



Neue Perspektiven bei der Roteiche

Die Roteiche ist in den heimischen Wäldern etabliert und gilt als eine klimatolerante alternative Mischbaumart für den Waldumbau. Jedoch fehlt es bislang an fundierten Kenntnissen über Wuchsunterschiede und die herkunftsspezifische Reaktion auf kurz- und langfristige Klimaschwankungen. Daher wurden Roteichenherkünfte umfassend ertragskundlich, dendroökologisch und holzanatomisch untersucht, um geeignete Herkünfte für die Erzeugung von hochwertigem forstlichen Vermehrungsgut unter Berücksichtigung steigender Klimaextreme zu identifizieren.

TEXT: JONATHAN M. KORMANN, KATHARINA J. LIEPE, MIRKO LIESEBACH, MARIEKE VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, ERNST VAN DER MAATEN

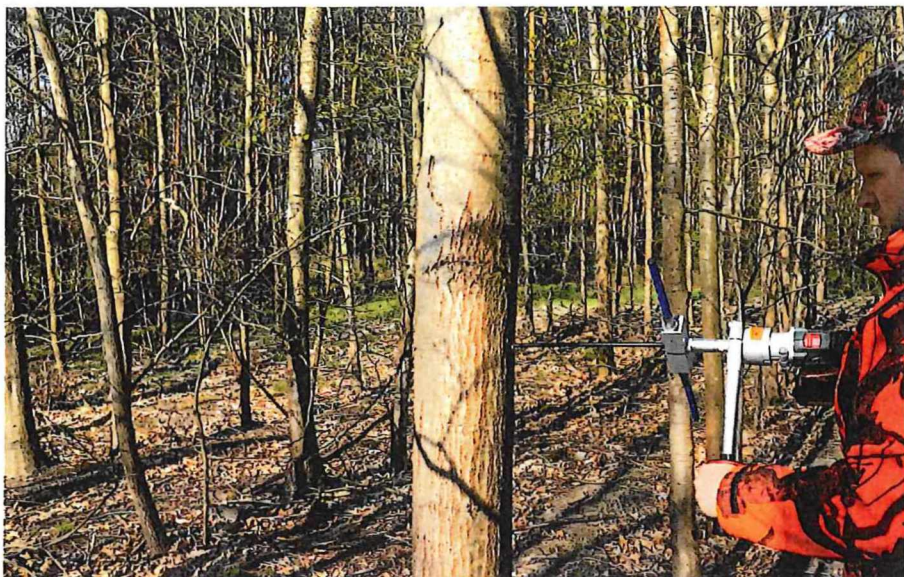


Foto: J. M. Kormann

Abb. 1: Entnahme eines Bohrkerns auf einer Versuchsfläche

in anpassungsrelevanten Merkmalen durch einen möglichen Saatgutimport aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet nicht ausreichend beantwortet. Daher beschäftigte sich das Thünen-Institut für Forstgenetik in Zusammenarbeit mit der Professur für Waldwachstum und Produktion von Holzbiomasse der TU Dresden mit der Frage nach potenziellen Herkunftsunterschieden im Wachstum und der Reaktion auf Klimaschwankungen und Extremereignissen unter Berücksichtigung steigender Temperaturen und veränderten Niederschlagsregimen. Der Fokus lag auf der Bewertung anpassungsrelevanter Merkmale zur Identifizierung ge-

Die in Nordamerika beheimatete Roteiche (*Quercus rubra*) ist derzeit die flächenmäßig bedeutendste fremdländische Laubbaumart in Deutschland (0,6 %) [1] und wurde von der „Baum des Jahres - Dr. Silvius Wodarz Stiftung“ als Baum des Jahres 2025 ausgerufen. Sie gilt als eine klimatolerante Alternative und Hoffnungsträger für den Waldumbau hin zu klimastabilen Mischwäldern. Dies begründet sich auf ihrer hohen Wuchsleistung, einer vielseitigen Holzverwendung sowie einer hohen Widerstands- und Anpassungsfähigkeit [2, 3].

Trotz der vergleichsweise langen Anbauerfahrung als nicht heimische Baumart gibt es innerhalb der etablierten Roteichenbestände in Deutschland bisher wenige Erkenntnisse über Wachstumsunterschiede oder die Reaktion auf Klimaschwankungen insbesondere auf

Herkunftsebene. Angesichts steigender Temperaturen und veränderter Niederschlagsmuster sind diese Informationen entscheidend, um wissenschaftlich fundierte Herkunfts- bzw. Verwendungsempfehlungen zu geben. Sie sind außerdem unerlässlich für die Erzeugung und Bereitstellung hochwertigen forstlichen Vermehrungsgutes für die Praxis.

Bisher liegen für die Roteiche wenige vergleichende ertragskundliche Ergebnisse über eingeführte Herkünfte aus Deutschland und Herkünften aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet vor, die den in Deutschland etablierten Herkünften ein überlegenes Wachstum bescheinigen [4, 5]. Eine Untersuchung der Reaktion auf kurz- und langfristige Klimaschwankungen fehlt bislang und ebenso ist die Frage nach einer potenziellen Leistungssteigerung

Schneller ÜBERBLICK

- » Trotz langer Anbauerfahrung fehlt es an Herkunftsforschung bei der Roteiche
- » Ertragskundliche, dendroökologische und holzanatomische Untersuchungen identifizieren geeignete Herkünfte für den Waldumbau
- » Herkünfte aus Deutschland zeigen eine Überlegenheit in anpassungsrelevanten Merkmalen, verglichen mit solchen aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet
- » Insgesamt reagieren die Herkünfte sehr plastisch auf die vorherrschenden Standortbedingungen

„In Deutschland etablierte Herkünfte sind denen aus Nordamerika in anpassungsrelevanten Merkmalen überlegen.“

JONATHAN M. KORMANN

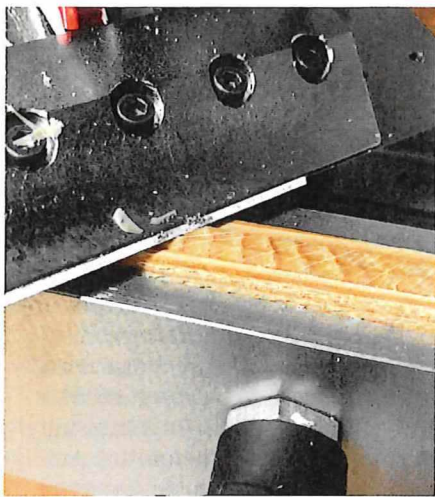


Foto: J. M. Kormann

Abb. 2: Mit dem Mikrotom werden die Bohrkern planar geschnitten.

eigneter und zukunftssicherer Saatgutquellen für eine anpassungsfähige Waldwirtschaft. Die Bearbeitung der Fragestellungen erfolgte innerhalb des Verbundvorhabens „RubraSelect“ (Fkz: 2220WK03C4) im Rahmen der Förderrichtlinie Waldklimafonds mit dem Ziel der Auslese und Charakterisierung von hochwertigem und klimaangepasstem Vermehrungsgut der Roteiche.

Herkünfte der Roteiche im Vergleich

Herkunftsversuche bieten großes Potenzial, um die Anpassbarkeit verschiedener Herkünfte einer Art an spezifische Umweltbedingungen zu beurteilen. Dabei werden Individuen verschiedener Herkünfte auf unterschiedliche Standorte in einem speziellen experimentellen Design ausgepflanzt und über viele Jahre beobachtet. Ein im Jahre 1991 angelegter Herkunftsversuch mit Roteiche auf drei Standorten im Norden (Dunkelsdorf), Osten (Waldsiefersdorf) und der Mitte (Wächtersbach) Deutschlands dient als Datengrundlage zur Bewertung von insgesamt zwölf ausgewählten Herkünften (Tab. 1). Von diesen Herkünften stammen sechs aus deutschen Erntebeständen sowie jeweils drei aus Beständen in Kanada und den Vereinigten Staaten.

Die Aufnahme von ertragskundlichen Daten wie Durchmesser oder Höhe in einem Herkunftsversuch dienen der Quantifizierung des Wuchspotenzials auf dem jeweiligen Standort sowie dem Vergleich zwischen Herkünften. Dieser Vergleich kann wertvolle Erkenntnisse über die Eignung einer Herkunft unter bestimmten Umweltbedingungen liefern.

Die Quantifizierung von Wachstumsunterschieden zwischen den Roteichenherkünften erfolgte anhand der Grundfläche [m^2/ha], die für jede Herkunft ausgehend von Brusthöhendurchmessern berechnet wurde. Die Betrachtung der Grundfläche einer Herkunft über drei Standorte ermöglichte zudem die Analyse von Herkunft-Umwelt-Interaktionen, d. h. eine standortabhängige Stabilitätsklassifikation im Wachstum, die eine Ausweisung von Herkünften in Generalisten mit einem standortunabhängigen oder Spezialisten mit einem standortabhängigen Wachstum zulässt.

Die Informationen über das standortspezifische gute oder schlechte Wachstum ermöglichen eine detaillierte Bewertung einzelner Herkünfte unter Berücksichtigung der vorherrschenden Umweltbedingungen und können somit zu einer Verbesserung von Herkunfts- bzw. Verwendungsempfehlungen beitragen. Neben dem Wachstum wurden Qualitätsparameter ausgewertet, die in

Beschreibung der Flächen und Herkünfte

Tab. 1: Geografische und klimatische Beschreibung der Flächen und der zwölf untersuchten Herkünfte aus einem Herkunftsversuch in Deutschland

Versuchsfläche	Land*	Breitengrad	Längengrad	Höhe [NN]	Jahresmitteltemperatur [°C]	Niederschlag [mm]
Wächtersbach (HE)	DE	50,27° N	09,15° O	330	9,3	862
Dunkelsdorf (SH)	DE	53,97° N	10,60° O	50	9,2	758
Waldsiefersdorf (BB)	DE	52,54° N	14,03° O	80	9,7	586
Herkunft						
P2: Chattahoochee (Georgia)	US	34,87° N	84,42° W	850	14,1	1.849
P10: Cherokee (Tennessee)	US	36,45° N	82,17° W	730	12,0	1.311
P18: Anderson (Indiana)	US	41,17° N	85,67° W	260	10,7	1.030
P7: Constance Bay (Ontario)	CA	45,50° N	76,08° W	260	6,2	875
P9: Atomic Energy (Ontario)	CA	46,05° N	77,37° W	180	4,4	934
P21: Plaines de Kazabazua (Ontario)	CA	45,93° N	76,10° W	210	6,0	897
P33: Bremervörde (NI)	DE	53,25° N	09,18° O	30	9,6	736
P34: Borken (NW)	DE	51,75° N	06,83° O	40	11,0	799
P37: Nidda (HE)	DE	50,42° N	09,17° O	240	10,2	656
P38: Mörfelden (HE)	DE	49,98° N	08,68° O	85	11,2	600
P40: Wiesloch (BW)	DE	49,27° N	08,58° O	190	10,9	674
P44: Bornheim (NW)	DE	50,73° N	07,50° O	60	11,1	747

* CA = Kanada, DE = Deutschland, US = Vereinigte Staaten

diesem Beitrag als Anteil guter Stammformen berücksichtigt werden.

Um den Einfluss langfristiger lokaler Klimaschwankungen und die Reaktion auf Extremjahre wie Trockenheit oder Spätfrost zu bestimmen, können spezifische Merkmale wie die Jahrringbreite untersucht werden. Diese Untersuchungen sind Teil dendroökologischer Studien, durch die Herkünfte im Hinblick auf ihre Toleranz gegenüber Klimaschwankungen miteinander verglichen und bewertet werden können.

Für die Untersuchung der Roteichenherkünfte erfolgte die Entnahme von jeweils zwei Bohrkernen an 16 Bäumen der herrschenden Schicht (Abb. 1). Die Bohrkern wurden anschließend präpariert (Abb. 2), digitalisiert und vermessen (Abb. 3 und 4). Für die Beurteilung der Klimasensitivität wurden die Zeitreihen der Jahrringbreiten trendbereinigt, um das Klimasignal zu maximieren. Anschließend konnten die indextierten Jahrringserien mit verschiedenen Klimaparametern mit monatlicher Auflösung korreliert werden, um den Einfluss langfristiger Klimaschwankungen auf das Baumwachstum zu bestimmen. Weiterhin lag ein wesentlicher Fokus auf der Reaktion im Durchmesserzuwachs auf ausgewählte Extremereignisse mit Trocken-



Abb. 4: Digitalisierung und Vermessen der Bohrkern im Screenshot

Foto: J. M. Kormann

heit oder einem Spätfrostereignis im Mai. Mit Hilfe der Berechnung von relativen Wachstumsänderungen im ausgewählten Extremjahr verglichen mit dem vorherigen Jahr [6], kann die klimatische Toleranz einer Herkunft abgeleitet und verglichen werden.

Neben der Zuwachsreaktion liefert auch die Differenzierung in holzanatomischen



Abb. 3: Digitalisierung und Vermessen der Bohrkern im Labor

Foto: J. M. Kormann

Merkmale eine wesentliche Erklärung für die Toleranz gegenüber klimatischen Einflussfaktoren. Nach einer entsprechenden Präparation der Bohrkern wurden daher Gefäßmerkmale wie der Gefäßdurchmesser zur Abschätzung des hydraulischen Leitungssystems sowie der Anfälligkeit gegenüber trockenheits- oder frostinduzierten Embolien vermessen und ausgewertet. Da die Bildung von Gefäßen wesentlich von den klimatischen saisonalen Schwankungen abhängt, lag ein besonderer Fokus auf dem Umwelteinfluss des jeweiligen Standortes auf die Gefäßbildung und -ausprägung.

Vergleich und Bewertung von Herkunftsmerkmalen

Die deutlichen Wachstumsunterschiede zwischen den analysierten Herkünften zeigen eine starke Abhängigkeit vom jeweiligen Standort, die zu signifikanten Rangverschiebungen zwischen den Herkünften führt. Diese Herkunft-Umwelt-Interaktionen ermöglichen die Identifizierung von Generalisten mit einem standortunabhängigen Wachstum, und Spezialisten mit einem standortabhängigen Wachstum. Diese Stabilitätsklassifikation liefert weitere Informationen über die Anbaueignung einer Herkunft, was zu einer Verbesserung bestehender Empfehlungen führen kann.

Für eine umfassende Beurteilung der Herkünfte in den betrachteten anpassungsrelevanten Merkmalen wurden die standortspezifischen Herkunftsmittel für einen Vergleich standardisiert und in Radar Charts visualisiert (Abb. 5). Negative Werte zeigen eine unterdurchschnittliche Leistung

in dem jeweiligen Merkmal, während positive Werte eine überdurchschnittliche Leistung angeben. Die Linien repräsentieren die Merkmalsausprägung auf dem jeweiligen Standort.

Zum Beispiel zeigt die Herkunft P2 aus den Vereinigten Staaten eine unter- bis durchschnittliche Leistung in der Grundfläche bzw. der Jahrringbreite, wobei das Wachstum am höchsten in Dunkelsdorf ist (Abb. 5). Hier finden sich auch die höchsten Anteile an guten Stammformen. In den weiteren Merkmalen (Überleben, Toleranz gegenüber Trockenheit und Spätfrost sowie Gefäßdurchmesser) schneidet diese Herkunft standortsübergreifend durchschnittlich bis unterdurchschnittlich ab.

Auch die beiden anderen Herkünfte aus den Vereinigten Staaten (P10 und P18) zeigen eine überwiegend unterdurchschnittliche Leistung in den dargestellten Merkmalen. Insbesondere die Grundfläche und die Jahrringbreite bescheinigen diesen Herkünften ein unterdurchschnittliches Wachstum auf allen drei Standorten. Auch die Toleranz gegenüber Trockenheit und Spätfrost liegt unter dem jeweiligen Flächenmittel. Aufgrund der schlechten Merkmalsausprägungen kommen Herkünfte aus dem südlichen Bereich des natürlichen Verbreitungsgebietes für einen Anbau in Deutschland nicht in Frage.

Im Gegensatz dazu zeigen Herkünfte aus Kanada eine spezialisierte Merkmalsausprägung auf dem kontinental geprägten Standort Waldsieversdorf insbesondere im Wachstum. Weiterhin weisen diese Herkünfte die höchste Trockenstresstoleranz auf allen drei Standorten auf. Angesichts zunehmender Trockenheit durch steigende Temperaturen scheint es deshalb vielversprechend, die genetische Diversität durch eine gezielte Einführung unter ähnlichen Standortbedingungen zu erhöhen.

Herkünfte aus deutschen Beständen hingegen zeigen eine überdurchschnittliche Ausprägung in nahezu allen Merkmalen auf allen drei Standorten. Somit können diese Herkünfte als gute Generalisten in bestehenden Herkunftsempfehlungen ergänzt werden. Vor allem die höheren Wachstumsleistungen, besseren Stammformen sowie eine generell hohe Toleranz ge-

genüber klimatischen Extremen zeichnen diese Herkünfte aus. Die Toleranz gegenüber Trockenheit ist marginal (nicht signifikant) niedriger verglichen mit den langsam wachsenden Herkünften.

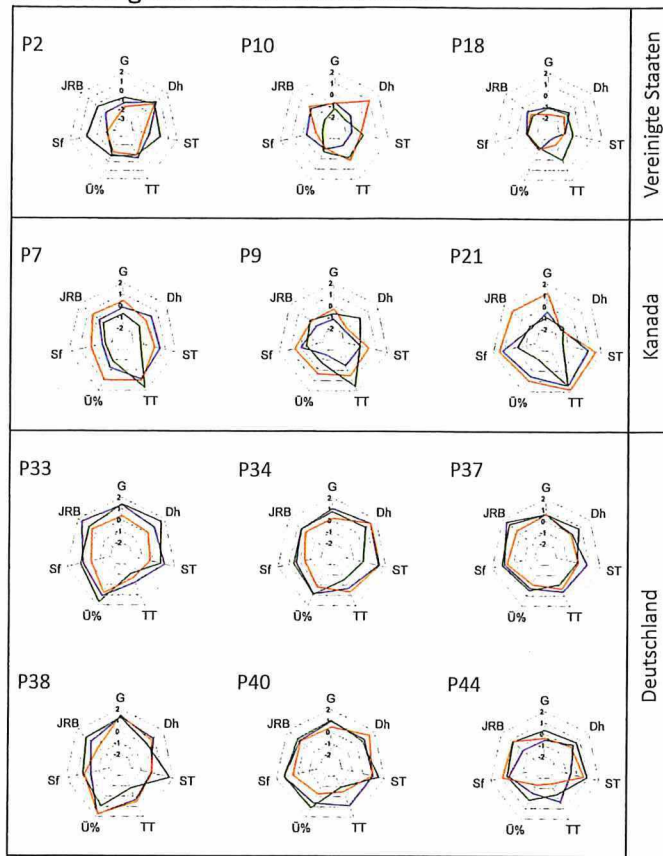
Die dendroökologische Untersuchungen konnten eine herkunftsübergreifende Sensitivität im Wachstum auf Sommertrockenheit sowie auf den Einfluss der Frühjahrs-temperaturen identifizieren. Dabei erhöhte sich die Sensitivität in Abhängigkeit der Standortbedingungen mit der höchsten Abhängigkeit des Wachstums auf die Wasserverfügbarkeit im Sommer auf dem trockenen Standort. Auch die Reaktion in holz-anatomischen Merkmalen zeigte eine hohe phänotypische Plastizität, d. h. eine standortspezifische Merkmalsausprägung, die eine Anpassung an die jeweiligen vorherrschenden Umweltbedingungen begünstigt, was die breite Standortamplitude dieser Baumart unterstreicht.

Im Gegensatz dazu konnten keine Signale lokaler Anpassung nachgewiesen werden. Ähnliche Ergebnisse wurden im natürlichen Verbreitungsgebiet nachgewiesen [8, 9]. Dennoch gibt es Hinweise auf bereits stattgefunden Selektionsprozesse, die sich durch ein unterschiedliches Austriebsverhalten erklären lassen [10]. So zeigen Herkünfte, die seit mindestens einer Generation in Deutschland wachsen, ein intermediäres Austriebsverhalten.

Literaturhinweise:

Download des Literaturverzeichnisses in der digitalen Ausgabe von AFZ-DerWald (<https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald>) sowie unter: www.forstpraxis.de/downloads

Bewertung eines Herkunftsversuchs



Wächtersbach — Dunkelsdorf — Waldsieversdorf —

Abb. 5: Gesamtheitliche Bewertung von zwölf Herkünften auf drei Flächen eines Herkunftsversuchs (blau = Wächtersbach; grün = Dunkelsdorf; orange = Waldsieversdorf). Dazu wurden die anpassungsrelevanten Merkmale [G = Grundfläche; JRB = Jahrringbreite; Sf = Stammform; Ü% = Überleben; TT = Trockenheitstoleranz; ST = Spätfrosttoleranz; Dh = Gefäßdurchmesser; verändert nach Kormann [7)] standardisiert.

Dem gegenüber waren früh austreibende kanadische Herkünfte stärker von Spätfrost betroffen, während später austreibende Herkünfte aus den Vereinigten Staaten vermehrt von einem Rindenbranderreger befallen wurden. Da der Austrieb einer starken genetischen Kontrolle unterliegt und ein sehr sensibles Merkmal ist [11], lässt das intermediäre Austriebsverhalten der deutschen Herkünfte darauf schließen, dass früh und spät austreibende Individuen bereits durch vergleichbare selektive Prozesse nicht überlebt haben.

Perspektiven für die Forstwirtschaft

Die Ergebnisse zeigen nicht nur eine deutliche Überlegenheit in anpassungsrelevanten Merkmalen von Herkünften aus Deutschland gegenüber

solchen aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet, sondern heben die breite Standortamplitude sowie eine generell hohe Klimaplastizität dieser Baumart hervor. Diese Eigenschaften lassen eine Empfehlung zur gezielten Einbringung als risikoarme Mischbaumart mit einem breiten Verwendungsspektrum beispielsweise als Waldbrandriegel zu.

Roteichenbestände in Deutschland sollten als Saatgutquelle favorisiert werden, wobei Studien zur genetischen Einengung keinen Einwand gegen diese Empfehlung bieten [12, 13]. Die Frage eines Vergleichs von Herkünften aus Deutschland und Europa, insbesondere aus südlicheren Regionen, bleibt offen.

Die auf Basis des umfassenden Herkunftsvergleichs erfolgte Einteilung in Generalisten und Spezialisten kann direkt in die Verbesserung von Herkunftsempfehlungen einfließen, die wiederum eine gezielte Saatgutbereitstellung gewährleisten. Schlussendlich leistet dieses einen Beitrag zur Erhöhung der Resilienz heimischer Wälder und damit zur nachhaltigen Sicherung aller Waldfunktionen.



Dr. Jonathan M. Kormann

jonathan.kormann@thuenen.de

und **Dr. Katharina J. Liepe** sind wissenschaftliche Mitarbeiter am von **Dr. Mirko Liesebach** geleiteten Arbeitsbereich Herkunfts- und Züchtungsforschung des Thünen-Instituts für Forstgenetik. **Prof. Dr. Marieke van der Maaten-Theunissen** und **Prof. Dr. Ernst van der Maaten** sind als Führungsteam der Professur für Waldwachstum und Produktion von Holzbiomasse der TU Dresden tätig.