte aus dem kantonalen Konzept).

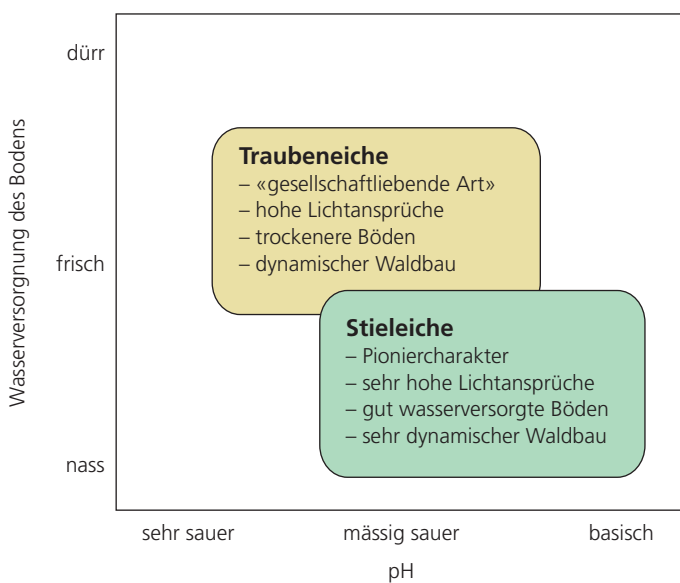


Abb. 12. Einsatzbereiche von Stiel- und Traubeneiche im Ökogramm (abgeändert aus LEMAIRE 2010).

Traubeneiche. Bei Zweifeln an der guten Wasserversorgung des Standorts unter zukünftigen, klimatisch veränderten Bedingungen sollte auf den Einsatz der Stieleiche verzichtet werden.

### Genetische Ressourcen erhalten und pflegen

Die künstliche Bestandesverjüngung hat im Schweizer Wald in den letzten zwanzig Jahren kontinuierlich abgenommen. Damit ist in der Forstpraxis und der Verwaltung auch das Interesse an Fragen zum forstlichen Vermehrungsgut zurückgegangen. Für die Eiche ist diese Entwicklung besonders nachteilig, weil sie vielerorts nur schwer natürlich zu verjüngen ist und deshalb auch heute noch häufig gepflanzt wird. Falls die Ausweitung des Eichenareals waldbaulich begleitet und aktiv unterstützt werden soll, ist in Zukunft mit einem erhöh-

ten Pflanzenbedarf zu rechnen. Damit dem Betriebsleiter geeignetes Vermehrungsgut zur Verfügung steht, ist die Pflege der Samenerntebestände sicherzustellen und der Gesamtbestand möglicher Samenerntebestände periodisch zu überprüfen. Damit wird verhindert, dass nur einige wenige bekannte «Spitzenherkünfte» verwendet werden.

Genetische Untersuchungen in Schweizer Eichenbeständen weisen darauf hin, dass bis ins 19. Jahrhundert nur wenige Samen und Pflanzen durch Menschen über weite Strecken transportiert wurden. Bei älteren Eichenpopulationen kann deshalb mit einiger Wahrscheinlichkeit noch heute von autochthonen Beständen gesprochen werden (MÁTYÁS *et al.* 2002). Auch wenn grundsätzlich keine Aussagen über das Verhalten dieser Populationen unter zukünftigen Umweltbedingungen gemacht werden können, sind diese Bestände heute gut an

ihren Standort angepasst und bilden wichtige genetische Ressourcen, die es zu erhalten und zu nutzen gilt.

### In die Verjüngung investieren

Die Verjüngung eines Bestandes gehört zu den wichtigsten Phasen der Bestandesentwicklung. Folgende Aspekte verdienen im Hinblick auf den Klimawandel besondere Aufmerksamkeit:

- Die Naturverjüngung stellt eine grosse Auslesebasis zur Verfügung und erhöht das Potenzial für evolutive Anpassung (Abb. 13). Sie ist daher der genetisch weniger vielfältigen künstlichen Verjüngung wenn immer möglich vorzuziehen (DUCOUSSO und BORDACS 2004).
- Es gibt aber auch gute Argumente für die künstliche Verjüngung: ungenügende Naturverjüngung, starke Vegetationskonkurrenz oder ganz einfach fehlende Samenbäume. Die künstliche Verjüngung spielt gerade bei der Ausweitung des bestehenden Eichenvorkommens und der allfälligen Ergänzung mit auswärtigem Genmaterial eine wichtige Rolle. Der Auswahl, Ernte und Produktion von geeignetem Vermehrungsgut ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken (zum Standort passende Eichenart und Provenienz).
- Der Eichelhäher kann die Ausbreitung der Eiche stark unterstützen (MIL-Brandenburg 2012). Betriebsleiter sollten natürlich entstandene Verjüngungsiseln in ihre waldbaulichen Überlegungen miteinbeziehen.

### Auf Pflege und Durchforstung beharren

Trotz der relativen Trockentoleranz der Eichen wird der Klimawandel vermutlich nicht spurlos an diesen vorübergehen, so dass in den nächsten Jahrzehnten mit stressbelasteten Populationen zu rechnen ist. Um Schäden vorzubeugen, sind den Eichen bestmögliche Wuchsbedingungen zu bieten. Besondere Beachtung verdient dabei die Regelung der Konkurrenz, da die Eichen in unmittelbarer Zukunft immer noch bedrängt werden dürften. In Eichen-Mischbeständen auf wüchsigen Standorten muss die Konkurrenzschwäche der Eiche (ROHNER *et al.* 2012; OTTO *et al.* 2009) auch weiterhin mit waldbaulicher Pflege und Durchforstungsarbeit kompensiert werden.



Die folgenden waldbaulichen Empfehlungen sollen als Hinweise verstanden werden und gelten möglicherweise nicht für alle Ausgangssituationen. Sie sind in der Praxis zu erproben und aus ökologischer, produktionstechnischer und ökonomischer Sicht zu prüfen:

- Sobald in Jungbeständen nach einer Phase der Selbstdifferenzierung das gute Zuwachspotenzial von Einzelbäumen erkennbar ist, wird mit kräftigen Pflegeeingriffen deren Kronenentwicklung und Vitalität gefördert. Damit wird die Bewältigung des klimabedingten Stresses unterstützt und die Anfälligkeit auf Krankheiten und Schädlinge vermindert.
- Die Vitalität eines Baumes erlangt in einer sich ändernden, von Stress geprägten Umwelt grössere Bedeutung. Im Zweifelsfall soll daher bei der Auswahl von Zukunftsbäumen dem Kriterium der Vitalität höheres Gewicht beigemessen werden als der Qualität und dem Abstand.
- Bei waldbaulichen Eingriffen sind Artunterschiede zu beachten: die Stieleiche benötigt stärkere Eingriffe und einen aktiveren Waldbau als die Traubeneiche.
- Auch ältere Bestände sind zwecks Kronenpflege regelmässig zu durchforsten (Abb. 14). Damit sollen Vitalität und Fruktifikation verbessert werden. Ältere Eichenbestände sind oftmals autochthon und stellen wertvolle genetische Ressourcen dar, die es zu erhalten und zu pflegen gilt.

### **Unterschiedliche Betriebsarten fördern die biologische Vielfalt**

Die Eiche ist eine der wenigen Baumarten, welche sowohl im Niederwald, Mittelwald, Hochwald als auch im Dauerwald eingesetzt werden kann (Abb. 15). Niederwald- und Mittelwaldbetrieb spielen in der Schweiz zurzeit keine grosse Rolle, könnten aber infolge der Energiewende wieder auf ein gewisses Interesse stossen. Am meisten Erfahrungen bestehen in der Schweiz mit dem Eichen-Hochwaldbetrieb. Hier werden traditionellerweise relativ grossflächige, gleichförmige Bestände angestrebt (minimale Verjüngungsfläche 0,5 ha). Die Vorstellungen eines aktiven Waldbaus dürften im Hochwald am einfachsten umzusetzen sein (siehe vorangehender Absatz). Der Dauerwald-



Abb. 13. In bestehenden Eichenbeständen bietet die Naturverjüngung die beste Gewähr für die Erhaltung der genetischen Diversität.



Abb. 14. Die Freistellung bedrängter Eichen (Kronenpflege) erhöht deren Vitalität. Altbäume leisten einen wertvollen Beitrag zur Bestandesstabilität und erhöhen die Biodiversität. Mit einer verstärkten Fruktifikation tragen sie zur Ausbreitung ihrer Art bei.

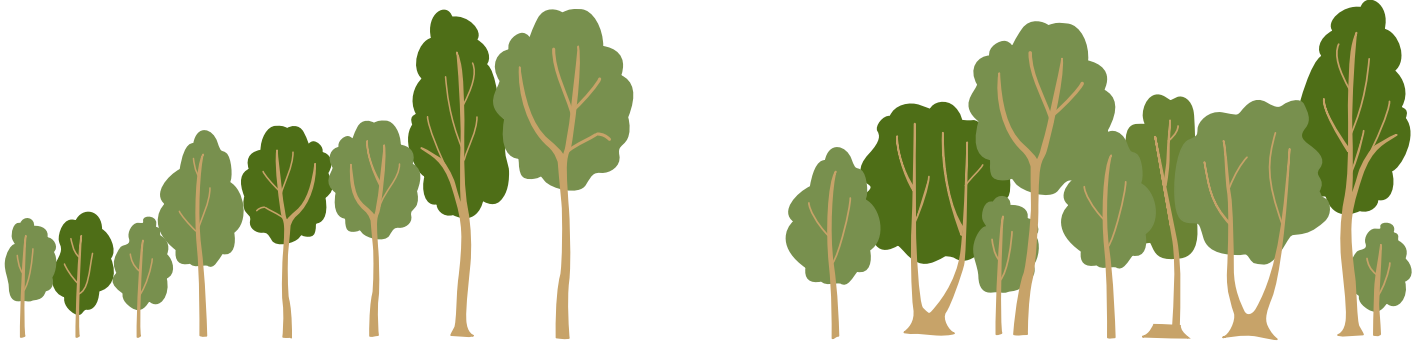


Abb. 15. Verschiedene Betriebsarten bergen Vor- und Nachteile (links gleichförmige und rechts stufige Bestandsstrukturen; abgeändert aus BRÄNDLI 2010).

betrieb erfreut sich in der Schweiz zunehmender Beliebtheit. In Bezug auf die Integration der Eiche existieren allerdings noch wenig Erfahrungen.

Auf wüchsigen Standorten sollen in gleichförmigen Eichenreinbeständen (in Abb. 15 links) dank eines aktiven und dynamischen Waldbaus kürzere Umtriebszeiten von 100 bis 120 Jahren möglich sein (LEMAIRE 2010). Solch kurze Umtriebszeiten vermindern das Produktionsrisiko und erlauben bei der Verjüngung eine um Jahrzehnte frühere, genetische «Neuorientierung» der Population. Die Eiche kommt aber auch in ungleichförmigen Mischbeständen vor

(dauerwaldartige Bestandesstruktur; Abb. 15 rechts), wo ihre dienenden Eigenschaften als stabilisierendes Bestandeselement zum Tragen kommen (erhöhte Sturmfestigkeit der Bestände). Zudem kann möglicherweise phytosanitären Problemen vorgebeugt und der Ausfall ganzer Bestände verhindert werden, indem die Massenvermehrung und Ausbreitung von Schadinsekten und Krankheiten erschwert wird.

An dieser Stelle können keine abschliessenden Aussagen zu den Vor- und Nachteilen verschiedener Betriebsarten gemacht werden. Diese Diskussion muss aber zukünftig sicherlich geführt wer-

den, umso mehr als es keine «einzig richtige Betriebsart» für den Eichenwaldbau gibt. 150 Jahre Waldbaugeschichte in der Schweiz lehren, dass ein undogmatischer, situativ angepasster und vom Betriebsleiter mitgestalteter Waldbau zu naturnahen und biologisch vielfältigen Wäldern geführt hat.

## Fazit

Die einheimischen Eichenarten verfügen über ein hohes Anpassungspotenzial und sind aufgrund ihrer morphologischen, physiologischen und ökologischen Eigenschaften gut auf den Klimawandel vorbereitet. Obwohl aufgrund des Klimawandels mit einer zunehmenden Verbreitung der Eiche in tieferen und mittleren Lagen auszugehen ist, dürften die zu erwartenden Umweltänderungen auch an der Eiche nicht spurlos vorübergehen. Aus waldbaulicher Sicht geht es also darum, die «natürlichen» Prozesse zu begleiten und alle nötigen Massnahmen zu treffen, um entwicklungsfähige und vitale Eichenpopulationen zu erhalten. Dabei ist zu beachten, dass sich die möglichen Handlungsoptionen nach wie vor am Wald als Ökosystem und Produktionsmittel orientieren und die Frage der Eiche nicht isoliert, sondern nur in einem waldbaulichen und betrieblichen Kontext betrachtet werden kann. Die heimischen Eichenarten erweitern im Zusammenhang mit dem Klimawandel aber zweifellos den waldbaulichen Spielraum und werden mit einer stärkeren Präsenz als heute zu einer Bereicherung des zukünftigen schweizerischen Waldbildes beitragen.

## Lokale Herkünfte versus eingeführte Provenienzen

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts wurden in Europa zahlreiche Eichen-Provenienzversuche angelegt. Eine zusammenfassende Auswertung dieser Versuche ergab eine grosse Variation der untersuchten Parameter, sowohl bei morphologischen Merkmalen (Pollen, Samen, Holz und Wuchs) als auch bei anpassungsrelevanten physiologischen Eigenschaften (z. B. Keimung und Blattaustrieb) (KLEINSCHMITT 1993). Der Standort sorgt also offensichtlich trotz des weiträumig wirksamen Genflusses für eine kontinuierliche Selektion und die Bildung von lokal angepassten Populationen (NEOPHYTOU *et al.* 2010). Bei der künstlichen Begründung von Eichenbeständen wird im Zusammenhang mit dem Klimawandel auch über den möglichen Provenienztransfer aus Regionen mit wärmerem und trockenerem Klima nachgedacht. Dieses Thema wird heute jedoch kontrovers diskutiert. Die Befürworter

sehen vor allem die Chance, besser angepasstes Erbmateriale zur Anreicherung lokaler Populationen zu nutzen (KREMER 2010). Die Kritiker monieren, dass die künftigen Umweltänderungen nicht mit ausreichender Genauigkeit vorausgesagt werden können und entsprechend weder Empfehlungen noch Kriterien für die Auswahl von potenziell besser geeignetem Material existieren (FINKELDEY und HATTEMER 2010). Deswegen ungeachtet werden dank der grossen Fortschritte in der genetischen Forschung in absehbarer Zeit Angaben über anpassungsrelevante Merkmale von Herkünften verfügbar sein (Laubaustrieb, Toleranz gegenüber Trockenstress; GAILING 2010). Solche Informationen werden die Diskussion um die Verwendung des bestgeeigneten forstlichen Vermehrungsgutes neu ankurbeln. Zurzeit können jedoch keine gesicherten Empfehlungen zur Einführung bestimmter Provenienzen gemacht werden.

## Literatur

- AAS, G., 1998: Morphologische und ökologische Variation mitteleuropäischer *Quercus*-Arten: Ein Beitrag zum Verständnis der Biodiversität. Libri Botanici (IHW-Verlag, Eching b. München) Bd. 19. 221 S.
- ABEGG, M.; BRÄNDLI, U.-B.; CIOLDI, F.; FISCHER, C.; HEROLD-BONARDI, A.; HUBER, M.; KELLER, M.; MEILE, R.; RÖSLER, E.; SPEICH, S.; TRAUB, B.; VIDONDO, B., 2014: Viertes Schweizerisches Landesforstinventar – Ergebnistabellen und Karten im Internet zum LFI 2009–2013 (LFI4b). [Published online 06. 11. 2014] Available from World Wide Web <<http://www.lfi.ch/resultate/>>. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL.
- AREND, M.; BREM, A.; KUSTER, T.M.; GÜNTHARDT-GOERG, M.S., 2013: Seasonal photosynthetic responses of European oaks to drought and elevated daytime temperature. *Plant Biol.*, 15 (Suppl. 1): 169–176.
- BAFU Bundesamt für Umwelt (Hrsg.) 2011: Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich. Umwelt-Vollzug Nr. 1105: 222 S.
- BONFILS, P.; HORISBERGER, D.; ULBER, M., (Red.) 2005: Förderung der Eiche. Strategie zur Erhaltung eines Natur- und Kulturerbes der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 383. Hrsg.: proQuercus; Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 102 S.
- BONFILS, P.; KUSTER, T.; FONTI, P.; AREND, M.; VOLLENWEIDER, P.; JUNOD, P.; GÜNTHARDT-GOERG, M.S., 2013: Die Eiche reagiert plastisch. Die Eiche im Klimawandel, Teil 2: Trockenheit und Anpassung. *Wald Holz* 3, 13: 45–49.
- BRÄNDLI, U.-B., (Red.) 2010: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU. 312 S.
- BRÄNDLI, U.-B., 2013: Schweizerisches Landesforstinventar LFI. Spezialauswertungen und Datenbankauszug der Erhebung 2004/2006 und 1983/85 vom 30. Oktober 2013. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL.
- CH2011, 2011: Szenarien zur Klimaänderung in der Schweiz (Zusammenfassung). Hrsg.: C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, OcCC. 6 S.
- DELATOUR, C., 1983: Les dépérissements de chênes en Europe. *Rev. for. fr.* XXXV, 4: 265–282.
- DUCOUSSO, A.; BORDACS, S., 2004: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 p.
- ETH-Zürich, 2002: Mitteleuropäische Waldbaumarten. Artbeschreibung und Ökologie unter besonderer Berücksichtigung der Schweiz. Unveröffentlicht. Professur für Waldbau, Professur für Forstschutz und Dendrologie. Eidg. Technische Hochschule Zürich.
- FINKELDEY, R.; HATTEMER, H.H., 2010: Genetische Variation in Wäldern – wo stehen wir? *Forstarchiv* 81: 123–129.
- GAILING, O., 2010: Erfassung der adaptiven genetischen Variation der Eiche im Hinblick auf den Klimawandel. *Schweiz. Z. Forstwes.* 161, 6: 216–222.
- GERBER, S.; CHADEUF, J.; GUGERLI, F.; LASCoux M.; BUIVELD J.; COTTRELL JE.; DOUNAVI A.; FINESCHI S.; FORREST L.; FO-GELQVIST J.; GOICOECHEA PG.; JENSEN JS.; SALVINI D.; VENDRAMIN GG.; KREMER A., 2014: High rates of gene flow by pollen and seed in oak populations across Europe. *PLoS ONE* 9:e85130.
- GÜNTHARDT-GOERG, M.S.; KUSTER, T.M.; AREND, M.; VOLLENWEIDER, P., 2013: Foliage response of young central European oaks to air warming, drought and soil type. *Plant Biol.* 15 (Suppl. 1): 185–197.
- HORISBERGER, D.; MEYLAN, M., 2009: Aire et gestion des ressources en chêne du canton de Vaud: dossier d'un avenir immédiat. *Schweiz. Z. Forstwes.* 160: 65–73.
- Infraconsult, 2011: Konzept zum Umgang mit biotischen Gefahren im Wald. Bundesamt für Umwelt BAFU. 58 S.
- KISSLING, P., 1980: Clef de détermination des chênes médioeuropéens (*Quercus L.*). *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 90: 29–44.
- KLEINSCHMITT, J., 1993: Intraspecific variation of growth and adaptive traits in European oak species. *Ann. Sci. For.* 50 (Suppl 1): 166–185.
- KOCH, R.; BRANG, P., 2005: Extensive Verjüngungsverfahren nach Lothar. Schlussbericht zuhanden der Eidg. Forstdirektion des BUWAL. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 90 S.
- KREMER, A., 2010: Evolutionary responses of European oaks to climate change. *Ir. For.* 11–20.
- LEMAIRE, J., 2010: Le chêne autrement. Editeur IDF – Forêt privée française. 176 p.
- LEPAIS, O., 2008: Dynamique d'hybridation dans le complexe d'espèces des chênes blancs européens. Bordeaux, Thèse de Sciences – Université de Bordeaux. 279 p.
- MÁTYÁS, G.; BONFILS, P.; SPERISEN, C., 2002: Autochthon oder allochthon? Ein molekulargenetischer Ansatz am Beispiel der Eichen (*Quercus* spp.) in der Schweiz. *Schweiz. Z. Forstwes.* 153, 3: 91–96.
- MEIER, F.; ENGESSE, R.; FORSTER, B.; ODERMATT, O.; ANGST, A., 2013: Forstschutz-Überblick 2012. *WSL Ber.* 2: 28 S.
- MIL-Brandenburg, 2012: Fleissiger Helfer beim Waldumbau. Der Eichelhäher. Hrsg. Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL) des Landes Brandenburg. Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum For. Eberswalde. Faltblatt. 4 S.
- NEOPHYTOU, C.; ARAVANOPOULOS, FA.; DOUNAVI, A., 2010: Detecting interspecific and geographic differentiation patterns in two interfertile oak species (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Q. robur L.*) using small sets of microsatellite markers. *For. Ecol. Manage.* 259: 2026–2035.
- OTTO, D.; WAGNER, S.; BRANG, P., 2009: Konkurrenz zwischen Stieleiche und Buche auf Lothar-Sturmflächen. *Schweiz. Z. Forstwes.* 160, 5: 114–123.
- PASINELLI, G.; WEGGLER, M.; MULHAUSER, B., 2008: Aktionsplan Mittelspecht Schweiz. Artenförderung Vögel Schweiz. Bern, Sempach & Zürich. Umwelt-Vollzug Nr. 0805. Bundesamt für Umwelt, Schweizerische Vogelwarte, Schweizer Vogelschutz SVS/BirdLife Schweiz. 67 S.
- PERROUD, S.; BADER, M., 2013: Klimaänderung in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Umwelt-Zustand Nr. 1308. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Zürich. 86 S.
- RIGLING, A.; DOBBERTIN, M.; BÜRGI, M.; GIMMI, U.; GRAF PANNATIER, E.; GUGERLI, F.; HEINIGER, U.; POLOMSKI, J.; REBETZ, M.; RIGLING, D.; WEBER, P.; WERMELINGER, B.; WOHLGEMUTH, T., 2006: Verdrängen Flaumeichen die Walliser Waldföhren? *Merkbl. Prax.* 41: 16 S.
- RIGLING, A.; BIGLER, C.; EILMANN, B.; MAYER, P.; GINZLER, C.; VACCHIANO, G.; WEBER, P.; WOHLGEMUTH, T.; ZWEIFEL, R.; DOBBERTIN, M., 2013: Driving factors of a vegetation shift from Scots pine to pubescent oak in dry Alpine forests. *Glob. Chang. Biol.* 19: 229–240.
- ROHNER, B.; BIGLER, C.; WUNDER, J.; BRANG, P.; BUGMANN, H., 2012: Fifty years of natural succession in Swiss forest reserves: changes in stand structure and mortality rates of oak and beech. *J. Veg. Sci.* 23: 892–905.
- RUDOW, A., 2013: eBot Dendrologie. In: BALTISBERGER, M.; CONRADIN, C.; FREY, D.; RUDOW, A., 2013: eBot Version 5 (2013). E-learning-Tool zur Unterstützung der Dendrologie-Lehrveranstaltungen an der ETHZ. Webapplikation unter <http://www.balti.ethz.ch/tiki/tiki-index.php?page=eBot>.
- SCHERRER, D.; BADER, M. K.-F.; KÖRNER, CH., 2011: Drought-sensitivity ranking of deciduous tree species based on thermal imaging of forest canopies. *Agric. For. Meteorol.* 151: 1632–1640.

---

## Dank

Dieses Merkblatt ist im Rahmen des WSL-Projektes QUERCO-Praxis entstanden und wurde vom Verein proQuercus und dem Bundesamt für Umwelt BAFU mitfinanziert.

## Fotos

Patrick Bonfils/naturavali.com (Abb. 1, 9, 13 und 14), Ulrich Wasem (Abb. 2), Andreas Rigling (Abb. 7), Beat Forster (Abb. 8 links und rechts), Michael Gerber SVS/BirdLife Schweiz (Abb. 10)

## Kontakt

Patrick Bonfils  
Impasse des Lucioles 1a  
CH-1958 Uvrier  
naturavali@gmail.com

Andreas Rigling  
Madeleine Günthardt-Goerg  
Eidg. Forschungsanstalt WSL  
Zürcherstrasse 111  
CH-8903 Birmensdorf  
andreas.rigling@wsl.ch  
madeleine.goerg@wsl.ch

Pascal Junod  
Fachstelle Waldbau  
Hardernstrasse 20  
CH-3250 Lyss  
junod@bzwlyss.ch

Stefan Studhalter  
proQuercus c/o Forstkreis 7  
Abteilung Wald  
Weinbergstrasse 17  
8090 Zürich  
stefan.studhalter@bd.zh.ch

## Weiterführende Informationen

Eichenförderverein proQuercus  
www.proquercus.ch

## Zitierung

BONFILS, P.; RIGLING, A.; BRÄNDLI, U.-B.; BRANG, P.; FORSTER, B.; ENGESESSER, R.; GUGERLI, F.; JUNOD, P.; MÜLLER, R.; GÜNTHARDT-GOERG, M.S., 2015: Die Eiche im Klimawandel. Zukunftschancen einer Baumart. Merkbl. Prax. 55: 12 S.

---

## Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

### Konzept

Forschungsergebnisse werden zu Wissens-Konzentraten und Handlungsanleitungen für Praktikerinnen und Praktiker aufbereitet. Die Reihe richtet sich an Forst- und Naturschutzkreise, Behörden, Schulen und interessierte Laien.

Französische Ausgaben erscheinen in der Schriftenreihe

**Notice pour le praticien** ISSN 1012-6554.

Italienische Ausgaben erscheinen in loser Folge in der Schriftenreihe **Notizie per la pratica** (ISSN 1422-2914) und/oder in der Zeitschrift **Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi**.

**Die neuesten Ausgaben** (siehe [www.wsl.ch/merkblatt](http://www.wsl.ch/merkblatt))

Nr. 54: Der Kastanienrindenkrebs. Schadsymptome, Biologie und Gegenmassnahmen. D. RIGLING *et al.* 2014. 8 S.

Nr. 53: Lebensraumvernetzung in der Agrarlandschaft. Chancen und Risiken. D. CSENCSICS *et al.* 2014. 8 S.

Nr. 52: Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung. T. LACHAT *et al.* 2013. 12 S.

Nr. 51: Naherholung räumlich erfassen. M. BUCHECKER *et al.* 2013. 8 S.

Nr. 50: Laubholz-Bockkäfer aus Asien – Ökologie und Management. 2. überarb. Aufl. B. WERMELINGER *et al.* 2013. 16 S.

Nr. 49: Pilze schützen und fördern. B. SENN-IRLET *et al.* 2012. 12 S.

Nr. 48: Biodiversität in der Stadt – für Mensch und Natur. M.K. OBRIST *et al.* 2012. 12 S.

Nr. 47: Zersiedelung messen und vermeiden. C. SCHWICK *et al.* 2011. 12 S.

### Managing Editor

Martin Moritzi  
Eidg. Forschungsanstalt WSL  
Zürcherstrasse 111  
CH-8903 Birmensdorf  
E-mail: martin.moritzi@wsl.ch  
www.wsl.ch/merkblatt

Layout: Jacqueline Annen, WSL

Druck: Rüegg Media AG