

# Eichenarten im Klimawandel: Unterschätzte Anpassungspotenziale?

Aki Michael Höltken und André Hardtke

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10083027>

Klimaszenarien für Deutschland sagen nicht nur länger andauernde Hitze- und Trockenperioden voraus, es bleibt gleichzeitig auch ein Risiko schädlicher Frostereignisse bestehen. Gerade auf kalamitätsbedingt entstandenen, größeren Freiflächen werden solche Witterungsextreme künftig verstärkt zu beobachten sein. Für deren Wiederbestockung sollten also vornehmlich Baumarten ausgewählt werden, die große jährliche Temperaturschwankungen (hohe sommerliche Temperaturen, Winter- und Spätfröste), aber auch periodische Wasserdefizite in der Vegetationsperiode tolerieren können.

Eine Baumartengruppe, welche durch die klimatischen Entwicklungen begünstigt wird, sind unsere heimischen Eichenarten. Sie zeigen sich deutlich unempfindlicher gegenüber Trockenstress als viele andere mitteleuropäische Baumarten. Im Vergleich der beiden häufigsten Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) schneiden die Trauben-Eichen aufgrund einer optimierten Wassernutzungseffizienz besser ab als die Stiel-Eichen. Bis heute finden sich alte Reliktbestände der Trauben-Eiche auf sehr trockenen Standorten an schwer zugänglichen, unbewirtschafteten Blockschutt- und Felshängen. Mit noch weiter abnehmender Wasserverfügbarkeit kommt noch eine weitere heimische Eichenart ins Spiel: Die Flaum-Eiche. In sogenannten Flaum-Eichen-Transitionswäldern kommen zunächst beide Arten (Flaum- und Trauben-Eichen) sowie ihre Hybriden in Mischung vor. Diese Eichenartenkomplexe sind nicht nur – wie vielfach angenommen – auf Standorte im Südwesten Deutschlands beschränkt. Ihr Vorkommen ist bis ins östliche Brandenburg und nordwestliche Polen mit deutlich kontinentalerem Einfluss belegt (Höltken et al. 2012). Dort haben waldbauliche Beobachtungen gezeigt, dass Hybriden zwischen Trauben- und Flaum-Eiche mit hoher Vitalität in Bestandeslücken einwandern können, wo vermehrt Kiefern wegen extremer Trockenheit abgestorben sind (Kätzel et al. 2012).

Da Eichen vorwiegend künstlicher Verjüngung bedürfen, werden schon jetzt große Mengen an forstlichem Vermeh-

rungsgut benötigt. Der Auswahl geeigneter Saatgutquellen kommt deshalb eine besondere Bedeutung zu. Denn nur mit angepasstem Vermehrungsgut kann der Grundstein für vitale Bestände unter künftigen Klimabedingungen gelegt werden. Die Erfassung und nachhaltige Nutzung verfügbarer Genressourcen heimischer Eichenarten stellt nicht nur einen wichtigen Beitrag für die Entwicklung arten- und strukturreicher, klimaresilienter Mischbestände dar, sondern dient auch zur Risikovorsorge zum grundsätzlichen Walderhalt unter Extrembedingungen (Kätzel et al. 2012).



Fotos: A. Hardtke

*Saatguterntebestand der Trauben-Eiche auf besser wasserversorgtem Standort (linke Abb.); Trauben-Eichen-Bestand auf sehr trockenem, sandigem Standort (rechte Abb.)*

## Genetische Vielfalt und Anpassungsmuster

Genetische Vielfalt innerhalb einer Art ist die Voraussetzung für Anpassungsfähigkeit an veränderte Umweltbedingungen und daher für einzelne Populationen und die gesamte Art überlebenswichtig. Dies gilt auch für unsere Eichenarten, die schon lange vor menschlichen Einflüssen mit sehr unterschiedlichen Lebensraumbedingungen konfrontiert waren und sich an verschiedene Klimazonen (ozeanisch bis kontinental), Höhenlagen (Meereshöhe bis 1.800 m ü. NN) und Wasserhaushalte (zeitweise überflutet bis extrem trocken) angepasst und diese „Erfahrungen“ in ihrem Genpool gespeichert haben (Bonfils et al. 2015). Die so entstandenen genetischen Anpassungsmuster innerhalb der Verbreitungsgebiete haben bislang aber nur ansatzweise in der praxisrelevanten Forschung Beachtung gefunden. Da nicht alle Eichen unempfindlich auf Trockenstress reagieren, sind für die künstliche Begründung von Beständen Informationen über die Eignung von forstlichem Vermehrungsgut an heutige und künftige Standortbedingungen von besonderer Bedeutung.

## Bedeutung heimischer Herkünfte

Aktuell wird oft diskutiert, ob in Zeiten des Klimawandels fremde, mediterrane Eichenarten oder fremde Herkünfte heimischer Arten aus wärmeren und trockeneren Regionen Süd- und Südosteuropas in Deutschland eingeführt werden



Foto: A. M. Höltken

*Trocken-warmes Klima an einem exponierten Südhang mit altem Trauben-Eichen-Reliktbestand im nördlichen Hessen (teilweise über 500-jährige Bäume) in Mischung mit Mehl- und Elsbeere*

sollen. Viele Anbauversuche haben jedoch gezeigt, dass dies in den meisten Regionen Deutschlands nicht empfohlen werden kann. Provenienzttests mit südosteuropäischen Trauben-Eichen-Herkünften belegen die hohe Anfälligkeit gegenüber Spätfrösten. Aber nicht nur Spätfröste, auch tiefe Wintertemperaturen werden nach wie vor auch unter den prognostizierten Klimaveränderung periodisch auftreten (siehe extreme Frostperiode in der nördlichen Hälfte Deutschlands mit unter  $-25\text{ °C}$  im Februar 2021). Dafür sind insbesondere mediterrane Herkünfte nicht geschaffen. Aufgrund einiger Anbauerfahrungen besteht aus heutiger Sicht deshalb wenig Hoffnung, lokale Vorkommen Mitteleuropas durch süd- und südosteuropäische Herkünfte ersetzen zu können (vgl. Kätzel et al. 2019). Für den Aufbau neuer, klimastabiler Wälder sollte daher im Wesentlichen auf das Anpassungspotenzial einheimischer Herkünfte zurückgegriffen werden. Hier sollte auf die Verfügbarkeit unterschiedlicher, erblich bedingter Anpassungsmuster gesetzt werden, was bislang nur wenig Berücksichtigung gefunden hat.

## Anpassungspotenzial der Eichen

Eichenarten besitzen eine überdurchschnittliche genetische Variabilität. Ein Grund dafür ist der hohe Genaustausch insbesondere durch Pollenflug, wodurch neue Genvarianten aus anderen Umweltsituationen „importiert“ werden können. Dieser effiziente, innerartliche „Genfluss“ wird als ein Grund für das hohe Anpassungspotenzial der einzelnen Eichenarten hinsichtlich klimarelevanter Merkmale gewertet. Unsere heimischen Eichenarten haben aber noch eine vorteilhafte Eigenschaft: Genaustausch zwischen Arten über die Bildung von Hybriden. Da die natürliche Selektion innerhalb von Baumarten aufgrund der langen Generationszeiten nur sehr langsam verläuft, kann zwischenartlicher Genaustausch eine schnellere Anpassung an extreme Umweltverhältnisse begünstigen. Hybridisierung zwischen nah verwandten Eichenarten mit unterschiedlichen ökologischen Anpassungen tritt regelmäßig in den natürlichen Kontaktzonen verschiedener Arten auf. Dieser Vorgang ist grundsätzlich zwischen

allen drei heimischen Arten möglich, am häufigsten jedoch zwischen der Trauben- und der Flaum-Eiche auf extrem trockenen Standorten. In Überlappungszonen der beiden Arten führt das zu sogenannten „Hybridschwärmen“ (Bonfils et al. 2015, Gailing et al. 2022, Höltken et al. 2023).

## Forschung an der NW-FVA

Um das Anpassungsspektrum unserer heimischen Eichenvorkommen zu untersuchen, haben an der NW-FVA verschiedene Vorhaben begonnen, die sich mit folgenden Themenbereichen beschäftigen:

- Erfassung der genetischen Vielfalt sowie der Artzusammensetzung der ausgewählten Bestände (Trauben-, Flaum- oder Hybridformen) mit Hilfe von DNA-Untersuchungen.
- Erfassung von Eichen-Herkünften, die den Wasserhaushaltsgradienten vollständig abdecken (von gut wasserversorgt bis extrem trocken): Der Wasserhaushalt wird dabei durch die Standortwasserbilanz (SWB) beschrieben. Diese umfasst sowohl die Speichermöglichkeit des Bodens (nutzbare Feldkapazität) als auch die Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung (klimatische Wasserbilanz) und wird wie Niederschlag in mm/Jahr angegeben. Je höher der Wert, desto mehr Wasser steht zur Verfügung. Insbesondere bei negativen Werten ist von einem zeitweisen Wassermangel auszugehen.
- Beerntung von Einzelbäumen an diesen Standorten und die Anzucht von Versuchsmaterial für die Anlage von Versuchsserien, welche ebenfalls den Wasserhaushaltsgradienten abdecken, sowie für gezielte Trockenstressexperimente unter Laborbedingungen.

Diese Forschungsvorhaben werden durch den Klimaplan Hessen („Anpassungspotenziale von Eichenarten“) sowie durch den Waldklimafonds des Bundes („OakZones –Dynamische Verwendungszonen für Traubeneiche“) gefördert. In den nächsten Jahren werden sie detaillierte Erkenntnisse über die Anpassungspotenziale der jeweiligen Herkünfte liefern. Auf Basis der gewonnenen Daten sollen der Forstpraxis dann fundierte Empfehlungen für die Auswahl von geeignetem forstlichem Vermehrungsgut zu Verfügung gestellt werden.

## Bäume aus dem Reagenzglas

Für Forschungszwecke werden an der NW-FVA sogar ausgewählte Altbäume unter sterilen Bedingungen im „Reagenzglas“ nachgezüchtet. Denn der Einfluss von Genetik und Umwelt auf bestimmte Eigenschaften kann nur durch die Erzeugung genetisch identischer Kopien eines Baumes eindeutig bestimmt werden. Da sich viele Baumarten in der Regel nicht oder nur sehr schwer über die konventionelle Stecklingsvermehrung vermehren lassen, hat sich die NW-FVA auf die *In-vitro*-Vermehrung (=Mikrovermehrung) spezia-



Fotos: M. Mühlbauer

Anzucht von Versuchspflanzen aus Saatgut verschiedener Trauben-Eichen-Herkünfte

liert. Die Technik ermöglicht es, Bäume von Standorten mit unterschiedlichen Umweltbedingungen (von Extremstandorten bis hin zu optimalen Standortverhältnissen) vegetativ zu vermehren und anschließend sowohl unter Laborbedingungen als auch im Freiland zu testen. Weitere Vorteile der *In-vitro*-Vermehrung: Die Produktion von Versuchsgliedern ist unbegrenzt und unabhängig von Jahreszeiten möglich. So können Pflanzen ganzjährig produziert und in ihrer jeweiligen Lebensphase für die Versuchsdurchgänge synchronisiert werden. Diese Methode bietet somit eine erhebliche zeitliche Beschleunigung von Forschungs- und Züchtungsvorhaben, was in Anbetracht des hohen Veränderungsdrucks durch die Dynamik des Klimawandels gerade bei Arten mit sehr langen Generationszyklen von großer Bedeutung ist.

Fotos: I. Wenzlitschke



Schritte der vegetativen Vermehrung von Eichen mit Hilfe der *In-vitro*-Technik: Etablierungsphase über sterile Sprosskulturen (links), Vermehrungszyklen (Mitte) und Bewurzelung (rechts) von Trauben-Eichen in verschiedenen Nährmedien

### Aktuelle Saatgutversorgung

Forstvermehrungsgut unserer heimischen Eichenarten wird hauptsächlich in zugelassenen Saatguterntebeständen (SEB) gewonnen. Diese stocken jedoch zum größten Teil auf Standorten, die eine mittlere bis gute Wasserversorgung vorweisen. Mit zunehmender Trockenheit sinkt die Fläche der für die Produktion von forstlichem Vermehrungsgut zugelassenen Bestände. Auf Marginalstandorten existieren keine SEB mehr, obwohl in diesem Bereich noch Eichenbestände, meist Trauben-Eichen oder möglicherweise sogar Hybrid-Formen mit der Flaum-Eiche, zu finden sind.

Der Grund für die Unterrepräsentanz der trockenen Standorte dürfte folgender sein: Eichenvorkommen auf sehr trockenen Standorten entsprechen meist nicht den Mindestkriterien der Forstvermehrungsgut-Zulassungsverordnung (FoVZV). Diese schreibt neben einer guten Vitalität auch einen überdurchschnittlichen Volumenzuwachs und eine überdurchschnittliche phänotypische Ausstattung vor.

Noch bedeutender als die flächen- und zahlenmäßige Unterrepräsentanz zugelassener SEB auf trockenen Standorten dürfte deren Unterrepräsentanz bei den tatsächlich durchgeführten Saatguternten sein. Da insgesamt nur ein relativ kleiner Teil der SEB regelmäßig beerntet wird, werden bei den kommerziellen Ernten die trockenen und sehr trockenen Standorte mit ihrer häufig geringeren Fruktifikation gar nicht oder nur sehr selten berücksichtigt.

Aufgrund der derzeitigen Beerntungsstrategien kann also davon ausgegangen werden, dass für Standorte mit erhöhtem

Trockenstressrisiko lediglich geringer angepasstes Material zur Verfügung steht. Dies kann zu hohen Ausfällen bei der Wiederbegründung von Waldflächen und – in der Folge – zu einem deutlichen wirtschaftlichen Minderertrag führen.

### Fazit

Über die gesamte Bandbreite des erblich bedingten Anpassungspotenzials unserer Eichenarten ist bislang nur sehr wenig bekannt. Sollten die Forschungsvorhaben der NW-FVA zu dem Ergebnis kommen, dass eine spezifische Anpassung an Trockenstandorte bereits erfolgt ist und das derzeit am Markt verfügbare Saatgut von überwiegend gut wasserversorgten Standorten hinsichtlich der erblich bedingten Trockenstresstoleranz nicht gut für Trockenstandorte geeignet ist, muss bei der Bereitstellung und Verwendung von Saatgut entsprechend reagiert werden. Denn die Verwendung von nur schlecht an Dürre- und Hitzeperioden angepasstem Vermehrungsgut erschwert nicht nur die künftige Wiederaufforstung von Waldbeständen, sondern hat womöglich auch zu deutlichen Vitalitätsschwächen in künstlich begründeten, älteren Eichenbeständen geführt. Solche Bestände stellen dann auch eine Eintrittspforte für weitere (biotische) Schädigungen dar, z. B. durch den Eichen-Prachtkäfer. Besonders in den schon jetzt trockenen Regionen sollten dann gezielt Saatguterntebestände identifiziert und zugelassen werden. Hierfür werden eine Anpassung gesetzlicher Rahmenbedingungen und die Änderung von Kriterien für die Zulassung von Saatguterntebeständen künftig dringend erforderlich. Auch bei den Herkunfts- und Verwendungsempfehlungen wird man den standörtlichen Aspekt des Trockenstresses dann differenziert berücksichtigen müssen.

### Literatur

- Bonfils P, Rigling A, Brändli UB, Brang P, Forster B, Engesser R, Gugerli F, Junod P, Müller R, Günthardt-Georg MS (2015): Die Eiche im Klimawandel – Zukunftschancen einer Baumart. Merkblatt für die Praxis. Eidg. Forschungsanstalt WSL Birmensdorf 55: 1-12.
- Gailing O, Budde KB, Müller M (2022): Veränderung genetischer Variationsmuster von Waldbäumen unter Gesichtspunkten des Klimawandels. *Allg. Forst- u. J.-Ztg* 192: 93-105.
- Höltken AM, Buschbom J, Kätzel R (2012): Die Artintegrität unserer heimischen Eichenarten *Quercus robur* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl. und *Q. pubescens* (Willd.) aus genetischer Sicht. *Allg. Forst- u. J.-Ztg* 5-6: 100-110.
- Höltken AM, Opfermann N, Fehrenz S (2023): Hybridisierung und genetische Introgression: Bedeutung für Waldbau, Forstpflanzenzüchtung und Naturschutz. In: Liesebach M (Hrsg.), Beiträge von Forstpflanzenzüchtung und Forstgenetik für den Wald von Morgen: 7. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 12. bis 14. September 2022 in Ahrensburg: Tagungsband, Thünen Report, Bd. 105. Braunschweig, S. 134–152.
- Kätzel R, Becker F, Schröder J, Glatthorn J, Höltken AM, Löffler S (2012): Flaum- und Zerr-Eiche in Brandenburg – Alternative Baumarten im Klimawandel? *Eberswalder Forstliche Schriftenreihe* 49: 23-36.
- Kätzel R, Becker F, Kanter G, Hlawati N, Löffler S (2019): Herkunftsversuche als Bewährungsprobe bei Witterungsextremen: Südosteuropäische Herkünfte der Trauben-Eiche (*Quercus petraea* MATT. LIEBL.) in Brandenburg – Eine erste Auswertung. In: Die Auswirkungen des Dürrejahres 2018 auf den Wald in Brandenburg. *Eberswalder Forstliche Schriftenreihe* Band 67. 115 S.