

Flaum- und Zerr-Eiche in Brandenburg – Alternative Baumarten im Klimawandel?

RALF KÄTZEL, FRANK BECKER, JENS SCHRÖDER, JONAS GLATTHORN, AKI HÖLTKEN, SONJA LÖFFLER

Trotz der überwiegend hohen Anpassungsfähigkeit heimischer Baumarten an gegenwärtige Witterungsextreme (KÄTZEL 2009) ist die Suche nach alternativen Baumarten für die Zukunftswälder Brandenburgs unter den prognostizierten Klimabedingungen am Ende unseres Jahrhunderts ein Gebot der Stunde. Denn nur langfristig angelegte Versuche erlauben wissenschaftlich fundierte und mit Verantwortung getragene Entscheidungen mit geringem Risiko. Bei der Suche nach Alternativbaumarten für Norddeutschland stehen Merkmalskombinationen aus Trockenstress-, Hitze- und Frosttoleranz, Konkurrenzstärke und Biomasseleistung ganz oben auf der Wunschliste. Diese Eigenschaften sind besonders bei solchen Baumarten zu erwarten,

- (1) die bereits heute in Klimaregionen leben, die am Ende unseres Jahrhunderts für das norddeutsche Tiefland prognostiziert werden,
- (2) deren Verbreitungsgebiete sich mit unseren heimischen Baumarten überlagern,
- (3) die mit ihnen eng verwandt sind und ggf. Hybride bilden und
- (4) die sich bereits seit langem als Einzelbäume und Kleinstvorkommen unter den bisherigen Standortbedingungen im Norddeutschen Tiefland bewährt haben.

Unter den ca. 20 bis 30 europäischen Eichenarten (SPADA 2010) trifft dies insbesondere für die Zerr-Eiche (*Quercus cerris* L.) und die Flaum-Eiche (*Q. pubescens* Willd.) zu. Das *European Forest Data Centre* (EFDAC, Joint Research Centre) prognostiziert bei unterschiedlichen Szenarien des Klimawandels eine natürliche Migration beider Arten in den norddeutschen Raum bis zum Ende des 21. Jahrhunderts (<http://forest.jrc.ec.europa.eu/publications>). Bereits seit mehr als 100 Jahren sind kleine Populationen beider Eichenarten in unserer Region etabliert. Vor dem Hintergrund einer retrospektiven Betrachtung und Bewertung dieser Vorkommen sollen die möglichen Entwicklungschancen beider Arten abgeschätzt werden.

1 Dendroökologische Besonderheiten der beiden Eichenarten

1.1 Flaum-Eiche

Die natürliche Verbreitung der Flaum-Eiche erstreckt sich innerhalb des submediterranen Raumes von Spanien bis in die Türkei, in dem sie zonale Wälder bildet (Abb. 1). Den nördlichen Arealrand des Hauptverbreitungsgebietes grenzen die Alpen ab. Darüber hinausgehend sind für Deutschland Teilpopulationen in Baden-Württemberg, Thüringen und dem Unteren Odertal beschrieben (SAYER 2000). Die Flaumeiche besiedelt nach OBERDORFER (1994) sonnige Hänge auf trockenwarmen, nährstoff- und basenreichen Standorten.

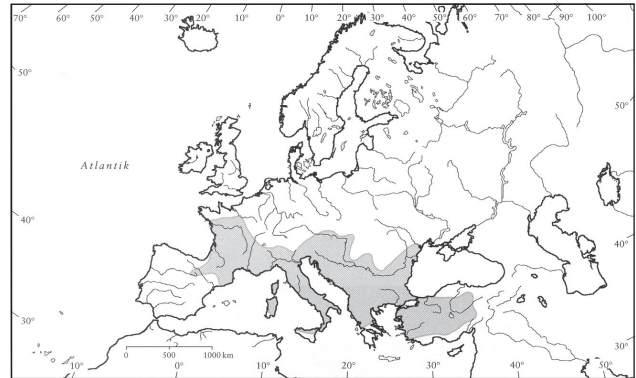


Abb. 1: Natürliches Verbreitungsgebiet der Flaum-Eiche (aus: SCHÜTT et al. 1998)

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist die Flaum-Eiche bislang nur von geringer forstlicher Bedeutung. Sie erreicht Baumhöhen bis zu 20 m (SEBALD et al. 1990) und liegt damit deutlich unter dem Wuchspotenzial von Stiel- und Trauben-Eiche. Die geringen Reproduktionsbarrieren bei vielen Arten der Gattung *Quercus* ermöglichen die natürliche Entstehung von Hybriden mit einer Vielzahl taxonomisch kaum eindeutig zuordenbarer Zwischenformen. Zur taxonomischen Differenzierung der Flaum-Eiche auf blattmorphologischer Grundlage trägt insbesondere der Trichomtyp, d. h. das Vorkommen von Büschelhaaren und wenigen (bzw. fehlenden) Sternhaaren am Blattstiel und an der Ober- und Unterseite der vorzugsweise jungen Blätter bei (Abb. 2).

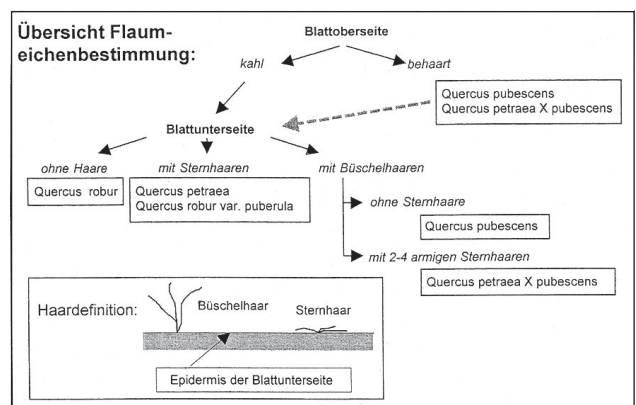


Abb. 2: Blattmorphologische Differenzierung der Eichenarten auf der Grundlage des Trichomtyps (Blattbehaarung) nach AAS (1998) (aus SAYER 2000)

Die Früchte sind bei der Flaum-Eiche tendenziell kleiner als bei Stiel- und Trauben-Eiche. Die Borke ist deutlich längsrissiger als bei Trauben-Eiche. Bezüglich der Beschreibung weiterer morphologischer Besonderheiten sei auf die dendroökologische Literatur verwiesen (u. a. SCHÜTT et al. 1998).

Für das „Kiefern-Land“ Brandenburg sind die zahlreichen Berichte der zunehmenden Dominanz der Flaum-Eiche gegenüber der Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) in den Alpentälern insbesondere im Wallis (Schweiz) bemerkenswert. Von Trockenheit, Mistel- und Insektenbefall betroffene Kiefern verlieren hier zunehmend den Konkurrenzkampf gegen die Flaum-Eiche (WEBER et al. 2008, STERCK et al. 2008, RIGLING et al. 2006a,b).

1.2 Zerr-Eiche

Wie die Flaum-Eiche, so ist auch die Zerr-Eiche mit ihrem (ost-)submediterranen Verbreitungsgebiet für ihre hohe Trockenstresstoleranz bekannt (Abb. 3). Die Baumart verfügt über eine große ökologische Amplitude mit geringem Anspruch an den Boden. Mit der Flaum-Eiche und anderen Laubbaumarten bildet sie natürliche Mischwälder. Im Gegensatz zur Flaum-Eiche ist die Zerr-Eiche in Süd- und Südosteuropa von großer forstlicher Bedeutung. Sie wird als wärmeliebende, außerordentlich hitzeverträgliche, mäßig frostharte, tiefwurzelnde Art mit hoher Windfestigkeit geschätzt. In Verbindung mit ihrer Raschwüchsigkeit wird sie bevorzugt zur Aufforstung trockener und warmer Standorte verwendet (Abb. 4). Vergleichbar mit der heimischen Stiel-Eiche besteht der Stamm aus dichtem, hartem Kernholz und einem breiten Splint (SCHÜTT et al. 1998).

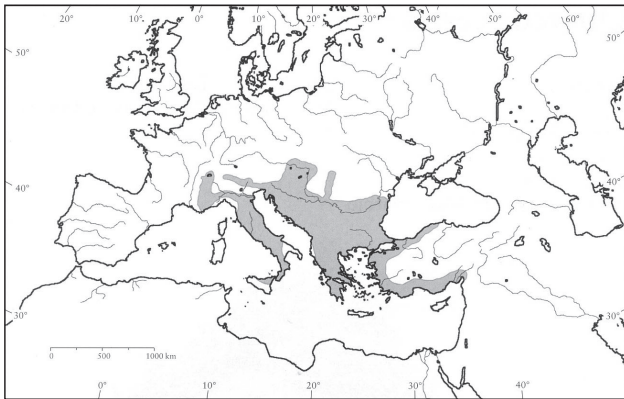


Abb. 3: Natürliches Verbreitungsgebiet der Zerr-Eiche (aus: PIGNATTI 1982)



Abb. 4: Zerr-Eichenbestände mit dichter Naturverjüngung im Taurusgebirge (Türkei)

Auch außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets wird sie als Park-, Garten- und Straßenbaum bis in den nord-europäischen Raum verwendet (LEIBUNDGUT 1991) (Abb. 5). Für Deutschland ist 1871 als frühestes Jahr der Einführung in Hamburg belegt (GAUSMANN et al. 2007).

2 Untersuchte Vorkommen

2.1 Flaum-Eiche

Vorkommen Bielinek (Polen)

Das im Jahre 1924 erstmals von SCHALOW entdeckte und von ULBRICH beschriebene Vorkommen der Flaum-Eiche liegt in dem 1927 von dem damaligen Waldbesitzer WALTER VON KEUDELL begründeten, 75 ha großen Naturschutzgebiet Bellinchen (Bielinek) an den steilen Trockenhängen der Oder im heutigen Polen (ENDTMANN 2008).

ULBRICH (1924) und verschiedene spätere Autoren bis zu KONCZAK (1999) schlussfolgerten u. a. auf Grund der ausgedehnten thermophilen Waldgesellschaft, dass es sich um ein ursprüngliches indigenes Vorkommen handeln könnte. Dagegen bezweifelt ENDTMANN (2008) die Natürlichkeit des Vorkommens, da u. a. weitere submediterrane Gehölzarten fehlen (Abb. 6).



Abb. 5: Zerr-Eiche im Arboretum der Universität Greifswald

Vorkommen Nationalpark Unteres Odertal

Vegetationskundliche Untersuchungen von KONCZAK (1998, 1999) geben Anhaltspunkte für drei Vorkommen der Flaum-Eiche bzw. der Hybriden zwischen Flaum- und Trauben-Eiche auf der deutschen Seite des Unteren Odertals. Nahe der Ortslagen Gellmersdorf/Mühlenbeck, Gartzter Schrey und Mescherin wurden am 30.06.2009 gemeinsam mit dem Leiter des Nationalparks Herrn Treichel und Herrn Prof. Dr. Endtmann die genannten Verdachtsstandorte aufgesucht und alle Eichen morphologisch charakterisiert (Abb. 7). Insgesamt wurden 27 Eichen unterschiedlicher Altersstadien als Flaum-Eiche oder ggf. als Bastarde nach blattmorphologischen Merkmalen angesprochen (Tab. 1). Das größte Vorkommen lag am Hang des Mühlenberges im Gellmersdorfer Forst. Die Stammfußkoordinaten aller Bäume wurden aufgenommen.

2.2 Zerr-Eiche

Im Rahmen der Kartierung forstlicher Genressourcen stellte im Jahre 2009 der Revierleiter Herr Rakelmann das bis dahin unbekannte Vorkommen der Zerr-Eiche im Kommunalwald im Revier Prenzlau, in der ehem. Oberförsterei

Boitzenburg vor (Wuchsgebiet: Ostmecklenburg-Nordbrandenburger Jungmoränenland). Da über den stammzahlreichen, vitalen Bestand mit mehreren Verjüngungsstufen, einschließlich einer üppigen Naturverjüngung keine weiteren Informationen vorlagen, wurde im Rahmen einer Bachelor-Arbeit eine Inventur der einzelnen Teilpopulationen vorgenommen (GLATTHORN 2010). Die Bäume verbreiten sich in drei Teilpopulationen, die sich auf einer Gesamtfläche von 6 ha verteilen. Hinzu kommen einzelne Zerr-Eichen in einem weiteren Umkreis von ca. 30 ha (Abb. 8).

Entsprechend der Standortkarte stocken die Bestände auf Böden der Stammnährkraftstufen „kräftig“ und „reich“, mit Lehmfaulerde und Bändersand-Braunerde als Feinbodenformen. Humusformen sind mullartiger Moder, Moder und Rohhumus. Die vorherrschende Klimastufe des Gebiets ist mäßig trockenes Tiefland (Großklimabereich B) mit mittleren Jahresniederschlägen von 450 mm bis 600 mm und einer Jahresmitteltemperatur von 8,6 °C (KÖSTNER et al. 2007).

Das ursprüngliche Vorkommen wurde künstlich begründet, wobei über die Herkunft des Saatgutes keine Informationen vorliegen. In mehreren Jahrzehnten der Bestandesentwicklung hat sich der Bestand mehrfach natürlich verjüngt. Gezielte Bewirtschaftungseingriffe sind weder



Abb. 6: Größtes derzeit bekanntes Vorkommen der Flaum-Eiche nördlich der Alpen im Naturschutzgebiet Bellinchen (Bielinek, Polen) an den östlichen Hängen der unteren Oder (26.04.2009)

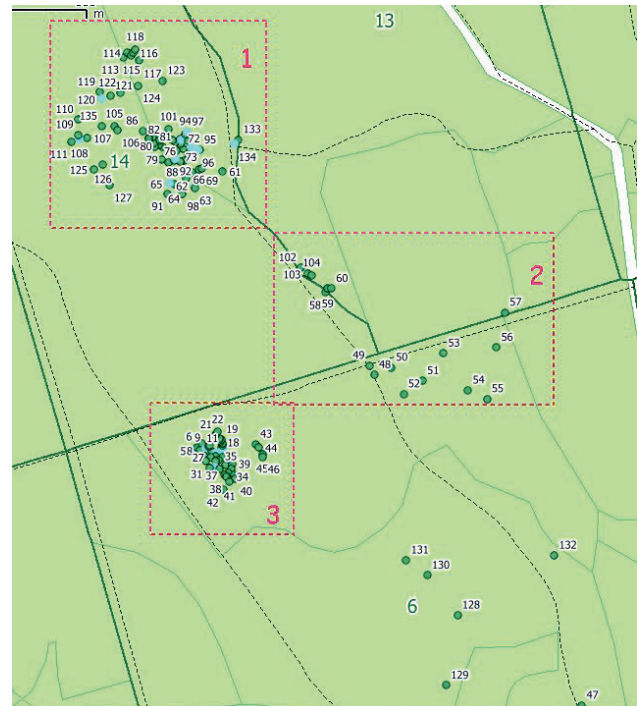


Abb. 8: Verbreitung der Zerr-Eiche im Kommunalwald der Stadt Prenzlau, Abt. 6, 13 und 14

Abb. 7: Standorte (rot markiert) der potenziellen Flaum-Eichen-Vorkommen im Nationalpark Unteres Odertal in Anlehnung an KONCZAK (1999) (Quelle: Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg 2007)

bekannt noch äußerlich sichtbar, so dass sich zumindest in den letzten Jahrzehnten eine weitgehend natürliche Differenzierung vollzogen hat (Abb. 9).

3. Genetische Untersuchungen

Die Zuordnung der europäischen Eichenarten nach morphologischen Merkmalen ist nicht einheitlich (SAYER 2000, Übersicht bei KÄTZEL 2006, HÖLTKEN et al. 2012, im Druck). Gerade im Kontaktbereich zwischen *Q. petraea* und *Q. pubescens* sind Hybride mit einer Vielzahl morphologischer Zwischenformen zu beobachten, was die klassische taxonomische Zuordnung erschwert und teilweise unmöglich macht (vgl. ENDTMANN 2008).

Daher wurden genetische Marker eingesetzt, um weitere eindeutige Hinweise auf die taxonomische Klassifikation der Eichen auf deutscher und polnischer Seite im Unteren Odertal eindeutig zu erhalten. Hierzu wurden acht DNA-Marker (Kern-Mikrosatelliten: *QrZAG5b*, *QrZAG11*, *QrZAG20*, *QrZAG65*, *QrZAG87*, *QrZAG96*, *QpZAG110* und *QrZAG112*) von Blattproben analysiert. Die verwendeten Genmarker haben sich als eine sehr aussagefähige und verlässliche Grundlage für die Zuordnung von Beständen, aber auch Einzelindividuen zu verschiedenen Arten bzw. Reproduktionseinheiten erwiesen. Dabei ist es nicht das Ziel, artspezifische genetische Marker zu finden. Es sollen vielmehr die Unterschiede in den allelischen Profilen zwischen den drei Arten *Q. robur*, *Q. petraea* und *Q. pubescens* für die Artbestimmung/-zuordnung genutzt werden. Als Vergleichsgruppen wurden bekannte Genmuster der Flaum-Eichen des Dreiländerecks (Deutschland, Frankreich, Schweiz) sowie Brandenburger Trauben-Eichen und weitere Stiel-Eichenbestände einbezogen (HÖLTKEN et al. 2012, im Druck).

Die Darstellung genetischer Profile und die Berechnung genetischer Diversitäts- sowie Differenzierungsparameter dienen zunächst der Schätzung von Unterschieden innerhalb und zwischen den drei Eichenarten. Basierend auf Multilocus-Genotypen wurde anschließend mit Hilfe des Programms STRUCTURE 2.3.2 (PRITCHARD et al. 2000, FALUSH et al. 2003, 2007, HUBISZ et al. 2009) der Genpool der drei Eichenarten in eindeutig abgegrenzte, reproduktive Gruppen aufgeteilt. Die Methode ermöglicht auch die Quantifizierung von Hybridanteilen. Das Programm beinhaltet eine modellbasierte Clustermethode, welche Rückschlüsse auf Populationsstrukturen und Reproduktionsverhältnisse ermöglicht. Dabei werden die genetischen Mischungsanteile jedes einzelnen Individuums quantifiziert, die eine individuelle Zuordnung zu den verschiedenen Clustern ermöglicht.

Clustert man alle untersuchten Eichen in zunächst zwei Gruppen (K=2) spaltet sich zuerst die Stiel-Eiche von allen anderen Eichenarten ab (siehe auch NEOPHYTOU et al. 2010). Nach der Erhöhung der Gruppenzahl auf K=3 bildeten sich jeweils neue Cluster, welche die Arten *Q. petraea* und *Q. pubescens* als eigene reproduktive Einheiten trennen (Abb. 10). Danach ließ sich jeder Baum eindeutig einer Art oder eines Bastards zuordnen. Im Ergebnis zeigte sich, dass es sich bei den 28 Bäumen (20 Alteichen, 8 junge Bäume im Stangenholzstadium) in Bielinek ausschließlich um Flaum-Eichen handelt. Interessanterweise unterscheidet sich das Vorkommen an der Oder erheblich von den Flaum-Eichen des Dreiländerecks (Deutschland, Frankreich, Schweiz). Dies belegen auch die hohen intraspezifischen genetischen Abstandswerte zwischen den beiden Regionen. Ebenso liegen die Diversitätswerte des Oder-Vorkommens im Vergleich zu den Flaum-Eichen-Populationen des Dreiländerecks deutlich niedriger.

Von den 27 untersuchten Eichen im westlichen Odertal konnte nur eine Eiche als Flaum-Eiche identifiziert werden.

	Anzahl	Flaum-Eiche	Hybrid	Trauben-Eiche
Gellmersdorf	16	1	4	11
Mescherin	4		1	3
Gartzer Schrey	7		2	5
Bielinek	28	28		

Tab. 1: Anzahl der Einzelbäume nach regionalspezifischer Zuordnung zu Arten und Hybriden



Abb. 9a und b: Zerr-Eichenbestand im Kommunalwald der Stadt Prenzlau mit reicher Naturverjüngung

(Anm.: Zwei weitere, jüngere Bäume in Mescherin sind genetisch der Flaumeiche sehr ähnlich; wurden jedoch konsequenterweise den Hybriden zugeordnet.) 19 Bäume wurden trotz der scheinbar stärkeren Blattbehaarung genetisch eher den Trauben-Eichen zugeordnet. Bei 7 Bäumen handelt es sich um Hybride zwischen Flaum- und Trauben-Eiche, wobei auf Grundlage der Trennwerte die stärkere genetische Nähe zu einer der beiden Elternarten herausgearbeitet werden konnte (Tab. 1).

Das individuenreiche Vorkommen in Bielinek wurde zusätzlich auf der Grundlage von Isoenzym-Markern an neun Genorten (FEST-B, PGI-B, MNR-A, GOT-B, PGM-B, IDH-B, 6PGDH-B, IDH-A, SKDH-A) vom ASP in Teisendorf (Bayern) genetisch charakterisiert (KONNERT et al. 2004). Ergänzend zu dem Einsatz der Mikrosatelliten sollte der genetische Abstand und die genetische Diversität des Vorkommens im Vergleich zu drei Brandenburger Dauerbeobachtungsflächen der Trauben-Eiche (Tauern/Kleinsee, Fünfeichen/Level 2) untersucht werden. Die Analysen fanden anhand von Winterruheknospen von 31 Bäumen statt. Dabei differenzierten sich die Flaum-Eichen auch auf dieser Grundlage signifikant von den Trauben-Eichen-Beständen. Die Abstandswerte zu den drei Trauben-Eichen-Vergleichsflächen sind mit 14% für Allele bzw. 25% für Genotypen sehr hoch (Vergleich der Abstandswerte zwischen den Trauben-Eichen-Beständen: 3–5%).

Obwohl die Genorte der Mikrosatelliten des Bestandes in Bielinek eine deutlich geringe Diversität ($v_{(a)}=5,22$) aufwiesen als die Flaum-Eiche im süddeutschen Dreiländereck (ca. 9,0), bestätigte sich diese genetische Einengung nicht an den Genorten der acht Isoenzyme. Verglichen mit den Brandenburger Trauben-Eichenbeständen sind die Werte für die Genetische Diversität ($V_{gam}=16,38$) und den Heterozygotiegrad ($Hb=24,4\%$) überdurchschnittlich hoch (Abb. 11). Bei einem wenig von Null verschiedenen F-Wert ($=0,0078$) liegen keine Inzuchteffekte vor. Auch wenn seltene genetische Varianten aufgrund von Drifteffekten (geringe Populationsgröße, Gründereffekte) möglicherweise verloren gegangen sind, kann auf dieser Grundlage für das Vorkommen in Bielinek dennoch eine hohe genetische Anpassungsfähigkeit erwartet werden.

4 Dendrochronologische Untersuchungen

4.1 Flaum-Eiche

Dendrochronologische Untersuchungen an 12 Eichen in Bielinek sollten Aufschluss über die Altersstruktur des Bestandes geben. Nach den Bohrspananalysen sind die ältesten Flaum-Eichen mit Stammdurchmessern (BHD) von 60-80 cm mehr als 250 Jahre alt, insgesamt ist die Altersvariation jedoch sehr hoch. Die jüngsten der beprobten Bäume sind nur wenig über 100 Jahre alt. (Abb. 12). Im Vergleich zu Trauben-Eichen sind die Jahringbreiten sehr gering. Nach den stärksten mittleren Zuwächsen bis zu 3,5 mm/Jahr zwischen 1915 und 1928 fielen die durchschnittlichen Jahringbreiten tendenziell auf < 1 mm/Jahr ab. Auffällig sind die hohe Gleichläufigkeit zwischen den beprobten Bäumen im Verlauf der Jahringbreiten und die

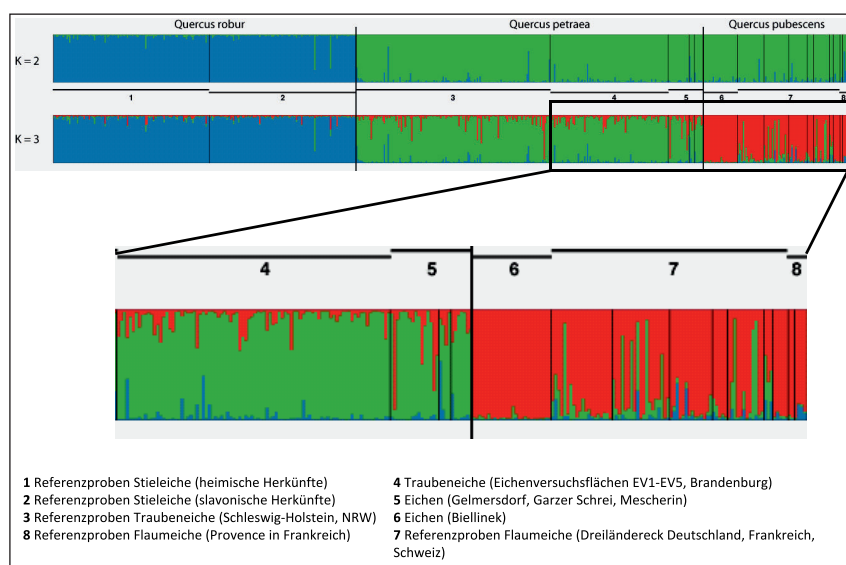


Abb. 10: Zuordnung der Einzelbäume der untersuchten Vorkommen auf Grundlage der STRUCTURE-Analyse

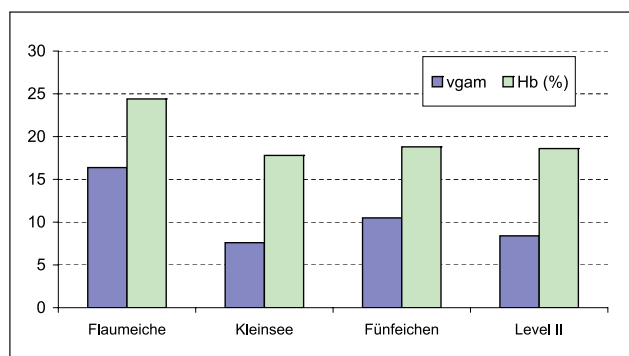


Abb. 11: Vergleich der genetischen Diversität v_{gam} und des Heterozygotiegrades Hb der Flaum-Eichen in Bielinek mit den drei Trauben-Eichen-Beständen der Eichen-Dauerbeobachtungsflächen in Brandenburg

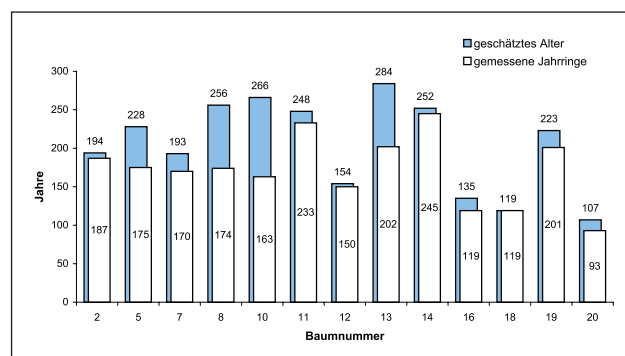


Abb. 12: Gemessene Jahringe und geschätzte Alter der untersuchten Flaum-Eichen in Bielinek

vergleichsweise breiten Splintbereiche (25–30 Jahre) im Vergleich zur Trauben-Eiche (12–18 Jahre) (Abb. 13).

4.2 Zerr-Eiche

Die dendrochronologischen Untersuchungen an den Zerr-Eichen wurde ebenfalls vordergründig mit dem Ziel durchgeführt, das Altersspektrum der Vorkommen zu erfassen. Hierzu wurden von 12 Eichen Bohrspäne mit dem Hartholz-Zuwachsbohrer entnommen und zusätzlich sechs Stammscheiben vermessen, die im Zuge der Durchforstung 2009 gewonnen wurden.

Die durchmesserstärksten Eichen hatten ein Alter von 120 Jahren, so dass von einer künstlichen Bestandesbe- gründung um 1890 ausgegangen werden kann. Zu dem

Haupt- und Nebenbestand gehören ebenfalls Teilgruppen mit einem Alter zwischen 90 und teilweise 60 Jahren. Die stammzahlreiche Naturverjüngung mit einem BHD < 15 cm wurde nicht weiter untersucht.

Die Durchmesser (BHD) der 134 untersuchten stärksten Stämme reichen von 15 bis 74 cm mit einem mittleren Durchmesser von 46 cm. Die Baumhöhen schwanken zwischen 13 m und 34 m mit einem Mittelwert von 27 m. Aufgrund der Ungleichaltrigkeit und der breiten Durchmesserspanne ist das Bestimmtheitsmaß der Bestandeshöhenkurve ($R^2=0,43$) vergleichsweise gering. Trotz der eingeschränkten Pflege ist der Wachstumsverlauf im Vergleich zur Ertragstafel der Trauben-Eiche (Grundflächenmittelstamm der höchsten Ertragsklasse, ERTELD 1962) beachtlich. Im Vergleichszeitraum erreicht dort die Trauben-Eiche nur mittlere Durchmesser von 39 cm (Abb. 14).

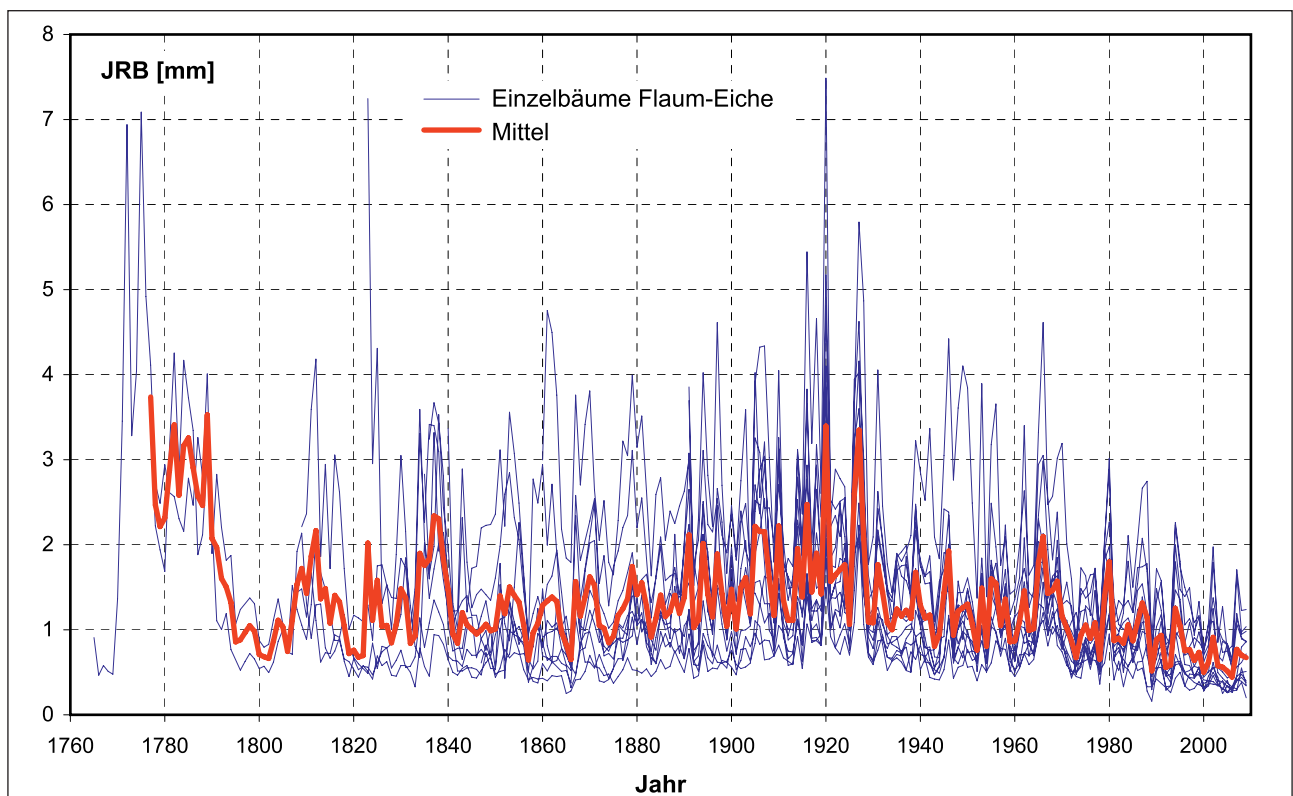


Abb. 13: Verlauf der Jahrringbreiten für Flaum-Eichen in Bielinek

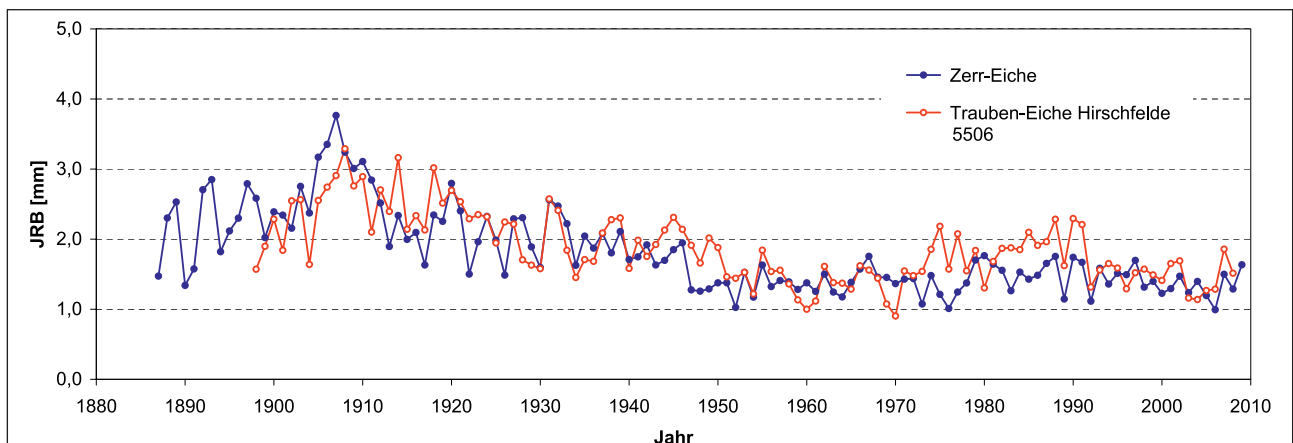


Abb. 14: Verlauf der mittleren Jahrringbreiten für die untersuchten Zerr-Eichen (n=12) im Vergleich mit der Trauben-Eichen-Versuchsfläche Hirschfelde (Abt. 5506, n=14)

Der Vergleich der mittleren Jahrringbreiten zwischen den untersuchten Zerr-Eichen und der Trauben-Eichen-Versuchsfläche Hirschfelde (Abt. 5506) auf einem Standort überdurchschnittlicher Nährkraft zeigt, dass die Zerr-Eichen an diese überdurchschnittliche Wuchsleistung heranreichen (Abb. 15).

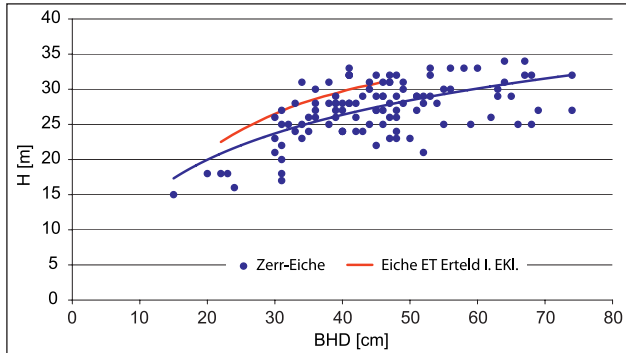


Abb. 15: Bestandeshöhenkurve des Zerr-Eichenbestandes (n=134 Stämme) im Vergleich zur Ertragstafel der Trauben-Eiche (Grundflächenmittelstamm der höchsten Ertragsklasse, ERTELD 1962)

5 Vitalität und Wuchseigenschaften der Zerr-Eiche

Die „Zukunftsfähigkeit“ der z. Zt. noch fremden Eichenarten hängt maßgeblich von ihrer Anpassungsfähigkeit ab, die sich okular zunächst in der Vitalität und der Wuchsleistung widerspiegelt. Dies gilt insbesondere für die Zerr-Eiche mit dem vergleichsweise größeren forstwirtschaftlichen Potenzial.

5.1 Kronenstruktur

Die Vitalitätsbewertung wurde nach dem von KÖRVER et al. (1999) für Stiel- und Trauben-Eiche entwickelten Verfahren anhand der Kronenstruktur im unbelaubten Zustand vorgenommen. Danach werden die Verzweigungsstrukturen jeweils acht Vitalitätsstufen zugeordnet, wobei Stufe 1 (Referenz-Stadium) einem Baum mit optimaler Vitalität entspricht, während ein Baum der Stufe 8 abstirbt (Rudiment-Stadium). Besonderes Augenmerk gilt hierbei der Form der Kronenperipherie, der Segmentierung der Krone, der Spießbildung im Peripheriebereich und der Kronenerschließung durch Fein-, Mittel- und Grobäste.

Verglichen wurde der unbelaubte Kronenzustand im Winter 2009/10 (n=134 Eichen) und 2011/12 (n=115 Eichen). Die durchschnittliche Vitalitätsstufe aller Bäume betrug im Jahr 2009/10 5,8 und bei der Wiederholungsaufnahme 2011/12 5,6. Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, dass der Bestand über Jahrzehnte nicht gepflegt wurde, so dass schlecht veranlagte Bäume das Gesamtergebnis mindern. Der etwas verbesserte Wert steht direkt (Entnahme geschädigter Eichen) und indirekt (verminderte Konkurrenz) in einem tendenziellen Zusammenhang mit der Durchforstungsmaßnahme im Nachgang der ersten Aufnahme. Im Winter 2009/10 wurden 12 Eichen und im Winter 2011/12 16 Eichen den besseren Vitalitätsstufen 3 (Knickwuchsstadium) und 4 (Segmentstadium) zugeordnet. Obwohl nach dieser Einschätzung der Vitalitätszustand der (ungepflegten!) Zerr-Eichen etwas besser ist, als der von (gepflegten) Trauben-

Eichen im Vergleichszeitraum (5,9), entspricht keine der Kronen dem Idealwert der Verzweigungsstruktur (Abb. 16). Die Ergebnisse der Winterbonituren der Kronenstruktur stehen im Zusammenhang zum Blattverlust der sommerlichen Kronenansprache nach den Kriterien der Waldzustandserfassung (KALLWEIT und BÖTTIGER 2001) (Abb. 17).

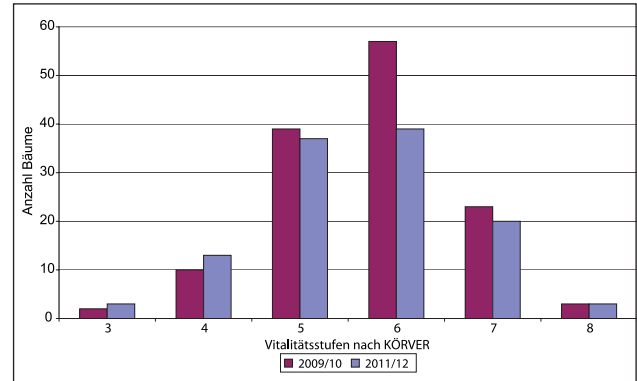


Abb. 16: Vergleich der Kronenstruktur der Zerr-Eichen im Winter 2009/10 und 2011/12 (Erläuterung im Text)

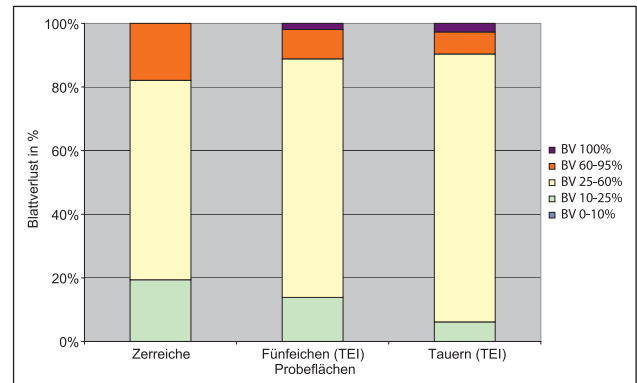


Abb. 17: Vitalitätsbewertung auf der Grundlage des Blattverlustes im Sommer 2010, TEI= Trauben-Eiche, BV= Blattverlust

5.2 Frostrisse und -leisten

Trotz ihrer hohen Widerstandsfähigkeit sind Frostrisse und -leisten auch im natürlichen Verbreitungsgebiet der Zerr-Eiche häufig zu beobachten, was insbesondere die Holzqualität mindert. Die Bonitur der Frostrisse und Frostleisten erfolgte für die untersten sechs Meter des Stammes bei 134 Bäumen in vier Intensitätsstufen (Tab. 2). Alle Risse und Leisten wurden gezählt und ihre Länge in 1 m-Schritten geschätzt. Zusätzlich wurde bei den Leisten die Stärke der Überwallungen an ihrem dicksten Punkt in 1 cm-Schritten gemessen. War dieser Punkt nicht in Reichweite, wurde die Stärke geschätzt (siehe Abb. 19 und 20 nächste Seite). Ausgewertet wurde die Häufigkeit dieser Stammschäden in Abhängigkeit vom Stammdurchmesser (BHD 1,3 m).

Stufe	Frostleisten	Frostrisse
0	keine	keine
1	keine	1
2	1 (ab 1 cm Breite)	2-3
3	>1	>3

Tab. 2: Beschreibung der Intensitätsstufen zur Bonitur von Frostleisten und Frostrissen

Bei dem untersuchten Vorkommen wiesen 50 % aller Bäume (n=67) frostbedingte Stammschäden auf, wobei deren Häufigkeit mit dem BHD anstieg. Unterhalb von 29 cm BHD traten keine frostbedingten Stammschäden auf. Bei zunehmendem Durchmesser nahm gleichzeitig der Anteil der Intensitätsstufen 0 und 1 ab, während Bäume der Intensitätsstufen 2 und 3 immer häufiger wurden. Andererseits zeigt die Hälfte der Bäume keine Frostschäden. Zu dieser Gruppe gehören auch drei durchmesserstarke Eichen bis zu 69 cm BHD. Insgesamt wurden 11 % der Bäume (n=15) der Intensitätsstufe 3 zugeordnet; die Intensitätsstufen 2 und 3 haben jeweils einen Anteil von ca. 20 % (Abb. 21).

Bei neun Eichen der Intensitätsstufen 2 und 3 wurde zusätzlich Schleimfluss beobachtet, der bei sieben Bäumen direkt aus dem Frostriss austrat. Zusammenhänge zwischen dem Kronenzustand und den frostbedingten Stammschäden ließen sich nicht erkennen. In fast allen Vitalitätsstufen traten Eichen ohne bzw. mit Frostrissen aller Intensitätsstufen auf.

6 Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungen wurden mit dem Ziel durchgeführt, beide Vorkommen der submediterranen Eichenarten näher zu charakterisieren (taxonomische Zu-

ordnung, genetische Struktur, Alter, Vitalität, Wüchsigkeit) und ihr zukünftiges Potenzial unter den Bedingungen des Klimawandels abzuschätzen.

Die Ergebnisse zeigen, dass beide Arten in unserer Region seit langer Zeit überlebensfähig sind und sich erfolgreich vermehren. Besonders herauszustellen ist der eindeutige Art-Nachweis der Flaum-Eiche und die Differenzierung von Hybrid-Eichen mit genetischen Markern im Unteren Odertal.

Die Entwicklung beider Vorkommen fast ohne menschliche Einflussnahme ist beeindruckend. Dies wirft erneut Fragen zur Entstehung der Vorkommen auf. Wenn auch genaue Hinweise zur Herkunft des Saatgutes der Zerr-Eiche und zu den Hintergründen der Bestandesbegründung im Revier Prenzlau fehlen, fällt hier die Rekonstruktion leichter als im Odertal.

Die Baumgenerationen der Zerr-Eiche haben größtenteils ein Alter von ca. 90 bis 120 Jahren. Eine weitere Generation ist ca. 60 Jahre alt, die von einer reichen, nur wenige Jahre alten Naturverjüngung begleitet wird. Es wurden folglich Zerr-Eichen in der Zeitspanne von ca. 1890 bis 1920 im Revier gepflanzt oder gesät, während die jüngeren Baumgruppen im Zwischenstand ohne Zaun und sonstige Förderung aus Naturverjüngungen hervorgegangen sind.

Über den Ursprung des zweifellos sehr alten Flaum-Eichen-Vorkommens in Bielinek können auch weiterhin nur Vermutungen angestellt werden. Die hier vorgestellten Er-



Abb 18 a und b: Kronenbilder ausgewählter Zerr-Eichen im Winter 2011/12



Abb. 19: Frostrisse an einer starken Zerr-Eiche im Revier Prenzlau

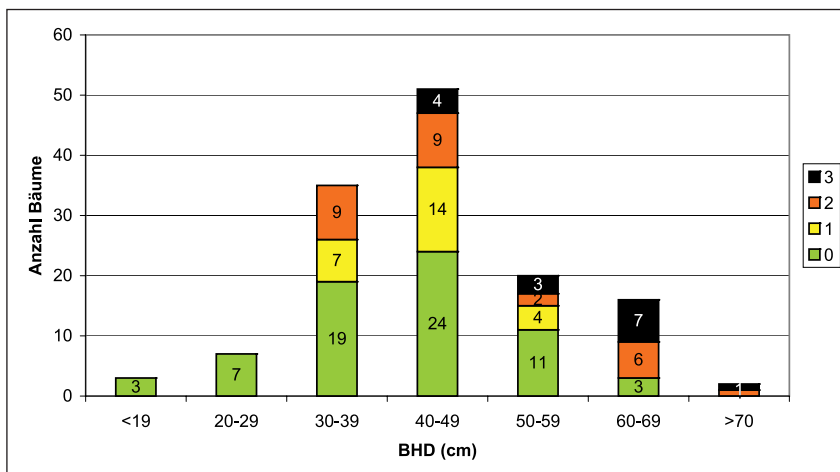


Abb. 21: Anteil der Zerr-Eichen mit Frostrissen und Frostrissen differenziert nach Durchmesserklassen



Abb. 20: Einschränkung der Holzqualität durch überwallte Frostrisse am liegenden Stamm

gebnisse lassen keine Anhaltspunkte auf eine künstliche Begründung erkennen. Überraschend war der weite genetische Abstand zu den räumlich nächsten Vorkommen in Baden-Württemberg und der Schweiz. Weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob die genetischen Unterschiede zu osteuropäischen Vorkommen geringer sind. Die trotz der lang anhaltenden Isolation überdurchschnittlich hohe genetische Vielfalt lässt eher auf ein natürliches Relikt schließen.

Dies würde einer Hypothese von MÜLLER (1999) entsprechen, nach der mit der nacheiszeitlichen Einwanderung der Eichen möglicherweise verschiedene Eichenarten bzw. -sippen eingewandert sind. Danach könnten schon im gesamten Holozän mehrere Arten regional in unterschiedlichen Anteilen vergesellschaftet gewesen sein. Mit der Ausbreitung der Buche verschwanden diese Eichengesellschaften wieder – mit der Ausnahme von extremen Reliktstandorten.

KONCZAK (1999) führt eine Reihe von historischen und vegetationskundlichen Untersuchungen auf, welche in ihrer Mehrzahl auf ein indigenes Vorkommen der Flaum-Eiche am Standort Bielinek hinweisen. Umfangreiche Florenlisten belegen Arten wie z. B. *Lithospermum purpuro-caeruleum* und *Dorycnium herbaceum*, die dort ein vom Hauptareal losgelöstes, exklavenhaftes Vorkommen in Europa haben und in die Ordnung der xerothermen submediterranen Flaum-Eichen-Wälder eingeordnet werden können. Die genetischen Strukturen geben möglicherweise erste Hinweise auf die Besiedlung dieses Standortes durch die Flaum-Eiche. Dass die Diversitätsmaße der beiden verwendeten Markersysteme (Mikrosatelliten und Isoenzyme) zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, mag nicht verwundern, da sie doch nur einen kleinen Ausschnitt des Genoms repräsentieren. Nach den Ergebnissen der Mikrosatellitenmarker wäre der Flaum-Eichen-Bestand entweder als ein Reliktvorkommen zu betrachten, in dem genetische Driftprozesse aufgrund der geringen Populationsgröße zu Verschiebungen in den allelischen Häufigkeiten und zur Verringerung der genetischen Diversität im Vergleich zu Fundorten in Mitteleuropa geführt haben. Aber auch die Besiedlung dieses Standorts durch eine kleine Gruppe von Individuen könnten diese veränderten genetischen Strukturen hervorgerufen haben (Flaschenhals-Effekt). Unabhängig davon ist das Vorkommen höchst vital, stammzahlreich und verjüngungsfreudig. Es lehrt uns, dass die Flaum-Eiche unter extremen Standortbedingungen auch in unseren Breiten konkurrenzstark, überlebens- und ausbreitungsfähig ist. Die Isoenzymmarker und die hohe physiologische Anpassungsfähigkeit des Vorkommens bestätigen diese Einschränkungen daher nicht. Dass der Steilhang in Bielinek einem Extremstandort entspricht, zeigt auch der weitgehend einheitliche Verlauf der Jahrringe der genetisch verschiedenen Bäume, deren Breiten maßgeblich durch die Wasserverfügbarkeit gesteuert wird.

Eine künstliche Anlage des Vorkommens ließe sich nur über die Nutzungsgeschichte erklären. Flaum-Eichen dienten vor allem für die Produktion von Weinfässern. Damit bleibt das Vorkommen an der Oder ein „pflanzengeografisches Rätsel“ im Sinne von RIETZ (1929) (zit. in ENDT-MANN 2008).

Vorkommen, Vitalität und Verjüngungsfreudigkeit beider Eichenarten belegen bereits jetzt die potenzielle Überlebensfähigkeit unter den aktuellen regionalen Standortverhältnissen. Diese könnten sich unter den Bedingungen des

Klimawandels weiter verbessern. Bekanntlich sind die Ansprüche der Zerr-Eiche an den Boden gering. Sie wächst gut auf sandigen Böden ebenso wie auf tonigen, aber nicht zu stark verdichteten Substraten. Am besten sind frische, tiefgründige, leichte Böden. Ebenso toleriert die Zerr-Eiche einen breiten pH-Bereich (pH 5 bis 7,5) (SCHÜTT 1997). Große Teile Brandenburgs entsprechen diesen Standorten (vgl. "Steckbriefe Brandenburger Böden"; MLUV & Naturschutzfonds 2005).

Um zu beurteilen, welche Regionen Brandenburgs künftig für die beiden Baumarten geeignet sein könnten, müssen sowohl die künftigen Standortmerkmale (RIEK et al. 2012, eingereicht) als auch die physiologische Amplitude der z. Zt. etablierten Vorkommen bekannt sein. Denn welche Standortamplitude im norddeutschen Tiefland, insbesondere die Zerr-Eiche, künftig besiedeln und hier eine forstwirtschaftliche Bedeutung erlangen könnte, kann auf der Grundlage der wenigen Kleinstvorkommen zur Zeit noch nicht abgeschätzt werden. Weitere Zerr-Eichenvorkommen liegen in Mecklenburg-Vorpommern in den Forstämtern Jägerhof (Neuanlage 2006 mit ca. 5 ha), Bad Doberan und Schildfeld. Das Vorkommen im FoA Schildfeld, Revier Vierkrug ist auf einer Fläche von 1,85 ha mit 108 Jahre alten Zerr-Eichen vergleichbar mit dem Prenzlauer Bestand. Mit Mittelhöhen von 32 m (Oberhöhe 36 m) und einem mittleren BHD von 44 cm sind die Eichen in ihrer Wuchsleistung dem Brandenburger Bestand deutlich überlegen (VOTH 2012, mdl. Mitt.).

Unabhängig von der positiven Entwicklung der beiden untersuchten Populationen muss die Vitalität der Bäume als ein Indikator für ihr Anpassungspotenzial weiter beobachtet werden. Die Kronenstruktur der Zerr-Eichen war im Winter 2009/10 durchschnittlich nur um eine halbe Vitalitätsstufe besser als die der Trauben-Eichen der Brandenburger Dauerbeobachtungsflächen. Dieses ist u. a. auf den schlechten Pflegezustand der Zerr-Eichen zurückzuführen, während die Bestandesgeschichte der Trauben-Eichen in Tauern und Fünfeichen von Durchforstungen und wiederkehrenden Sanitärhieben infolge des Eichensterbens geprägt ist. Nach der beginnenden Durchforstung des Prenzlauer Bestandes im Nachgang unserer Aufnahmen verbesserte sich der Vitalitätszustand. Nur 7 % der Bäume zeigten zum Zeitpunkt der Aufnahmen Anzeichen von Schleimfluss, der zum größten Teil aus Frostrissen austrat. Dieser Wert lag deutlich unter der Schleimflusshäufigkeit der Trauben-Eichen der Brandenburger Dauerbeobachtungsflächen (55 %; BÄUCKER et al. 2010).

Hervorzuheben ist die hohe Hitze- und Trockenstressverträglichkeit der Zerr-Eiche verbunden mit einer hohen Frosthärte (SCHÜTT 1997, ANDONOVSKY et al. 2001). Dass sich Trockenjahre auch in der Jahrringentwicklung des Prenzlauer Bestandes widerspiegeln, ist daher nicht überraschend. Im beobachteten Zeitraum stimmen die Minima des Jahresniederschlags mit denen der Jahrringbreiten überein. Hohe Niederschläge scheinen einen geringeren Einfluss auf den Durchmesserzuwachs zu haben. Bemerkenswert ist ein abrupter Rückgang der Zuwächse ab dem Jahr 1947, das auch für die heimischen Eichenarten als negatives Weiserjahr gilt (SCHRÖDER 2009).

Dennoch wird auch die Zerr-Eiche in ihrem Hauptverbreitungsgebiet nicht von der Symptomatik der Eichenkomplexkrankheit verschont. Blattvergilbungen, Rindennekro-

sen und Infektionen durch eine Vielzahl von Pilzen und Schadinsekten werden beschrieben (RAGAZZI et al. 1989, PATOCK 1999).

Ein Risiko für die Zerr-Eiche ist der Eichen-Prozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) (vgl. MILANOVIC 2005 und 2007, SCHAFELLNER et al. 2005, PATOCK 1999), der auch in Brandenburg zunehmend an Bedeutung gewinnt (MÖLLER et al. 2006). Verglichen mit der Trauben- und Stiel-Eiche ist die Zerr-Eiche auch anfälliger gegenüber dem Schwammspinner (*Lymantria dispar*). Auf Grund der phänologischen Abläufe ist die Disposition der Zerr-Eiche gegenüber einigen anderen heimischen Eichen-Schädlingen geringer. Durch den späten Austrieb kann sie von den frisch geschlüpften Raupen des Grünen Eichenwicklers (*Tortrix viridana*) und des Kleinen Frostspanners (*Operophtera brumata*) nicht befallen werden.

Untersuchungen in Serbien zeigen, dass fehlende Durchforstungsmaßnahmen einen starken Einfluss auf die Vitalität der Bäume haben, was sich auch mit dem Erscheinungsbild des Brandenburger Bestandes bestätigt. Vor allem junge Zerr-Eichenwälder (30 bis 50 Jahre) verlangen nach starken Durchforstungsmaßnahmen, um sich gut zu entwickeln (BOBINAC und VUCKOVIC 2004).

Dies wirft grundsätzliche Fragen zur waldbaulichen Behandlung der Zerr-Eiche auf. In ihrem heutigen Hauptverbreitungsgebiet bildet sie Mischwälder mit *Pinus*-Arten und anderen Laubbaumarten (z. B. *Acer pseudoplatanus*, *Carpinus betulus*, *Fagus orientalis*). Auf Grund der phytosanitären Gefährdung (s. o. Eichen-Prozessionsspinner und Schwammspinner) sollten unmittelbare Mischungen mit den heimischen Eichenarten vermieden werden.

In Italien wird die Zerr-Eiche hauptsächlich (zu 5/6) im Nieder- und Mittelwald bewirtschaftet. Hierzu tragen der sehr gute Brennwert von Zerr-Eichen-Holz und gute Zuwächse im Kurzumtrieb zwischen 15 und 25 Jahren bei (100 m³ bis 200 m³ in 15 Jahren) (SCHÜTT 1997).

Obwohl die wenigen Bäume des Prenzlauer Bestandes keine repräsentativen Aussagen zulassen, liegen die ermittelten Ertragszahlen auf einem hohen Niveau (414 m³ Vorrat je ha), was den Angaben aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet auf einem Standort mittlerer Güte (409 m³) entspricht (SCHÜTT 1997). Da die heimischen Eichen der Ertragsklasse I bei gleichem Alter und mäßiger Durchforstung einen Vorrat von 385 m³ (SCHÖBER 1995) aufbauen, ist das Wuchspotenzial von Zerr-Eiche von besonderem forstlichem Interesse. Standortwahl und Genotyp werden künftig über das Wuchspotenzial der Zerr-Eiche im norddeutschen Tiefland entscheiden.

Die teilweise verminderte Holzqualität beeinflusst die Möglichkeiten der Holzverwendung. Während in Südosteuropa das Holz z. B. für Möbel, Fässer, im Schiffbau, in der Zimmerei und als Paneel Verwendung findet (MOMBÄCHER 1988), schränkt im nördlichen Verbreitungsgebiet die Neigung zur Bildung von Frostrissen die Verwendbarkeit von Zerr-Eichen-Holz ein.

Kenntnisse über den Entstehungsprozess von Frostrissen und -leisten könnten dem Qualitätsverlust vorbeugen. Die Hypothese, dass Frostrisse durch Spannungsunterschiede im Holz infolge schneller Temperaturstürze im Winter entstehen, ist umstritten. Nach BUTIN und SHIGO (1981) bzw. BUTIN und VOLGER (1982) an mehreren hundert Eichen gehen der Entstehung von Frostrissen und -leisten häufig Stammverwundungen unterschiedlichster Ursachen vo-

raus. Austretendes Wasser, das im Winter gefriert, sprengt einen Riss ins Holz. Starker Frost kann zwar die Rissbildung intensivieren, jedoch nicht verursachen. Schäden am Kambium infolge von Bewirtschaftungsmaßnahmen müssen daher ebenso vermieden werden wie die Bildung von Wasserreisern.

Dennoch liegen die Vorzüge der Zerr-Eiche neben ihrer hohen physiologischen Anpassungsfähigkeit vor allem im raschen Biomasseaufbau in der Jugend. Diese Fähigkeit kommt dem Druck nach kürzeren Umtriebszeiten bei zunehmenden Klimaveränderungen zur Risikominderung oder ihrer Verwendung in Agroforestry-Systemen entgegen.

Aufgrund ihrer geringeren Wuchsleistung kommt dagegen der Flaum-Eiche eine eher walddökologische Bedeutung zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit der Waldökosysteme (Mikroklima, Bodenschutz, Nahrungsquelle, Artendiversität, Waldästhetik u. a.) zu. Lichte Flaum-Eichenwälder gehören zu den artenreichsten Ökosystemen Europas (GLATZER und SCHRAMM 2010) und wären somit eine ökologische Bereicherung unserer Wälder. Die waldbauliche Integration der Flaum-Eiche würde die ökologische Stabilität der Waldgesellschaften steigern. Die hohe Konkurrenzkraft der Flaum-Eiche gegenüber der Gem. Kiefer, wie sie sich im letzten Jahrzehnt im Wallis und in Graubünden (Schweiz) zeigt, muss in einem „Kiefernland“ wie Brandenburg höchste Beachtung finden (WEBER et al. 2008, STERCK et al. 2008). Bereits heute zeigen sich kleinflächig ganz ähnliche Waldbilder im Nationalpark Unteres Odertal. An Trockenhängen am Gartzter Schrey sterben vermehrt Kiefern ab, während Trauben-Eichen und Flaum-Eichen-Hybride mit hoher Vitalität in die Sterbelücken einwandern (Abb. 22).



Abb. 22: Konkurrenzstarke Trauben-Eichen und Flaum-Eichen-Hybride neben absterbenden Kiefern an einem Trockenhang am Gartzter Schrey im Nationalpark Unteres Odertal

Während die Niederwaldbewirtschaftung eher das Stockauschlagsvermögen artenreiner Flaum-Eichen nutzt, können die Eichen-Hybride auch im Hochwald forstwirtschaftliche Bedeutung erlangen. Dies wird durch das Fehlen strikter Reproduktionsbarrieren vieler Eichenarten ermöglicht (vgl. AAS 1991, 1998, STEINHOFF 1998, SAYER 2000). Die Bastardierung zwischen den Pflanzenarten kann dazu beitragen, die Diversität und das Anpassungspotenzial von Arten ohne Verlust ihrer Eigenständigkeit zu erhöhen (RIESEBERG 1995, SAYER 2000, MÜLLER 1999). Zwischen der Trauben- und Flaum-Eiche sind relativ hohe Hybridisierungsraten be-

schrieben worden. SALVINI et al. (2008) konnten bis zu 26 % Hybridsamen, vornehmlich in der Hybridisierungsrichtung *Q. petraea* ♂ x *Q. pubescens* ♀ nachweisen, aber nur 5 % für die reziproke Paarung. Nach den vorliegenden Daten ist der Einfluss der Hybridisierung und damit die Vermischung der Genpools der im Gebiet vorkommenden Eichenarten jedoch sehr begrenzt. Es liegt die Vermutung nahe, dass interspezifische Paarungsbarrieren in frühen ontogenetischen Stadien (Keimlings- und Jungpflanzenstadien) vorliegen müssen, denn die ermittelten Mischungsanteile der Genpools in den Altbeständen liegen deutlich unter den im Saatgut geschätzten Hybridisierungsraten. Trotz der räumlichen Nähe der Bielineker Flaum-Eichen und intensiver Suche konnten nur vergleichsweise wenige Hybrid-Eichen auf der westlichen Seite des Odertals gefunden werden. Einkreuzungen zwischen *Q. robur* und *Q. pubescens* wurden bisher nicht beobachtet. Unter forstlichen Gesichtspunkten sind die wenigen Individuen, die „Trauben-Eichen-ähnliche“ Stammformen ausbilden und gleichzeitig eine erhöhte Trockenstresstoleranz aufweisen, unter den Bedingungen des Klimawandels von besonderer Bedeutung.

Die vorliegenden Ergebnisse unterstützen für beide Arten Ausbreitungsmodelle, nach denen sich die aktuelle natürliche, nördliche Arealgrenze der bislang submediterranen Hauptverbreitung unter den Bedingungen des Klimawandels nach Norden verschoben wird. Diese natürliche Migration sollte forstlich unterstützt werden. Im Sinne eines „sanften“, proaktiven Waldbaus müssten hierzu mittelfristig (bevorzugt) auf potenziellen Grenzstandorten kleinflächig alternative Eichenarten (sowie auch Arten anderer Gattungen) vorzugsweise als Saat oder Pflanzung im Voranbauverfahren getestet werden (GLATZER und SCHRAMM 2010). Dies wäre sowohl ein Beitrag für die Entwicklung arten- und strukturreicher Mischbestände als auch für die Risikovor-sorge zum grundsätzlichen Walderhalt unter Extrembedingungen. Bei diesem Vorgehen wären die (ökonomischen und ökologischen) Risiken gering bei gleichzeitiger Erhaltung der multifunktionalen Zielsetzung der künftigen Waldbewirtschaftung.

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Unter Berücksichtigung des Standortwandels und angesichts weniger waldbaulicher Alternativen wird die Anbauwürdigkeit für beide Eichenarten im norddeutschen Tiefland zunehmen. Hierfür wären vor allem Nachkommenschaften von Populationen geeignet, die sich bereits unter den Selektionsbedingungen des norddeutschen Tieflandes bewährt haben. Die untersuchten Bestände gehören zweifellos dazu.

Es würde sich darüber hinaus lohnen, weitere Herkünfte aus dem nördlichen Hauptverbreitungsgebiet (ausschließlich leistungsstarke Saatgutbestände) sowie Hybride mit guten Wuchseigenschaften hinsichtlich ihrer Anbaueignung zu prüfen.

Parallel hierzu müssen (insbesondere für die Zerr-Eiche) waldbauliche Konzepte entwickelt werden, die das Wuchspotenzial besser nutzen, die Vitalität erhöhen und Risiken vor allem durch biotische Schaderreger mindern.

Mit Ausnahme der wenigen bisher untersuchten Populationen ist unser Kenntnisstand über die Stresstoleranz, die Fitness, die Konkurrenzkraft gegenüber heimischen Arten und das Leistungspotenzial der mediterranen Eichen-

arten und ihrer Hybriden in unserer Region gering. Für eine verantwortungsbewusste Baumartenempfehlung müssen diese Kenntnislücken dringend geschlossen werden. Im Rahmen des Innovationsnetzwerks zur Klimaanpassung Brandenburg-Berlin (INKA BB) werden gegenwärtig 81 Baumarten (und -sorten), darunter 12 Eichenarten (einschließlich Flaum- und Zerr-Eiche), in einem Baumschulversuch u. a. auf ihre Anpassungsfähigkeit getestet. Diese Versuche sind ein weiterer Trittstein für die Wälder und Landschaften von morgen.

Zusammenfassung

Klima- und standortbasierte Modelle zur Waldentwicklung räumen der Flaum-Eiche und der Zerr-Eiche am Ende des 21. Jahrhunderts eine zunehmende Bedeutung im norddeutschen Tiefland ein. Vorgestellt werden Untersuchungsergebnisse an zwei Vorkommen der Flaum-Eiche und ihren Hybriden beiderseits des Unteren Odertals (Bielinek/PL, Gartzter Schrey, Gellmersdorfer Forst, Mescherin) und der Zerr-Eiche im Stadtwald von Prenzlau.

Genetische Untersuchungen zur eindeutigen Artbestimmung ordnen alle untersuchten Eichen im polnischen Bielinek der Flaum-Eiche zu, während auf der deutschen Seite des Odertals die Hybriden zwischen Flaum- und Trauben-Eiche überwiegen. Jahrringanalysen zeigen, dass Einzelbäume des stammzahlreichen Vorkommens in Bielinek über 250 Jahre alt sind, wobei ihr eigentlicher Ursprung weiterhin ungeklärt bleibt. Die Ergebnisse bestätigen, dass die Flaum-Eiche unter extremen Standortbedingungen auch in unseren Breiten konkurrenzstark, überlebensfähig und verjüngungsfreudig ist.

Die ältesten der 134 untersuchten Zerr-Eichen im Stadtwald von Prenzlau sind ca. 120 Jahre alt und gehen auf eine künstliche Begründung zurück. Die Population differenziert sich in mehrere Baumgenerationen mit einer individuenreichen Naturverjüngung. Wachstum, Vitalität und Stammschäden durch Frostrisse und -leisten wurden an allen Einzelbäumen untersucht.

In Abhängigkeit von den ökologischen Rahmenbedingungen und den ökonomischen Zielsetzungen könnten beide Baumarten am Ende dieses Jahrhunderts tatsächlich das Baumartenspektrum des norddeutschen Tieflandes bereichern. Die hierfür notwendigen Voraussetzungen werden diskutiert.

Dank

Der Vorsitzende des Brandenburger Forstvereins Herr Prof. Dr. Klaus Höppner gab mit seiner Initiative zur Exkursion in das grenznahe, polnische Naturschutzgebiet Bielinek am 6. September 2008 die entscheidende Initialzündung für die Untersuchungen an der Flaum-Eiche. Herr Prof. Dr. Jürgen Endtmann hat mit seiner akribischen Arbeitsweise den, bis dahin nur wenigen Personen bekannten, Kenntnisstand zu den Bielineker Flaum-Eichen in hervorragender Weise zusammengetragen und gleichzeitig die Grenzen des Wissens aufgezeigt. Beides gab den Autoren Ansporn, zumindest einige wenige Wissenslücken zu schließen, obgleich Forschungen zu den beiden Baumarten nicht im Fokus des Landeskompetenzzentrums Forst Eberswalde stehen. Ebenso gab der Revierförster Jens Rakelmann mit seinem

Hinweis auf die Zerr-Eichen in seinem Revier im Prenzlauer Stadtwald den entscheidenden Anstoß für die vorgestellten Untersuchungen. Allen Dreien gilt unser herzlicher Dank, ohne sie hätten die interessanten Forschungen abseits unserer Hauptbaumarten keinen Anfang gefunden.

You can't start a fire without a spark!
(Bruce Springsteen)

Literatur

- AAS, G. (1991): Kreuzungsversuche mit Stiel- und Traubeneichen (*Quercus robur* L. und *Q. petraea* (Matt.) Liebl.). AFJZ, 162: 141–145.
- AAS, G. (1998): Morphologische und ökologische Variation mitteleuropäischer *Quercus*-Arten. Ein Beitrag zum Verständnis der Biodiversität. München: IHWVerlag. 221 S.
- ANDONOVSKI, V.; BORELLI, S.; VARELA, M. C. (2001): Macedonia FYR. Mediterranean Oaks Network – Report of the first meeting, Antalya. Rome: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI): 42–44.
- BÄCKER, E.; LÖFFLER, S.; BUES, C.-TH.; SCHRÖDER, J. (2010): Bedeutung von Rindennekrosen an Trauben-Eichen (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.) in Brandenburg für die Holzverwendung. Beiträge für Forst- und Landschaftsökologie, 44 (4): 145–156.
- BOBINAC, M.; VUCKOVIC, M. (2004): The problem of Turkey oak devitalisation from the aspect of stand condition and tree increment. Proceedings of an international scientific conference marking 75 years of the Forest Research Institute of the Bulgarian Academy of Sciences, 1-5 October 2003. Sofia: Forest Research Institute, Volume 2: 197–203.
- BUTIN, H.; SHIGO, A. L. (1981): Radial Shakes and "Frost Cracks". Res. Pap. NE-478. Broomall, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experimentation Station, 21 p.
- BUTIN, H.; VOLGER, C. (1982): Untersuchungen über die Entstehung von Stammrissen ("Frostrissen") an Eiche. Hamburg, Berlin: Forstw. Cbl., 101: 295–303.
- ENDTMANN, K. J. (2008): Natur- und Landschaftsschutz im Gebiet um Bellinchen / Bielinek und Hohenlubbichow / Lubiechow Gorny. In: Hohenlubbichow 2008 – Naturgemäße Waldwirtschaft zwischen Verklärung und Realität. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 37: 42–74.
- ERTELD, W. (1962): Wachstumsgang und Vorratsbehandlung der Eiche im norddeutschen Diluvium. Archiv für Forstwesen, 11: 1156–1176.
- EUROPEAN FOREST DATA CENTRE (EFDAC, Joint Research Centre), (<http://forest.jrc.ec.europa.eu/publications>).
- FALUSH, D.; STEPHANS, M.; PRITCHARD, J. K. (2003): Inference of population structure: Extensions to linked loci and correlated allele frequencies. Genetics, 164: 1567–2620.
- FALUSH, D.; STEPHANS, M.; PRITCHARD, J. K. (2007): Inference of population structure using 480 multilocus genotype data: dominant markers and null alleles. Molecular Ecology Notes, 7: 574–578.
- GAUSMANN, P.; KEIL, P.; GÖTZ, H. L. (2007): Einbürgerungstendenzen der Zerr-Eiche (*Quercus cerris* L.) in Urban-industriellen Vorwäldern des Ruhrgebietes. Bochum: Floristische Rundbriefe, 40: 31–39.
- GLATTHORN, J. (2010): Vitalität und Wachstum von Zerr-Eichen (*Quercus cerris* L.) in Brandenburg – Untersuchungen anhand eines Vorkommens im Revier Prenzlau. Bachelorarbeit an der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde, 50 S.
- GLATZER, K.; SCHRAMM, E. (2010): Klimabezogener Umbau der Eichenwälder mit mediterranen Eichen – Eine vorläufige Wirkungs- und Folgenabschätzung. BiK-F Knowledge Flow Paper Nr. 5.
- HÖLTKEN, A. M.; BUSCHBOM, J.; KÄTZEL, R. (2012): Die Artintegrität unserer heimischen Eichen *Quercus robur* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl. und *Q. pubescens* Willd. aus genetischer Sicht (eingereicht).
- HUBISZ, M. J.; FALUSH, D.; STEPHANS, M.; PRITCHARD, J. K. (2009): Inferring weak population structure with the assistance of same group information. Molecular Ecology Resources 9: 1322–1332.
- KALLWEIT, R.; BÖTTIGER, A. (2001): Waldschadenserhebung (WSE, Level I). Aus: Forstliche Umweltkontrolle, Ergebnisse aus zehnjährigen Untersuchungen zur Wirkung von Luftverunreinigungen in Brandenburgs Wäldern, Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg.): 16–37.
- KÄTZEL, R. (2006): Zur taxonomischen Einordnung der einheimischen Eichenarten. In: KÄTZEL, R. (Schriftleitung): Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Bd. 25: 11–12.
- KÄTZEL, R. (2009): Möglichkeiten und Grenzen der Anpassung an Klimaextreme – eine Betrachtung zu baumartenspezifischen Risiken aus Sicht der Ökophysiologie. In: SPATHELF, P.; KÄTZEL, R. (Hrsg.) (2009): Wald im Klimawandel – Risiken und Anpassungsstrategien. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. 42: 22–34.
- KONCZAK, P. (1998): Flora der Oderhänge bei Bellinchen. Berlin, VBVPB, 131: 97–125.

- KONCZAK, P. (1999):
Die Flaum-Eiche in Ostbrandenburg. Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg, 132: 141–151.
- KONNERT, M.; FROMM, M.; WIMMER, TH. (2004):
Anleitung für Isoenzymuntersuchungen bei Stieleiche (*Quercus robur*) und Traubeneiche (*Quercus petraea*). <http://blag.fgr.genres.de/iso-handbuecher/stieleiche-arbeitsanleitung.pdf>.
- KÖRVER, F.; PAAR, U.; KIRCHHOFF, A.; GAWEHN, P.; EICHHORN, J. (1999):
Winteransprache zur Erfassung der Kronenstruktur bei Alteichen. Hannover, München: AFZ Der Wald, 54: 357–360.
- KÖSTNER, B.; SURKE, M.; BERNHOFER, C. (2007):
Klimadiagnose der Region Berlin / Barnim / Uckermark / Uecker-Randow für den Zeitraum 1956–2006. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. 51 S.
- LEIBUNDGUT, H. (1991):
Unsere Waldbäume. Bern, Stuttgart: Verlag Paul Haupt. S. 101.
- MILANOVIC, S. (2005):
Influence of different oak species (*Q. cerris* L. and *Q. robur* L.) and environment conditions on the gypsy moth development. Belgrad: University of Belgrad: 99–110.
- MILANOVIC, S. (2007):
Gypsy moth development (*Lymantria dispar* L.) on the leaves of *Quercus cerris* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl. and *Q. robur* L. in controlled environment conditions. Belgrad: University of Belgrad: 55–67.
- MÖLLER, K.; APEL, K.; ENGELMANN, A. (2006):
Zur Beteiligung von Insekten am aktuellen Krankheitsgeschehen der Eiche in Brandenburg. Aus: Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg. Eberswalde: Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg.): 59–64.
- MOMBÄCHER, R. (1988):
Holz Lexikon. Stuttgart: DRW-Verlag. S. 262.
- MÜLLER, B. (1999):
Variation und Hybridisierung von *Quercus pubescens*. Diss. ETH Nr. 13025, Zürich: 138 S.
- NEOPHYTOU, C.; ARAVANOPOULOS, F. A.; FINK, S.; 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. Forest Ecology and Management 259: 2026–2035.
- OBERDORFER, E. (1994):
Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7. Aufl. Stuttgart, (Ulmer). 1050 S.
- PATOCK, J. (1999):
Die Eichenschädlinge und ihre Feinde. Zvolen: Institut für Waldökologie der slowakischen Akademie der Wissenschaft. 396 S.
- PIGNATTI, S. (1982):
Flora d'Italia. Vol. I. Edagricole, Bologna.
- PRITCHARD, J. K.; STEPHENS, M.; DONNELLY, P. (2000):
Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics 155: 945–959.
- RAGAZZI, A.; DELLAVALLE, I.; MESTURINO, F. L. (1989):
The oak decline: a new problem in Italy. Eur. J. For. Path. 19: 105–110.
- RIEK, W.; KALLWEIT, R.; RUSS, A. (2012):
Analyse der Hauptkomponenten des Wärmehaushalts brandenburgischer Wälder auf der Grundlage regionaler Klimaszenarien – Abgrenzung von Risikogebieten und Schlussfolgerungen für ein Klima-Monitoring. Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie (eingereicht).
- RIESEBERG, L. H. (1995):
The role of hybridization in evolution: Old wine in new skins. Am. J. Bot. 82: 944–953.
- RIGLING, A.; DOBBERTIN, M.; BÜRGI, M.; FELDMEIER-CHRISTE, E.; GIMMI, U.; GINZLER, C.; GRAF, U.; MAYER, P.; ZWEIFEL, R.; WOHLGEMUTH, T. (2006a):
Baumartenwechsel in den Walliser Waldföhrenwäldern. Wald und Klimawandel. Forum für Wissen 2006: 23–33.
- RIGLING, A.; DOBBERTIN, M.; BÜRGI, M.; GIMMI, U.; GRAF PAN-NATIER, E.; GUGERLI, F.; HEINIGER, U.; POLOMSKI, J.; REBETZ, M.; RIGLING, D.; WEBER, P.; WERMELINGER, B.; WOHLGEMUTH, T. (2006b):
Verdrängen Flaumeichen die Walliser Waldföhren? Merkbl. Prax. 41: 16 S.
- SALVINI, D.; BRUSCHI, P.; FINESCHI, S.; GROSSONI, P.; KJAER, E. D.; VENDRAMIN, G. G. (2008):
Natural hybridization between *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus pubescens* Willd. within an Italian stand as revealed by microsatellite fingerprinting. Plant Biology 11: 758–765.
- SAYER, U. (2000):
Die Ökologie der Flaumeiche (*Quercus pubescens* Willd.) und ihrer Hybriden auf Kalkstandorten an ihrer nördlichen Arealgrenze. Dissertationes Botanicae, Bd. 340, Cramer Verlag.
- SCHAFELLNER, C.; KRÄMER, W.; SCHOPF, A.; VILLEMANT, C.; MOHAMED LAHBIB, B. J. (2005):
Three trophic level interaction: the influence of host plants on the performance of gypsy moth (*Lymantria dispar*) and its parasitoid, *Glyptapanteles liparidis* (Hymenoptera, Braconidae). Dijon: Bulletin OILB/SROP, 28, 8: 193–200.
- SCHOBER, R. (1995):
Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. Frankfurt am Main: Sauerländer.

- SCHRÖDER, J. (2009):
Kiefer und Eiche in Mischbeständen: Konkurrenz oder Partnerschaft in einer Lebensgemeinschaft? In: MLUV (Hg.):
Wissenstransfer in die Praxis. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 40: 50–59.
- SCHÜTT, R. (Hrsg.) (1997):
Lexikon der Forstbotanik. ecomed, Landsberg/Lech
1992: 431–432.
- SCHÜTT, R.; WEISGERBER, H; LANG, J.; ROLOFF, A.; STIMM, B. (Hrsg.) (1998):
Enzyklopädie der Holzgewächse, Band III-2, ecomed, Landsberg/Lech.
- SPADA, F. (2010):
Outlines of the phytogeography of the mediterranean oaks. In: The Oak – Ecology, History, Management and Planning II, Isparta/TURKEY, 01–03 June 2010, Proceedings.
- STEINHOFF, S. (1998):
Kontrollierte Kreuzungen zwischen Stiel- und Traubeneiche: Ergebnisse und Folgerungen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 169: 163–168.
- STERCK, F. J.; ZWEIFEL, R.; SASS-KLASSEN, U.; CHOWDHURY, Q. (2008):
Persisting soil drought reduces leaf specific conductivity in Scots pine (*Pinus sylvestris*) and pubescent oak (*Quercus pubescens*). Tree Physiology 28: 529–536.
- ULBRICH, E. (1924):
Die Flaumeiche, *Quercus lanugosa* als neuer Waldbaum in Norddeutschland und die Nomenklatur. Mitt. Dtsch. Dendrol. Gesel. 34: 297–304.
- WEBER, P.; RIGLING, A.; EILMANN, B.; MAYER, P.; WOHLGEMUTH, TH.; DOBBERTIN, M. (2008):
Verjüngung und Konkurrenz der Flaumeiche im Wallis. Informationsblatt Wald, WSL Birmensdorf (Schweiz): 1–3.