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

Mirko Liesebach (ed.)

Thünen Report 105

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliography; detailed bibliographic data is available on the Internet at www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.thuenen.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.thuenen.de

Zitationsvorschlag – *Suggested source citation:*
Liesebach M (ed.) (2023) 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. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 318 p, Thünen Rep 105, DOI:10.3220/REP1681451577000

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are responsible for the content of their publications.

THÜNEN

Thünen Report 105

Herausgeber/Redaktionsanschrift – Editor/address

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-report@thuenen.de
www.thuenen.de

ISSN 2196-2324
ISBN 978-3-86576-265-8
DOI:10.3220/REP1681451577000
urn:nbn:de:gbv:253-202304-dn066221-6

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

Mirko Liesebach (ed.)

Thünen Report 105

Mirko Liesebach (ed.)
Thünen-Institut für Forstgenetik
Sieker Landstr. 2
22927 Großhansdorf
Tel.: +49 4102 696156
E-Mail: mirko.liesebach@thuenen.de

Thünen Report 105

Braunschweig/Germany, April 2023

Wachstum der Roteiche (*Quercus rubra* L.) in zwei Herkunftsversuchsserien in Deutschland

JONATHAN M. KORMANN, MIRKO LIESEBACH, KATHARINA J. LIEPE

Zusammenfassung

Die Roteiche (*Quercus rubra* L.) hat ihr natürliches Verbreitungsgebiet in Nordamerika und ist in Deutschland die flächenmäßig bedeutendste eingebürgerte Laubbaumart. Aufgrund ihres hohen Wuchspotenzials sowie vielfältigen und hochwertigen Holznutzungsmöglichkeiten, ist sie im Rahmen des klimabedingten Waldumbaus eine potenzielle Alternative zur gezielten Einbringung als Mischbaumart. In Deutschland fehlt es derzeit jedoch an Praxisempfehlungen für die standortgerechte Wahl von angepasstem Vermehrungsgut. Insbesondere ein Vergleich zwischen Absaaten aus deutschen Beständen und solchen aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet fehlt, um die Frage nach der Relevanz zukünftiger Saatgutimporte zu beantworten. Zwei vom Thünen-Institut für Forstgenetik 1991 respektive 1993 angelegte Herkunftsversuche liefern Erkenntnisse über das Wuchsverhalten verschiedener Herkünfte aus Deutschland sowie aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet. Varianzanalytische Auswertungen der Grundfläche [m²/ha] beider Versuchsserien im Alter von 33 und 31 Jahren zeigen ein gleichwertiges oder besseres Wachstum deutscher Herkünfte gegenüber Herkünften aus dem südlichen, nördlichen und östlichen natürlichen Verbreitungsgebiet. Innerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes zeigen Herkünfte aus dem Norden eine höhere Wuchsleistung als südliche Herkünfte. Eine Leistungssteigerung gegenüber in Deutschland bereits etablierten Beständen kann durch einen Saatgutimport nicht erwartet werden. Die Ergebnisse legen nahe, dass die betrachteten deutschen Herkünfte nicht aus den untersuchten südlichen Regionen im natürlichen Verbreitungsgebiet stammen.

Abstract

Growth of Northern red oak (*Quercus rubra* L.) in two provenance trial series in Germany

The Northern Red Oak (*Quercus rubra* L.) has its natural distribution in North America and is currently the most common introduced deciduous tree species in Germany. Due to its high growth potential as well as its versatile and high-quality wood utilization possibilities, it is a potential alternative for forest restoration as a mixed tree species in the context of increasing temperatures. In Germany, however, there is currently a lack of practical recommendations for the site-specific selection of adapted reproductive material. In particular, a comparison between propagule from German stands and those from the natural distribution is missing so far to answer the question of the relevance of prospective seed imports. Two provenance trials, established by the Thünen Institute of Forest Genetics in 1991 and 1993, respectively, provide information on the growth behaviour of different provenances from Germany and from the natural distribution. Analysis of Variance of the basal area [m²/ha] of both trial series at age 33 and 31 show equivalent or better growth of German provenances compared to provenances from the southern, northern and eastern natural distribution. Within the natural distribution, provenances from the North show higher growth performance than southern provenances. An increase in growth by seed import compared to stands already established in Germany cannot be expected. The results suggest that the German provenances considered in the analysis do not originate from the examined southern regions in the natural distribution.

1 Einleitung

Die aus Nordamerika stammende Roteiche (*Quercus rubra* L.) wurde bereits 1691 in Europa als eine der ersten fremdländischen Eichenarten eingebürgert (GÖHRE und WAGENKNECHT 1955). Heute ist sie mit rund 350.000 ha eine wichtige Alternativbaumart in Europa (NICOLESCU et al. 2020) und mit 55.000 ha die flächenmäßig bedeutendste fremdländische Laubbaumart in Deutschland (BMEL 2022). Die Implementierung der Roteiche in das Wiederbewaldungskonzept NRW unterstreicht ihre Bedeutung im Hinblick auf klimastabile Mischwälder (MULNV 2020). Aufschwung erlangte die Roteiche aufgrund verschiedener positiver Eigenschaften. Den heimischen Eichenarten *Q. robur* und *Q. petraea* ist die Roteiche bis zu 20 % im Höhenwachstum und bis zu 50 % im Volumen überlegen (KLEMMT et al. 2013; SEIDEL und KENK 2003). Die Holzerlöse liegen zwar bis zu einem Drittel unter den Erlösen heimischer Eichen (SEIDEL und KENK 2003), dennoch ist das Holz der Roteiche hochwertig und vielseitig als Bauholz sowie im Möbel- und Innenausbau einsetzbar (GÖHRE und WAGENKNECHT 1955; NICOLESCU et al. 2020). Zusätzlich wurde die Roteiche aufgrund verschiedener positiver ökologischer Eigenschaften als anbauwürdig eingestuft (NAGEL 2015; OTTO 1993).

Bislang fehlt es an wissenschaftlich fundierten Anbauempfehlungen für geeignete Herkünfte und einem Vergleich zwischen Absaaten aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet mit jenen aus etablierten Beständen in Deutschland. Im Hinblick auf die Klimaänderungen (IPCC 2021) ist es nötig, Herkünfte zu identifizieren, die in Deutschland für den Anbau in trockeneren klimatischen Verhältnissen bezogen auf Wuchs- und Formparameter empfohlen werden können. Insbesondere vor dem Hintergrund des Waldumbaus sowie der damit verbundenen steigenden Nachfrage nach weiteren Saatgutimporten ist eine Praxisempfehlung anbauwürdiger Herkünfte wichtig. Ziel dieses Beitrags ist die Analyse von zwei Herkunftsversuchsserien, die 1991 bzw. 1993 vom Thünen-Institut für Forstgenetik mit Herkünften aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet und aus Deutschland angelegt wurden, um wuchsüberlegende Herkünfte zu identifizieren und in eine Empfehlung implementieren zu können. Einfache Varianzanalysen dienen der Untersuchung signifikanter Wuchsunterschiede zwischen Herkünften und zwischen Versuchsflächen. Als Maß für die Produktivität dient die Grundfläche [m²/ha] im Alter von 33 (erste Versuchsserie) bzw. 31 Jahren (zweite Versuchsserie).

2 Material und Methoden

Die Einsammlung des Saatgutes zur Anlage der ersten Herkunftsversuchsserie erfolgte 1988 in 14 ausgewählten Beständen im Norden und Süden des natürlichen Verbreitungsgebietes (Abb. 1). Parallel wurde Saatgut aus acht Erntebeständen in Deutschland beschafft, wobei die Herkunft Nr. 43 (Buckow, Brandenburg) ein Jahr später angezogen wurde. Hinzu kamen zwei Saatgutpartien aus Polen und den Niederlanden. Die Anlage der Versuchsflächen erfolgte im Frühjahr 1991 mit 2-jährigen Pflanzen als vollständige Blockanlage mit 4 Wiederholungen und einem Pflanzverband von 2,5 x 1,2 m. Die Parzellen bestehen aus je 6 Reihen mit jeweils 8 Individuen. Die Versuchsflächen liegen im nördlichen (Dunkelsdorf), östlichen (Waldsieversdorf) und mittleren Teil (Wächtersbach) Deutschlands (Abb. 1). Eine vierte Fläche im Westen musste aufgrund hoher Ausfallraten kurz nach der Anlage aufgegeben werden. Eine Übersicht der verwendeten Herkünfte sowie der Versuchsflächen der ersten Versuchsserie geben LIESEBACH und SCHNECK (2011).

Zwei Jahre später erfolgte die Anlage eines parallelen Herkunftsversuchs mit 10 Herkünften aus dem östlichen natürlichen Verbreitungsgebiet und 6 deutschen Herkünften (Abb. 1). Dabei wurden vier deutsche Herkünfte aus der ersten Versuchsserie (Nr. 33 Bremervörde, 38 Mörfelden, 40 Wiesloch und 41 Reutlingen) sowie zwei weitere aus Schleswig-Holstein (Nr. 1 Lübeck) und Sachsen (Nr. 21 Moritzburg) verwendet. Eine Übersicht über die in der zweiten Versuchsserie verwendeten Herkünften ist in Tabelle 1 einzusehen. Von den ursprünglich ebenfalls vier angelegten Parallelflächen sind derzeit noch die Flächen Nütschau (in räumlicher Nähe zur Fläche Dunkelsdorf der ersten Serie) und Eberswalde (in räumlicher Nähe zur Fläche Waldsieversdorf) auswertbar (Stand 2022). Die Anlage der Fläche Eberswalde erfolgte ebenfalls als vollständige Blockanlage mit drei Wiederholungen. Die Fläche Nütschau wurde mit 4 Wiederholungen angelegt, wobei die vierte Wiederholung nicht alle Herkünfte

enthält und in der Analyse nicht berücksichtigt wird. Die Parzellengröße und der Pflanzverband sind identisch zur ersten Serie. Eine Beschreibung der Versuchsflächen der zweiten Serie ist in Tabelle 2 aufgeführt.

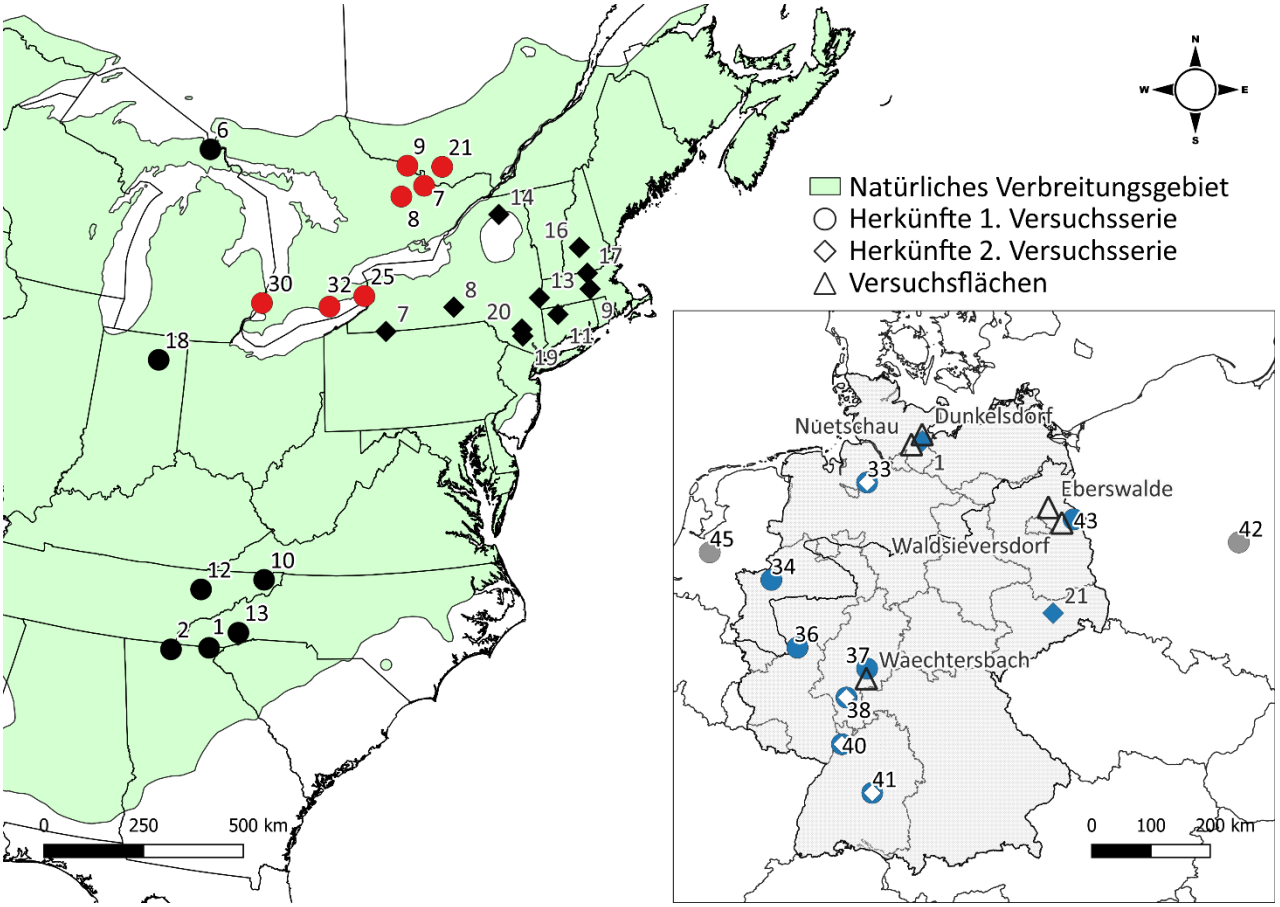

Abb. 4: Kartografische Darstellung der eingesammelten Herkünfte im natürlichen Verbeitungsgebiet (nach LITTLE 1971) und Europa. Herkünfte aus der 1. Versuchsserie (Kreis) werden farblich unterschieden zwischen Kanada (rot) und Vereinigte Staaten (schwarz). Herkünfte aus Deutschland (blau) und Europa (grau) sind ebenfalls kreisförmig dargestellt. Herkünfte aus der 2. Versuchsserie (Raute) liegen im östlichen natürlichen Verbeitungsgebiet (schwarz) und Deutschland (weiße Raute = doppelt verwendete Herkünfte). Die Lage der Versuchsflächen beider Serien ist mit schwarzen Dreiecken gekennzeichnet.

Tabelle 4: Übersicht der in der zweiten Versuchsserie von 1993 verwendeten Herkünfte. (Herkünfte der ersten Serie in LIESEBACH und SCHNECK (2011)).

Herkunfts-Nr.	Herkunft			Eberswalde	Nütschau
	Land*	Bundesstaat/-land	Bezeichnung		
1	DE	Schleswig-Holstein	Lübeck	x	x
21	DE	Sachsen	Moritzburg, Fasanerie	x	x
33	DE	Niedersachsen	Bremervörde	x	x
38	DE	Hessen	Mörfelden	x	x
40	DE	Baden-Württemberg	Wiesloch	x	x
41	DE	Baden-Württemberg	Reutlingen	x	x
7	US	Pennsylvania	Moshannon Clearfield	x	x
8	US	New York	Hammond Hill Tompkins	x	x
9	US	Massachusetts	Harvard Forest Worcester	x	x
11	US	Connecticut	Peoples State Litchfield	x	x
13	US	New York	Beebe Hill Columbia	x	x
14	US	Vermont	Colchester Bog Chittenden	x	x
16	US	New Hampshire	Barden Tree Farm Stafford	x	x
17	US	Massachusetts	Willard Brook	x	x
19	US	New Jersey	Ramapo Forest Bergen	x	x
20	US	New Jersey	Yawpaw Ramapo Forest	x	x

*DE = Deutschland; US = Vereinigte Staaten

Tabelle 5: Beschreibung der Versuchsflächen in der zweiten Herkunftsserie von 1993. (Flächen der ersten Serie in LIESEBACH und SCHNECK (2011)).

Versuchsfläche	Eberswalde	Nütschau
Forstamt	Landeswaldoberförsterei Chorin, Revier Schönholz	FBG*-Stormarn, LWK** Schleswig-Holstein
Temperatur [C°] Jahr (Veg.)	8,8 15,9	8,6 15,1
Niederschlag [mm] Jahr (Veg.)	557 284	713 327
Höhe [ü. NN]	50	20
Wuchsgebiet	10 - Ostmecklenburg-Nordbrandenburger Jungmoränenland	2 - Jungmoränenlandschaft Schleswig-Holstein
Wuchsbezirk	10.18 – Eberswalder Talabschnitt	2.03 – Oldesloer-Gadebuscher Grundmoräne
Boden	Sand mit Lehmbändern	Geschiebelehm
Anlagejahr	1993	1993
Herkünfte [Anzahl]	22	22
Wiederholungen	3	4 (4. unvollständig)
Breitengrad	52°47’39.71‘‘N	53°49’41.91‘‘N
Längengrad	13°43’45.89‘‘O	10°19’03.73‘‘O

*FBG = Forstbetriebsgemeinschaft; **LWK = Landwirtschaftskammer

Im Fokus der varianzanalytischen Auswertungen steht die Grundfläche [m²/ha] als Maß für die Produktivität einer jeden Herkunft. Die Grundfläche wurde aus dem auf allen Flächen im Alter von 33 bzw. 31 Jahren aufgenommenen BHD mit der Formel $G = \pi / 4 \times BHD^2$ auf Einzelbaumebene berechnet. Anschließend wurde die Grundfläche der Einzelbäume parzellenweise aufsummiert und auf den Hektar hochgerechnet, um so ein in der Praxis bekanntes Maß für die Produktivität einer Herkunft zu erhalten. Somit ist die Grundfläche [m²/ha] für jede Herkunft auf jeder Fläche bekannt. Eine einfache Varianzanalyse (ANOVA) auf Ebene der Versuchsserie sowie der Herkünfte getrennt nach Versuchsserien dient statistisch abgesicherten Unterschieden in der Produktivität und wurde mit Hilfe eines linearen Modells durchgeführt:

$$Y_{ij} = P_i + E_i + P_iE_j + E_jR_k + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} ist das betrachtete Wachstumsmerkmal (hier Grundfläche [m²/ha]) der Herkunft P_i auf der Versuchsfläche E_i. P_iE_j beschreibt die Interaktion zwischen der i-ten Herkunft (P) und j-ten Versuchsfläche (E) und E_jR_k den Effekt der k-ten Wiederholung (R) innerhalb der i-ten Versuchsfläche (E). Um einzelne Herkünfte mit einem überlegenen Wachstum zu identifizieren, wurden diese einzelflächenweise gegen den Mittelwert getestet (Analysis of Means) (PALLMANN und HOTHORN 2016). Mit der Funktion lme (PINHEIRO et al. 2022) wurde die Herkunft als fixer und die Wiederholung als zufälliger Effekt in einem *mixed effect model* modelliert. Für einen Vergleich zwischen den Flächen wurde die Grundfläche [m²/ha] einer jeden Herkunft ins Verhältnis zum Flächenmittel (= 100 %) gesetzt. Die Analyse erfolgte mit der Statistiksoftware R (R CORE TEAM 2022).

3 Ergebnisse

Die Varianzanalyse für die erste Versuchsserie zeigt signifikante Effekte für die Herkünfte ($p < 0.001$), Versuchsflächen ($p < 0.001$) sowie für die Herkunft-Umwelt-Interaktion ($p < 0.001$). Die höchste Variation liegt zwischen den Versuchsflächen (F-Wert = 91.217) und den Herkünften (F-Wert = 18.526) vor. Somit kann von einem Wuchsunterschied zwischen den Versuchsflächen und zwischen Herkünften ausgegangen werden. Dunkelsdorf hat die höchste mittlere Grundfläche (37 [m²/ha]) gefolgt von Wächtersbach (34 [m²/ha]) und Waldsieversdorf (23 [m²/ha]). In Abbildung 2 sind die relativen Abweichungen der Grundfläche [m²/ha] jeder Herkunft zum jeweiligen Flächenmittel (100 %) aufgeführt. Die Herkünfte sind farblich nach ihrer Herkunft unterteilt.

In Dunkelsdorf zeigen fünf der insgesamt acht deutschen Herkünfte (blau) sowie die niederländische Herkunft (grau) ein signifikant besseres Wachstum im Vergleich zum Flächenmittel. Hervorzuheben sind die Herkünfte Nr. 33 (Bremervörde) und 38 (Mörfelden), die eine um knapp 80 % höhere Produktivität haben als das Flächenmittel. Herkunft Nr. 43 schneidet als einzige deutsche Herkunft unterdurchschnittlich ab, was auf den einjährigen Altersunterschied zurückgeführt werden kann. Herkunft Nr. 36 (Brüggen, Bornheim), welche von der DKV (Gütegemeinschaft für forstliches Vermehrungsgut e.V.) als Sonderherkunft geführt wird, erreicht ein durchschnittliches Wachstum. Mit Ausnahme der Herkunft Nr. 12 (Nantahala), weisen Herkünfte aus den Vereinigten Staaten (schwarz) und aus Kanada (rot) ein unterdurchschnittliches Wachstum auf. Sechs der insgesamt neun Herkünfte aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet sind dabei signifikant vom Flächenmittel verschieden (Abb. 1).

Auf der Versuchsfläche Wächtersbach zeigen ebenfalls die Herkünfte Nr. 33 und 38 ein signifikant besseres Wachstum als das Flächenmittel. Die übrigen deutschen Herkünfte haben ein durch- bis überdurchschnittliches Wachstum, ebenso die Herkunft aus Polen. Herkünfte aus den Vereinigten Staaten haben ein unterdurchschnittliches Wachstum. Drei kanadische Herkünfte aus Ontario (Nr. 7, 30 und 32) zeigen ein durch- bis überdurchschnittliches Wachstum, jedoch keine Signifikanzen. Deutsche Herkünfte auf der Versuchsfläche Waldsieversdorf weisen wie auf den anderen Versuchsflächen ein durch- bis überdurchschnittliches Wachstum auf. Herkunft Nr. 38 zeigt auch auf dieser Fläche ein signifikant besseres Wachstum als das Flächenmittel.

Kanadische Herkünfte haben ebenfalls eine überdurchschnittliche Produktivität, während Herkünfte aus den Vereinigten Staaten größtenteils (signifikant) unterdurchschnittlich abschneiden.

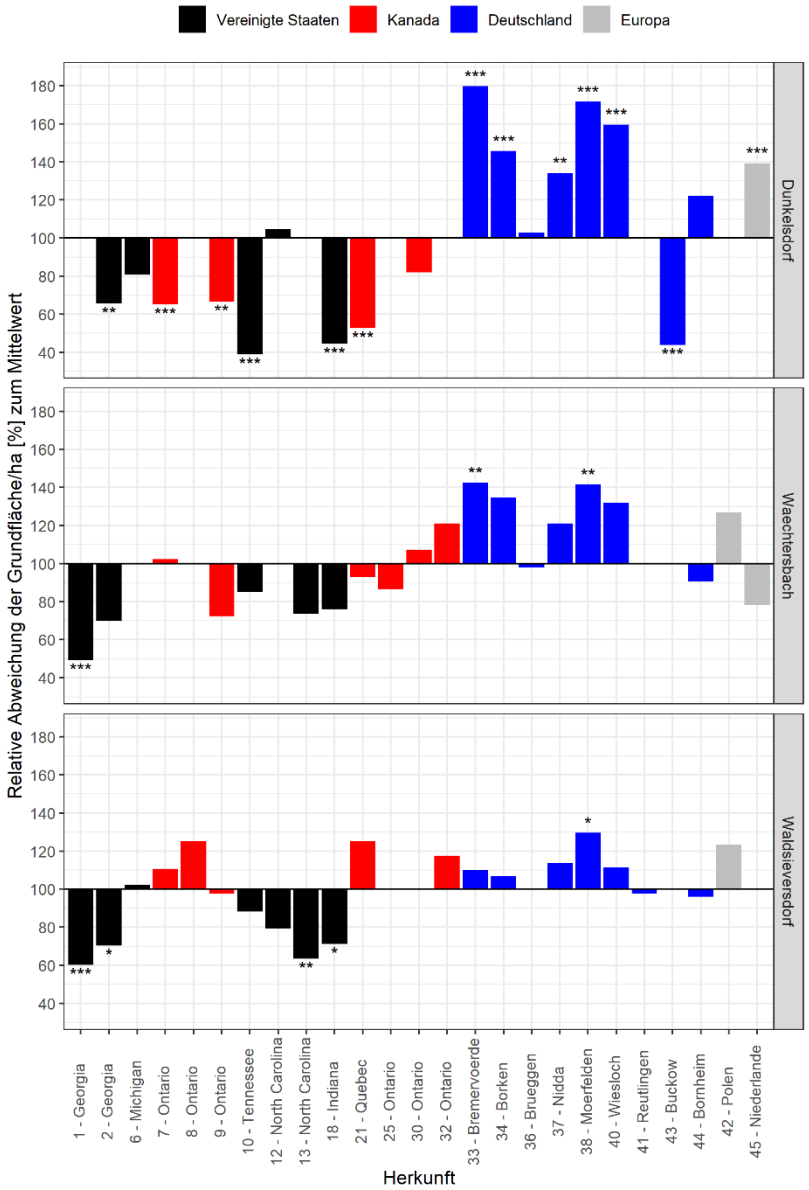

Abb. 5: Darstellung der relativen Abweichungen der Herkünfte zum Flächenmittel (100 %) getrennt nach Versuchsflächen der ersten Herkunftsserie. Die Herkünfte sind farblich nach ihrer Herkunftsregion unterteilt. Herkunft Nr. 43 (Buckow) ist ein Jahr jünger. (Signifikanzniveau: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$).

Insgesamt zeigen deutsche ein gleichwertiges bis überdurchschnittliches Wachstum im Vergleich zum Flächenmittel. Herkunft Nr. 33 und 38 zeigen auf zwei bzw. drei Versuchsflächen ein signifikant höheres Wachstum als das Mittel der jeweiligen Versuchsflächen. Während vier Herkünfte aus den Vereinigten Staaten ein unterdurchschnittliches Wachstum aufweisen, liegen die vier der Herkünfte aus Kanada in Waldsieversdorf über dem Flächenmittel.

Die Varianzanalyse der zweiten Serie weist ebenfalls einen signifikanten Unterschied zwischen den Versuchsflächen ($p < 0.001$) als auch zwischen den Herkünften ($p < 0.01$) aus. Die Versuchsfläche Nütschau

erreicht im Mittel eine fast dreimal höhere mittlere Grundfläche (35 [m²/ha]) als Eberswalde (13 [m²/ha]). Der Mittelwertvergleich auf der Ebene der Versuchsflächen zeigt in Eberswalde keine signifikanten Unterschiede der Herkünfte zum Flächenmittel. Dennoch zeigen sich bezogen auf die relativen Abweichungen vom Mittelwert Tendenzen mit einem gleichwertigen oder überdurchschnittlichen Wachstum deutscher Herkünfte (Abb. 3).

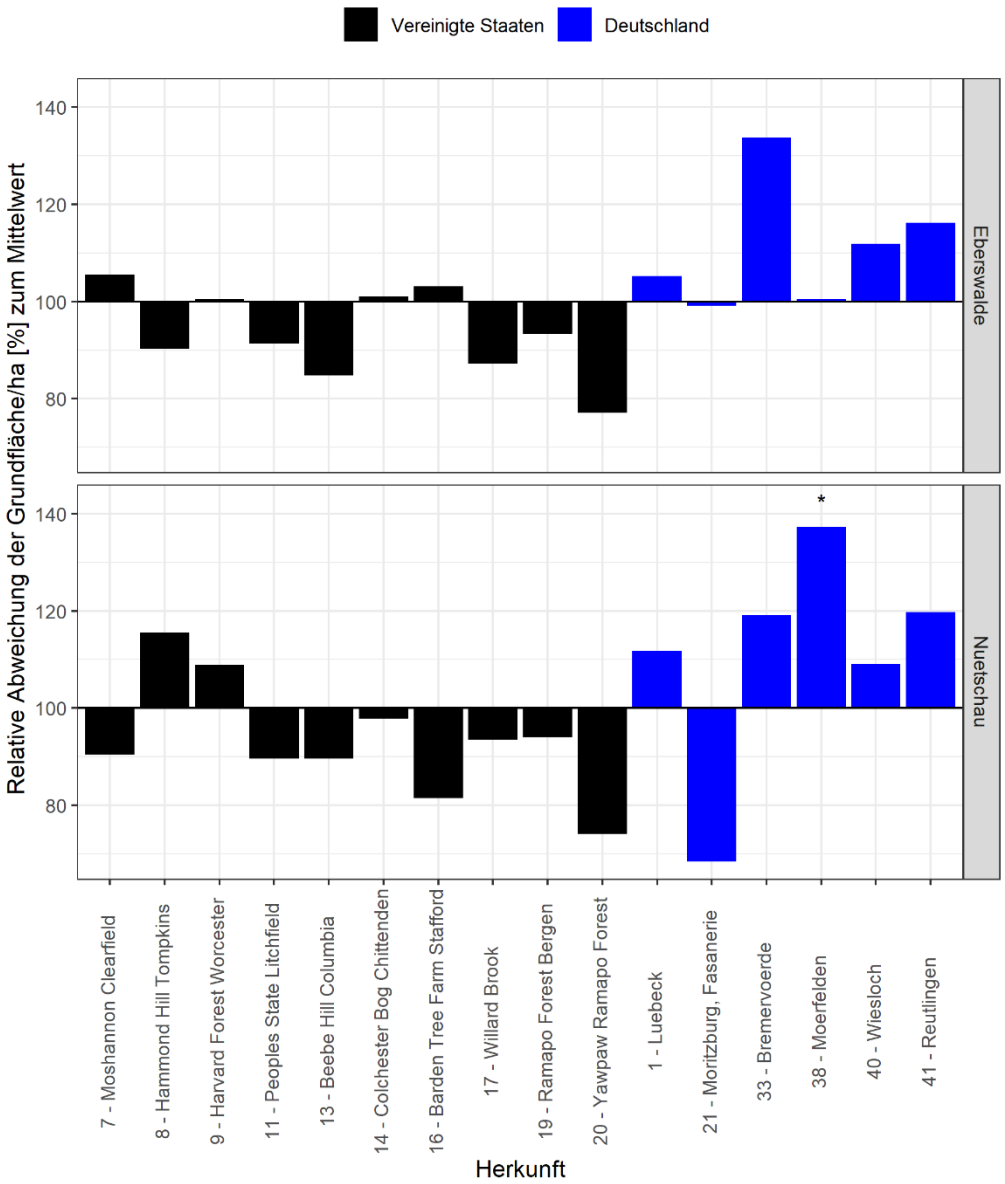

Abb. 6: Darstellung der realtiven Abweichungen der Herkünfte vom Flächenmittel (100 %) getrennt nach Versuchsflächen der zweiten Herkunftsserie. Die Herkünfte sind farblich nach ihrer Herkunftsregion unterteilt. Herkunft Nr. 38 ist signifikant vom Flächenmittel verschieden (* $p < 0.05$).

In Nütschau zeigt die Herkunft Nr. 38 eine signifikante relative Abweichung vom Flächenmittel. Die deutschen Herkünfte (blau) haben, bis auf die Herkunft Nr. 21 (Moritzburg, Sachsen) in Nütschau, ebenfalls ein durch- bis überdurchschnittliches Wachstum. Die Herkünfte Bremervörde (Nr. 33) und Mörfelden (Nr. 38) zeigen auch in der zweiten Serie das beste Wachstum auf der Fläche Nütschau, während Herkunft Nr. 38 in Eberswalde nur durchschnittlich abschneidet. Die nordamerikanischen Herkünfte unterscheiden sich nicht von den deutschen Herkünften, mit Ausnahme der Herkunft Nr. 38 in Nütschau ($p < 0{,}05$), da weiterhin keine Signifikanzen

festgestellt werden konnten. Die Ergebnisse der zweiten Versuchsserie zeigen ebenfalls eine überdurchschnittliche Produktivität der meisten deutschen Herkünfte und spiegeln die Ergebnisse der in der ersten Serie verwendeten deutschen Herkünfte wieder.

4 Diskussion

Die Wichtigkeit der Herkunftsforschung und der differenzierten Betrachtung verschiedener Herkünfte einer Art wird durch die signifikanten Wuchsunterschiede zwischen den Herkünften in diesem Beitrag bestätigt. Da *Q. rubra* sich mehrfach als anbauwürdig erwiesen hat (NAGEL 2015; NIELSEN 1956; OTTO 1993; SCHENCK 1939), ist die Wahl der Herkunft insbesondere vor dem Hintergrund des derzeitigen Waldumbaus im Hinblick auf klimastabile Mischwälder von größter Bedeutung (KÖLLING 2013; SÊHO und JANßEN 2019). Die Implementierung für den Anbau identifizierter Herkünfte aus Herkunftsversuchen in Verwendungs- und Herkunftsempfehlungen kann hier Abhilfe schaffen (LIESEBACH et al. 2021). Die identifizierten wuchsüberlegenen deutschen Herkünfte können für eine solche Empfehlung genutzt werden.

Erste Herkunftsversuche in Deutschland konnten bereits Unterschiede in der Wuchsleistung zwischen Herkünften feststellen mit der Folge, dass phänotypisch hervorragende deutsche Herkünfte als Reproduktionsmaterial empfohlen wurden (KRAHL-URBAN 1966). Die Wuchsüberlegenheit deutscher Herkünfte wurde ebenfalls von LIESEBACH und SCHNECK (2011) für Wachstumsmerkmale im Alter 10, 17 und 19 beschrieben. Da die gleichen Herkünfte auch in der zweiten Serie den meisten amerikanischen Herkünften im Wachstum überlegen sind, zeigen die Auswertungen eindeutige und konsistente Ergebnisse, die eine Verwendung von Saatgut aus deutschen Erntebeständen nahelegen. Die Beobachtung des standortspezifischen gleichwertigen Wachstums kanadischer und deutscher Herkünften wird ebenfalls von LIESEBACH und SCHNECK (2011) sowie GÖCKEDE (2010) nach der Auswertung eines vergleichbaren Herkunftsversuches in Schleswig-Holstein beschrieben. Neben der Grundfläche [m²/ha] im Alter von 33 bzw. 31 Jahren wurden weiterhin die Grundflächen [m²/ha] im Alter 29 (1. Serie) und Alter 24 (2. Serie) sowie die Höhen [m] im Alter 10 (1. Serie) und Alter 5 (2. Serie) ausgewertet (nicht dargestellt). Beide Merkmale zeigen in beiden Serien vergleichbare Ergebnisse bzw. Tendenzen und sichern die vorliegenden Erkenntnisse ab.

Die Unterschiede in der Wuchsleistung können neben Herkunfts- und Standortseffekten auch durch weitere Aspekte bedingt sein. Zum einen ist die Herkunft deutscher (ausgewählter) Erntebestände der Roteiche weitestgehend unbekannt (SÊHO und JANSEN 2019), sodass keine Rückschlüsse auf ihren Ursprung gezogen werden können. Es ist durchaus wahrscheinlich, dass die zu Beginn des 20. Jahrhunderts begründeten deutschen Bestände nur mit Importen eines Teilbereichs des natürlichen Verbreitungsgebietes bestockt wurden. So legt die Wuchsüberlegenheit deutscher Herkünfte insbesondere gegenüber südlichen Herkünften nahe, dass diese nicht aus dem Süden des natürlichen Verbreitungsgebiets kommen. Aufgrund des gleichwertigen Wuchsverhaltens kanadischer bzw. einzelner östlicher (2. Serie) gegenüber deutschen Herkünften, wäre eine Herkunft aus dem nördlichen Teil hingegen nicht auszuschließen. Genetische Untersuchungen, die die Herkunft deutscher Bestände auf den nördlichen Teil des natürlichen Verbreitungsgebietes eingrenzen (BORKOWSKI et al. 2017; MAGNI et al. 2005; MERCERON et al. 2017; PETTENKOFER et al. 2019), bestätigen dies. Darüber hinaus könnte damals bei der Wahl des Ausgangsmaterials ein kritisches Augenmerk auf genetisch gut veranlagte Bestände (Qualität und Wachstum) einen positiven Beitrag geleistet haben, lässt sich aber mangels schlüssiger Dokumentation der damaligen Einfuhren nicht nachweisen. Zum besseren Abschneiden der deutschen Herkünfte kann auch Selektion innerhalb der deutschen Erntebestände beigetragen haben. Zum einen neigt die Roteiche zu einer starken Selbstdifferenzierung (NAGEL 2015), bei der schwach wüchsigere Individuen unterdrückt werden, ausscheiden und bei der Reproduktion keinen Beitrag mehr leisten. Zum anderen ist eine forstwirtschaftlich gesteuerte Selektion (z.B. Z-Baum Förderung) hin zu besser veranlagten Beständen möglich.

5 Schlussfolgerung für die Praxis und Ausblick

Die Ergebnisse dieses Beitrages zeigen, dass Herkünfte aus deutschen Beständen ein gleichwertiges oder besseres Wachstum gegenüber Herkünften aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet aufweisen. Weiterhin haben Herkünfte aus Kanada tendenziell höhere Grundflächen als solche aus den Vereinigten Staaten, insbesondere auf der kontinental geprägten Versuchsfläche Waldsieversdorf. Die Ergebnisse der zweiten Serie bestätigen die Erkenntnisse der ersten Serie und zeigen, dass eine Leistungssteigerung von Herkünften aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet gegenüber deutschen Herkünften nicht erwartet werden kann. Dennoch ist ein Saatgutimport aus dem nordöstlichen natürlichen Verbreitungsgebiet vor dem Hintergrund der Anreicherung des Genpools nicht vollständig von der Hand zu weisen.

Über die hier vorgestellte flächenweise Betrachtung hinaus, wurde bereits eine Analyse von Herkunft-Umwelt-Interaktionen durchgeführt, die die bestehenden Wechselwirkungen zwischen Herkünften und Flächen quantifiziert (KORMANN et al. 2023). Diese ermöglicht eine differenzierte Einteilung zwischen Generalisten und Spezialisten, welche wiederum eine standortspezifische Erweiterung der Herkunftsauswahl möglich macht. Die identifizierten deutschen Herkünfte mit einem überlegenen Wachstum sollen in Herkunftsempfehlungen implementiert werden.

Den abschließenden Schritt der umfassenden Bewertung der vorgestellten Roteichenversuche bildet die Reaktion ausgewählter Herkünfte auf episodischen Trockenstress. Dafür werden aktuell Jahrringanalysen durchgeführt. Die Quantifizierung verschiedener Kenngrößen wie Resilienz, Erholung oder Resistenz (LLORET et al. 2011) soll trockenstresstolerante Herkünfte identifizieren. Auf Grundlage der dabei gewonnen Erkenntnisse werden Plusbäume ausgewählt und vegetativ vermehrt, um mittelfristig eine Samenplantage zur Erzeugung von hochwertigem Vermehrungsgut anzulegen.

Dank

Das Teilvorhaben 3 des Projektes „RubraSelect“ wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschan Bundestagesim Rhamen der Förderrichtlinie „Waldklimafonds“ gefördert. Es wird durch den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) im Rahmen der Förderrichtlinie Waldklimafonds (Fkz: 2220WK03C4) betreut.

Referenzen

BMEL (2022): Dritte Bundeswaldinventur 2012 [WWW Document]. URL https://www.bundeswaldinventur.de/dritte-bundeswaldinventur-2012/lebensraum-wald-mehr-biologische-vielfalt-im-wald/fichte-kiefer-buche-eiche-haeufigste-baumarten (Aufruf: 09.11.2022).

BORKOWSKI DS, HOBAN SM, CHATWIN W, ROMERO-SEVERSON J (2017): Rangewide population differentiation and population substructure in *Quercus rubra* L. Tree Genet. Genomes 13: 1–11. https://doi.org/10.1007/s11295-017-1148-6.

GÖCKEDE J (2010): Wuchsleistungen verschiedener Roteichen-Herkünfte in Nordwest-Deutschland. Georg-August-Universität Göttingen. Masterarbeit.

GÖHRE K, WAGENKNECHT E (1955): Die Roteiche und ihr Holz. Deutscher Bauernverlag, Berlin.

IPCC (2021): Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE V, ZHAI P, PIRANI A, CONNORS SL, PÉAN C, BERGER S, CAUD N, CHEN Y, GOLDFARB L, GOMIS MI, HUANG M, LEITZELL K, LONNOY E, MATTHEWS JBR, MAYCOCK TK, WATERFIELD T, YELEKÇI O, YU R, ZHOU B (eds.), Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 41 S.

KLEMMT H-J, NEUBERT M, FALK W (2013): Das Wachstum der Roteiche im Vergleich zu den einheimischen Eichen. LWF aktuell 97: 28–31.

KÖLLING C (2013): Nichtheimische Baumarten – Alternativen im klimagerechten Waldumbau ? LWF aktuell 96: 4–11.

KORMANN JM, LIESEBACH M, LIEPE KJ (2023): Provenances from introduced stands of Northern Red Oak (*Quercus rubra* L.) outperform those from the natural distribution. Forest Ecol Manag 531: 120803, DOI:10.1016/j.foreco.2023.120803

KRAHL-URBAN J (1966): Vorläufige Ergebnisse eines Roteichen Provenienzversuches. AFJZ 137: 91–100.

LIESEBACH M, SCHNECK V (2011): Entwicklung von amerikanischen und europäischen Herkünften der Roteiche in Deutschland. Forstarchiv 82: 125–133. https://doi.org/10.4432/0300-4112-82-125

LIESEBACH M, WOLF H, BEEZ J, DEGEN B, ERLEY M, HAVERKAMP M, JANßEN A, KÄTZEL R, KAHLERT K, KLEINSCHMIT J, LEMMEN P, PAUL M, VOTH W (2021): Identifizierung von für Deutschland relevanten Baumarten im Klimawandel und länderübergreifendes Konzept zur Anlage von Vergleichsanbauten: Empfehlungen der Bund-Länder-Arbeitsgruppe "Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht" zu den Arbeitsaufträgen. Thünen Working Paper 172.

LITTLE ELJ (1971): Atlas of the United States trees. Volume 1. Conifers and important hardwoods. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington D.C.

LLORET F, KEELING EG, SALA A (2011): Components of tree resilience: Effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. Oikos 120: 1909–1920. https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.19372.x

MAGNI CR, DUCOUSSO A, CARON H, PETIT RJ, KREMER A (2005): Chloroplast DNA variation of Quercus rubra L. in North America and comparison with other Fagaceae. Mol. Ecol. 14: 513–524. https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02400.x

MERCERON NR, LEROY T, CHANCEREL E, ROMERO-SEVERSON J, BORKOWSKI DS, DUCOUSSO A, MONTY A, PORTÉ AJ, KREMER A (2017): Back to America: Tracking the origin of European introduced populations of Quercus rubra L. Genome 60: 778–790. https://doi.org/10.1139/gen-2016-0187.

MULNV (2020): Wiederbewaldungskonzept Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Aachen. 118 S.

NAGEL R-V (2015): Roteiche (Quercus rubra L.). . 219–267. In: VOR T, SPELLMANN H, BOLTE A, AMMER C (eds.): Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten. Universitätsverlag Göttingen, Göttingen.

NICOLESCU VN, VOR T, MASON WL, BASTIEN JC, BRUS R, HENIN JM, KUPKA I, LAVNYY V, LAPORTA N, MOHREN F, PETKOVA K, RÉDEI K, STEFANCIK I, WASIK R, PERIC S, HERNEA C (2020): Ecology and management of northern red oak (*Quercus rubra* L. syn. *Q. borealis* F. Michx.) in Europe: A review. Forestry 15: 481–494. https://doi.org/10.1093/forestry/cpy032.

NIELSEN PC (1956): Beobachtungen in amerikanischen und europäischen Roteichenbeständen. AFZ Jg. (45/46): 596–598.

OTTO H-J (1993): Fremdländische Baumarten in der Waldbauplanung. Forst und Holz 48: 454–456.

PALLMANN P, HOTHORN LA (2016): Analysis of means: a generalized approach using R. J. Appl. Stat. 43: 1541–1560. https://doi.org/10.1080/02664763.2015.1117584.

PETTENKOFER T, BURKARDT K, AMMER C, VOR T, FINKELDEY R, MÜLLER M, KRUTOVSKY K, VORNAM B, LEINEMANN L, GAILING O (2019): Genetic diversity and differentiation of introduced red oak (*Quercus rubra*) in Germany in comparison with reference native North American populations. Eur. J. For. Res. 138: 275–285. https://doi.org/10.1007/s10342-019-01167-5.

PINHEIRO J, BATES D, R CORE TEAM (2022): Linear and Nonlinear Mixed Effects Models.

R CORE TEAM (2022): A Language and Environment for Statistical Computing.

SCHENCK CA (1939): Fremdländische Wald- und Parkbäume, III: Band. Paul Parey, Berlin.

SÊHO M, JANßEN A (2019): Alternativbaumarten im Klimawandel. LWF aktuell 123: 19–22.

SEIDEL J, KENK G (2003): Wachstum und Wertleistung der Eichenarten in Baden-Württemberg. AFZ-DerWald 58: 28–31.

Autorin und Autoren

JONATHAN M. KORMANN, MIRKO LIESEBACH, KATHARINA J. LIEPE
Thünen-Institut für Forstgenetik, Sieker Landstraße 2, 22927 Großhansdorf
Kontakt: jonthan.kormann@thuenen.de