

Prozesse und Grenzen der Anpassung

2. Workshop zur Gehölzphysiologie

in Gotha

vom 17. bis 18. Juni 2025

Programm und Abstracts

Organisation:

RALF KÄTZEL (Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde)

MATTHIAS MEYER (Staatsbetrieb Sachsenforst)

MIRKO LIESEBACH (Thünen-Institut für Forstgenetik)

KATHARINA LIEPE (Thünen-Institut für Forstgenetik)

KÄTZEL R, MEYER M, LIESEBACH M, LIEPE K (Hrsg.) (2025): 2. Workshop zur Gehölzphysiologie. Programm und Abstracts. Deutsche Dendrologische Gesellschaft, Ahrensburg. 27 S.

Tagungsprogramm

Dienstag, 17. Juni 2025

12:00 - 13:00	Anmeldung, Mittagsimbiss
13:00 - 13:10	Begrüßung <i>Mirko Liesebach, Ralf Kätzel</i>
13:10 - 13:35	Trockenresistenz von Baumarten – Kompetenz, Konzentration, Konsequenz <i>Karl-Heinz Häberle</i>
13:35 - 14:00	Intraspecific variability of leaf morpho-physiological traits and biomass allocation in <i>Quercus rubra</i> seedlings is related to temperature of origin <i>Peter Petrik, Anja Petek-Petrik, Friederike Gohler, Roman M. Link, Marie Brückner, Ricardo Joffe, Dirk-Roger Eisenhauer, Matthias Meyer, Bernhard Schuldt</i>
14:00 - 14:25	Die Entschlüsselung der Biochemie der Trockenstressantwort: Mit der Resilienz der nördlichen Roteiche die deutschen Wälder stärken <i>Amélie A. Kelly, Ilka N. Abreu, Kirstin Feussner, Hieu Cao, Giang Vu, Oliver Gailing, Ivo Feussner</i>
14:35 - 14:50	Evaluierung des Austrocknungsversuches von Rot-Eichen Nachkommenschaften innerhalb des Projektes RubraSelect <i>Marie Brückner, Florian Lassig, Dorit Riedel, Ute Tröber, Matthias Meyer</i>
14:50 - 15:00	Posterpräsentation
15:00 - 15:30	Kaffeepause
15:30 - 15:55	Differenzierte Trockenstressreaktionen von Sämlingsnachkommenschaften der Rot-Eiche (<i>Quercus rubra</i> L.) auf der Grundlage von Biomarkern <i>Julia Bing, Marie Brückner, Eric Frank, Ralf Kätzel</i>
15:55 - 16:20	Steigerung der Trockenstresstoleranz durch genetische Modifikation von <i>HOMEODOMAIN GLABROUS 11</i> in <i>Populus × canescens</i> <i>Alexander Fendel, Matthias Fladung, Tobias Brüggmann</i>
16:20 - 16:45	Stressresistenz ektomykorrhizaler Bäume <i>Andrea Polle</i>
16:45 - 17:10	OakZones – Dynamische Verwendungszonen für den Anbau der Traubeneiche <i>André Hardtke, Fabian Schramek, Christiane Gering, Martin Hofmann</i>
17:10 - 17:35	Wurzelechte Invitro-Prüfgliedproduktion von Flaum-, Trauben- und Stieleiche und physiologische Prüfung unter Trockenstress durch nicht-invasive Detektion der Fotosynthese über Chlorophyll-Fluoreszenz <i>Steffen Fehrenz, Aki M. Höltnen</i>

17:35 - 18:00	Posterpräsentation
18:30	Gemeinsames Abendessen

Mittwoch, 18. Juni 2025

8:30 – 8:55	Grundlagen epigenetischer Regulationsprozesse und ihre Anwendungsmöglichkeiten im Pflanzenschutz und in der Pflanzenzüchtung <i>Gabi Krczal</i>
8:55 – 9:20	Epigenetische Untersuchungen an der Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i>) - Klimaplan Hessen (KPH-Epigenetik) <i>Christina Fey, André Hardtke, Martin Hofmann</i>
9:20 - 9:45	Vom Resistografen bis zum Spürhund: Methoden zur Früherkennung von Stammfußnekrosen im Vergleich <i>Henriette Häuser, Jessica Hauswald, Eric Frank, Frank Becker, Ralf Kätzel</i>
9:45 - 10:00	Posterpräsentation
10:00 - 10:30	Kaffeepause
10:30 - 10:55	Veränderungen in der Samenlebensdauer, Keimung und Etablierung von Pionierbaumarten im Klimawandel <i>Katharina Tiebel</i>
10:55 - 11:20	Blatt-Gasaustausch und Saffluss: Physiologische Prozesse in <i>Fagus sylvatica</i>, <i>Quercus robur</i>, <i>Larix decidua</i> und <i>Pseudotsuga menziesii</i> im Tagesgang <i>Joraine Schmoldt, Pia Kräft, Ephraim Schmidt-Riese, Martin Wilmking</i>
11:20 – 12:00	Abschlussdiskussion
12:00	Mittagsimbiss

Poster

Ökophysiologie trifft Molekularphysiologie und Genetik: Trockenstressversuch mit vier Rotbuchen-Herkünften

Tobias Brüggemann, Alexander Fendel, Maike Woith, Friderieke Schwarzer, Alina Fomin, Sebastian Haß, Virginia Zahn, Boas Pucker, Matthias Fladung, Manfred Forstreuter

Physiologische Untersuchungen zur Trockentoleranz von Roteichen-Plusbaumnachkommenschaften

Christian A. Lange, Fabian B. Schott, Marie Brückner, Matthias Meyer

Ergebnisse eines 55-tägigen Trockenstresses an Herkünften der Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) in der Jungwuchsphase

Hannah Mittelberg, Kristin Klenke, Katharina Liepe, Heike Liesebach, Mirko Liesebach

Können *in-vitro*- noch vor Gewächshausversuchen zur Charakterisierung der Trockenstresstoleranz zur Vorselektion von Hybrid-Lärchenklonen dienen?

Ricardo Joffe, Silvan Liebsch, Madlen Walther, Andrea Rupps, Matthias Meyer

Roteichenherkünfte zeigen eine hohe phänotypische Plastizität in holzanatomischen Merkmalen

Katharina Liepe, Jonathan Kormann, Marieke van der Maaten-Theunissen, Lucrezia Unterholzner, Mirko Liesebach, Ernst van der Maaten

Transpirationsdynamik nordafrikanischer Laubbäume: Einfluss von Standort und Jahreszeit

Nikolaus Fröhlich

Bedeutung und Umgang mit genetischer Introgression bei heimischen Wildobstarten

Katharina Volmer, Nicole Opfermann, Katharina B. Budde, Aki M. Höltgen

Erkennbarkeit von biochemischen Merkmalen in spektralen Signaturen auf Blattebene in einem Buchenmischwald in Nordostdeutschland

Pia Kräft, Michael Förster, Ralf Kätzel, Benjamin Dechant, Ephraim Schmidt-Riese, Anne Clasen, Robert Jackisch, Christine Wallis

Analysis of in situ performance of the European Beech (*Fagus sylvatica* L.) through the lens of leaf proteomics

Adriana Garibay-Hernández, Vanessa J. Utz, Frederik K. Sommer, Maria Ottaviani, Caroline Ott, Benedikt Venn, Timo Mühlhaus, Stefan Seegmüller, Michael Schroda

Trockenresistenz von Baumarten – Kompetenz, Konzentration, Konsequenz

KARL-HEINZ HÄBERLE

Lehrstuhl für Renaturierungsökologie, TU München, Emil-Ramann-Str. 6, 85354 Freising

* haeberle@tum.de

Holzpflanzen werden seit Jahrhunderten intensiv erforscht, allerdings nach dem jeweiligen Kenntnisstand meist morphologisch/anatomisch und geographisch. Mit der Entwicklung der Technik wurde es möglich, Baumreaktionen auch zunehmend physiologisch zu untersuchen. Meist werden solche Untersuchungen an wenigen Schlüsselarten durchgeführt. Notwendig wäre es nun für verschiedene Stressfaktoren die entscheidenden Parameter zu identifizieren (Potential oder „Kompetenz“ der Bäume), sich in der Forschungsgemeinschaft darauf zu konzentrieren und konsequent auf eine Vielzahl von Arten anzuwenden. Beispiele aus dem Bereich der Widerstandsfähigkeit gegenüber Trockenstress und Anpassungsvermögen von Baumarten in verschiedenen Experimenten der letzten Jahre werden vorgestellt.

Intraspecific variability of leaf morpho-physiological traits and biomass allocation in *Quercus rubra* seedlings is related to temperature of origin

Peter Petrik^{1*}, Anja Petek-Petrik¹, Friederike Gohler¹, Roman M. Link¹, Marie Brückner², Ricardo Joffe², Dirk-Roger Eisenhauer², Matthias Meyer², Bernhard Schuldt¹

¹ Chair of Forest Botany, Institute of Forest Botany and Forest Zoology, Technical University of Dresden (TUD), Tharandt, Germany

² Staatsbetrieb Sachsenforst, Pirna, Germany

* peter.petrik@tu-dresden.de

The adaptive potential of tree species is crucial for their survival under changing climatic conditions. We investigated the biomass allocation and leaf morpho-physiological variability of *Quercus rubra* seedlings from ten distinct German populations with contrasting climatic conditions. One-year-old seedlings, grown under uniform conditions, were analysed for root/shoot ratio (R/S), leaf and stomatal morphology, gas-exchange, intrinsic water-use efficiency (iWUE) and turgor loss point. Populations from warmer regions exhibited higher R/S, reduced leaf area and lower stomatal conductance, suggesting adaptation to environments with higher evaporative demand. In contrast, populations from colder regions showed greater biomass accumulation, larger leaves, and higher stomatal conductance, indicative of a growth-prioritization strategy. Our results also showed trade-off between biomass accumulation and iWUE among populations, linked to differences in leaf morpho-physiological traits. These findings emphasize the importance of selecting climate-resilient populations for afforestation and reforestation efforts under projected climate change scenarios.

Keywords: biomass allocation, gas-exchange, leaf thickness, red oak, stomatal conductance, water-use efficiency

Die Entschlüsselung der Biochemie der Trockenstressantwort: Mit der Resilienz der nördlichen Roteiche die deutschen Wälder stärken

AMÉLIE A. KELLY¹, ILKA N. ABREU¹, KIRSTIN FEUSSNER¹, HIEU CAO^{2,3}, GIANG VU^{2,3}, OLIVER GAILING^{2,3}, IVO FEUSSNER^{1,4,*}

¹ Abteilung für Biochemie der Pflanze, Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Universität Göttingen, Justus-von-Liebig-Weg 11, 37077 Göttingen

² Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Universität Göttingen, Büsgenweg 2, 37077 Göttingen

³ Zentrum für Integrierte Züchtungsforschung (CiBreed), Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 4, 37075 Göttingen

⁴ Abteilung für Biochemie der Pflanze, Göttinger Zentrum für Molekulare Biowissenschaften (GZMB), Universität Göttingen, Justus-von-Liebig-Weg 11, 37077 Göttingen

* ifeussn@uni-goettingen.de

Die Roteiche (*Quercus rubra* L.), eine in Nordamerika beheimatete Baumart, hat sich angesichts der Herausforderungen des Klimawandels zu einem wichtigen Bestandteil der deutschen Forststrategie entwickelt. Das RubraSelect-Konsortium mit 7 Partnern hat sich zum Ziel gesetzt, hochwertiges, klimaangepasstes Vermehrungsmaterial in ganz Deutschland zu schaffen.

Ein Gewächshausexperiment mit über 1041 Sämlingen von elf deutschen Standorten, die einem kontrollierten Trockenstress ausgesetzt wurden, lieferte Erkenntnisse über verschiedene physiologische und morphologische Parameter. Wir befassen uns im Augenblick mit der Identifizierung von Metabolit- und Transkript-Markern, die mit Trockenstresstoleranz der Roteichen-Sämlinge assoziiert sind. Hierzu wurden zunächst drei kontrastierende Herkünfte (NW022 und Hedda für Trockenstress-anfällig und BW022 für Trockenstress-tolerant) ausgewählt und deren Blattproben mittels ungerichteter Metabolom-Analyse untersucht. Dafür wurde ein effizienter Workflow für die ungerichtete Analyse von Roteichenblättern etabliert und Extraktion, Trennung der Extrakte mittels ultraschneller Flüssigkeitschromatographie und Detektion der Metabolite durch hochauflösende Massenspektrometrie für die Matrix des Roteichen-Blattes optimiert. Für die Auswertung wurde eine Metaboliten-Datenbank speziell für Roteiche zu 443 Sekundärmetaboliten von Roteiche aufgebaut. Trockenstress-anfällige und -tolerante Sämlinge können auf der Grundlage dieser Metabolom-Daten von Blättern (geerntet nach Trockenstress) mittels unüberwachter Clusteranalysen gruppiert und Marker-Kandidaten für Trockenstress und Trockenstresstoleranz identifiziert und mit RNA-Seq-Analysen verglichen werden. Die Ergebnisse der Selektion von trockenstresstoleranten Roteichen des RubraSelect-Projekts versprechen, die Anpassungsfähigkeit der nördlichen Roteiche an sich verändernde klimatische Bedingungen zu verbessern und damit die Langlebigkeit und Nachhaltigkeit der deutschen Wälder zu stärken.

Evaluierung des Austrocknungsversuches von Rot-Eichen Nachkommenschaften innerhalb des Projektes RubraSelect

MARIE BRÜCKNER*, FLORIAN LASSIG, DORIT RIEDEL, UTE TRÖBER, MATTHIAS MEYER

Staatsbetrieb Sachsenforst, Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft, Referat Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Bonnewitzer Str. 34, 01796 Pirna OT Graupa

* marie.brueckner@smekul.sachsen.de

Die Rot-Eiche (*Quercus rubra* L.) ist schon vergleichsweise lange in Europa eingeführt und erweist sich zurzeit als eine der klimatoleranten Arten in der Forstwirtschaft Deutschlands. Sie ergänzt seit vielen Jahrzehnten das einheimische forstliche Baumartenspektrum, ohne es zu verdrängen. Die hohe Wuchseistung und Stammqualität der Rot-Eiche, auch unter mittleren oder schwierigen standörtlichen Bedingungen, trägt zu einer zunehmenden Bedeutung dieser Baumart im Klimawandel bei.

Das vom Waldklimafonds geförderte Projekt RubraSelect (FKZ:2220WK03G4) leistete einen signifikanten Beitrag zur Etablierung einer nachhaltigen Versorgung des Marktes mit qualitativ hochwertigem und anpassungsfähigem Vermehrungsgut der Rot-Eiche für ganz Deutschland. Im Rahmen des Projektes wurden Untersuchungen an frei abgeblühten Nachkommen von Plusbäumen durchgeführt. Dabei wurden alle Entwicklungsphasen der Sämlinge durch umfangreiche Bonituren erfasst und in einem Austrocknungsversuch die Reaktion von 960 Nachkommen 40 ausgewählter Plusbäume auf einen 6-wöchigen Wassermangel untersucht. Zusätzlich wurden zwei Bachelorarbeiten betreut, die sich in diesem Zusammenhang mit einer Mangelbewässerung im kleinen Maßstab und Beobachtungen des Austrocknungsversuches mit einer Wärmebildkamera mittels Drohne befassten.

Die gewonnenen Erkenntnisse erlauben Rückschlüsse auf anpassungsrelevante Eigenschaften ausgewählter Rot-Eichen. Auf dieser Grundlage ist es möglich, die Auswirkungen multipler Stressereignisse auf das Pflanzgut sowie dessen Anpassungsfähigkeit an mögliche standortgebundene klimatische Bedingungen zu bewerten.

Der Vortrag wird den Versuchsablauf des Austrocknungsversuches einschließlich der am Staatsbetrieb Sachsenforst verwendeten physiologischen Methoden vorstellen und bewerten.

Die Ergebnisse der Versuchsserien zeigen Unterschiede zwischen den Plusbaum-Nachkommenschaften in allen untersuchten phänologischen und physiologischen Merkmalen, jedoch keine Anpassung entlang des Gradienten der Standortwasserbilanz.

Differenzierte Trockenstressreaktionen von Sämlingsnachkommenschaften der Rot-Eiche (*Quercus rubra* L.) auf der Grundlage von Biomarkern

JULIA BING¹, MARIE BRÜCKNER², ERIC FRANK¹, RALF KÄTZEL¹

¹ Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, Waldökologie und Monitoring, Eberswalde, Alfred-Möller-Straße 1, 16225 Eberswalde

² Staatsbetrieb Sachsenforst, Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft, Referat Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Bonnewitzer Str. 34, 01796 Pirna OT Graupa

* Julia.Bing@LFB.Brandenburg.de

Im Rahmen des vom Waldklimafonds geförderten Verbundprojekts „RubraSelect“ (FKZ:2220WK03G4) wurden nicht nur die Plusbäume von Saatguterntebeständen der Rot-Eiche an ihren Freilandstandorten genetisch und phenotypisch charakterisiert, sondern auch ein Teil ihrer Nachkommenschaften. Hierzu wurden jeweils 15 Sämlinge als Einzelbaum-Nachkommenschaften von insgesamt 20 Plusbäume aus Hessen, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Brandenburg, Baden-Württemberg und Schleswig-Holstein ausgewählt und hinsichtlich ihrer Trockenstresstoleranz untersucht. Ziel der Stresstests war es, die Reaktionen der Sämlings-Nachkommenschaft unterschiedlicher Plusbäume sowohl unter identischen Bedingungen als auch mit den physiologischen Eigenschaften ihrer Eltern zu vergleichen.

Die im Topf angezogenen Pflanzen in der 2. Vegetationsperiode wurden nach der Akklimatisierung im Gewächshaus in Graupa (Landesbetrieb Sachsenforst) einem sechswöchigen Trockenstress unterzogen (n=4 Pflanzen je Nachkommenschaft) und mit einer bewässerten Kontrollvariante (n=3 Pflanzen) verglichen. Nach dem Beginn des Wasserentzugs am 02.07.24 wurden in Abhängigkeit von dem visuell bonitierten Vitalitätszustand der Pflanzen an drei verschiedenen Zeitpunkten (sowie am Versuchsende) grün/vitale Blattproben entnommen, um relevante biochemische Blattinhaltsstoffe wie Kohlenhydrate, Stärke, Pigmente, phenolische Inhaltsstoffe, Ascorbat und freie Aminosäuren zu analysieren. Als Bezugsgröße diente zum einen das Bodenwasserdefizit, das durch regelmäßige Wägung der Töpfe ermittelt wurde, sowie die Reaktion der bewässerten Kontrollpflanzen.

Die Nachkommenschaften der 20 Plusbäume (zzgl. einer Flaum-Eiche) zeigten unter Wassermangelbedingungen deutliche Unterschiede in der Ausprägung einzelnen Blattinhaltsstoffe. Fast alle Nachkommenschaften folgten bei Trockenheit einer typischen Stresskaskade unterschiedlich starker Ausprägung, bei der z.B. die Blattgehalte an löslichen Kohlenhydraten stark anstiegen und die Gehalte an löslicher Stärke gegenüber der Kontrollgruppe sanken. Am Ende des Versuches hatten die Blätter der Nachkommenschaften aus Hessen (HE 239, 242, 238), Brandenburg (BB 504, 591) und Sachsen (SN423) (sowie der Flaumeiche) die höchsten und die Blätter aus Niedersachsen (Ni 054), Schleswig-Holstein (SH 108) und Baden-Württemberg (BW 664, 656) die geringsten Wassergehalte. Ebenso nahmen die Chlorophyllgehalten unterschiedlich stark ab, wobei die geringsten Chlorophyllverluste bei den Nachkommenschaften aus Sachsen (SN 471) und Brandenburg (BB581) auftraten. Eine Reihe von Nachkommenschaften aktivierten bei zunehmender Trockenheit die Synthese phenolischer Inhaltsstoffe (folinpositive Verbindungen). Insbesondere wurde bei einzelnen Nachkommenschaften aus Sachsen-Anhalt (ST318), Sachsen (SN471) und Brandenburg (BB504, 581, 591) sowie bei der Flaumeiche die Synthese kondensierter phenolischer Inhaltsstoffe (Procyanidine, Vanillinpositive Verbindungen) stark aktiviert.

Steigerung der Trockenstresstoleranz durch genetische Modifikation von HOMEODOMAIN GLABROUS 11 in *Populus × canescens*

ALEXANDER FENDEL*, MATTHIAS FLADUNG, TOBIAS BRÜGMANN

Thünen-Institut für Forstgenetik, Genetische Technologien, Sieker Landstraße 2, 22927 Großhansdorf

* alexander.fendel@thuenen.de

Trockenstress stellt einen zunehmend bedeutenden abiotischen Faktor dar, der die Vitalität von Waldbäumen negativ beeinträchtigt. Viele einheimische Baumarten weisen eine große genetische Vielfalt auf – eine entscheidende Voraussetzung, um die Trockenstresstoleranz durch Züchtung und Selektion nachhaltig zu verbessern. Angesichts der Komplexität der Trockenstresstoleranz ist es jedoch hilfreich, die beteiligten Gene zu identifizieren und zu charakterisieren. Durch gezielte genetische Modifikationen einzelner Gene untersuchen wir, wie sie zur Trockenstresstoleranz beitragen.

Ein zentrales Kandidatengen unserer Forschung ist das Gen *HOMEODOMAIN GLABROUS 11* (kurz *HDG11*), das einen Transkriptionsfaktor der HD-ZIP-Genfamilie kodiert. Die Auswirkungen der konstitutiven Überexpression des endogenen *HDG11* in der Pappelhybride *Populus × canescens* (Klon INRA 717-1B4) wurden in kontrollierten Trockenstressversuchen (Gewächshaus und Klimakammer) im Vergleich zum nicht-modifizierten Wildtyp untersucht. Die *HDG11*-Überexpressionslinie zeigte eine Reduktion von Blatt- und Sprossstrichomen und führte darüber hinaus zu einer signifikanten Steigerung der Trockenstresstoleranz. Diese äußerte sich in einer reduzierten Lipidperoxidation, höheren relativen Blattwassergehalten, einem gesteigerten Blattaustrieb und einem verringerten Blattverlust unter Trockenstress. Diese Veränderungen führten zu signifikant erhöhten Biomasseerträgen nach dem Stress im Vergleich zum Wildtyp.

Die Ergebnisse dieser Genfunktionsanalyse erweitern unser Verständnis der komplexen Netzwerke, die die Trockenstresstoleranz in Bäumen beeinflussen. Die aus der Pappel gewonnenen Erkenntnisse dienen dabei als Grundlage zur Untersuchung in Waldbäumen. *HDG11* könnte in zukünftigen Züchtungsprogrammen berücksichtigt werden, sei es durch die Selektion trockenstresstoleranter Genotypen aus natürlichen Populationen oder durch gezielte biotechnologische Ansätze, um die Anpassung der Bäume an die Herausforderungen des Klimawandels zu fördern.

Stressresistenz ektomykorrhizaler Bäume

ANDREA POLLE*

Universität Göttingen, Forstbotanik und Baumphysiologie, Büsgenweg 2, 37077 Göttingen

* apolle@gwdg.de

In jüngerer Zeit wurde die Bedeutung von mikrobiellen Gemeinschaften im Boden für die Gesundheit und Stressresistenz von Pflanzen zunehmend erkannt. Ektomykorrhizen spielen dabei in unseren Wäldern eine herausragende Rolle. In diesem Vortrag werde ich die Interaktionen zwischen dieser Pilzgruppe und ihren Wirtspflanzen besprechen, mit einem besonderen Augenmerk auf lokalen und systemischen Abwehrreaktionen. Ein gesundes Mikrobiom ist essentiell für die pflanzliche Stressresistenz. Aber welche Signale dabei ausgetauscht werden, ist bislang nur ansatzweise verstanden. Volatile organische Verbindungen spielen eine wichtige Rolle, aber auch andere, noch nicht identifizierte Verbindungen. Unterschiedliche Mykorrhizapilze rekrutieren unterschiedliche Abwehrreaktionen gegen Trockenstress. Unsere Arbeiten zeigen somit die Bedeutung einer diversen Mykorrhizaflora an den Wurzeln auf, die weit über die Bedeutung von Mykorrhiza für die Ernährung von Pflanzen hinausreicht.

OakZones – Dynamische Verwendungszonen für den Anbau der Traubeneiche

ANDRÉ HARDTKE*, FABIAN SCHRAMEK, CHRISTIANE GERING, MARTIN HOFMANN

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung C Waldgenressourcen, Prof. Oelkers-Str. 6,
34346 Hann Münden, Tel.: 0551 69401-453

* Andre.hardtke@nw-fva.de

In Zeiten des Klimawandels und angesichts der starken Kalamitätsereignisse der letzten Jahre wird die Traubeneiche für den Waldumbau in klimastabile Bestände zunehmend interessanter. Das bestehende System der Saatgutgewinnung aus zugelassenen Erntebeständen und dessen weit überwiegender Verwendung innerhalb des jeweiligen Herkunftsgebiets bildet die klimatische Entwicklung nur ungenügend ab. Das kann zur Folge haben, dass neue Bestände mit unzureichend angepasstem Material begründet werden. Zukünftig müssen die Empfehlungen um Standortinformationen über den Ursprung des Ausgangsmaterials und des Verwendungsortes erweitert werden.

Bisherige Auswertungen verdeutlichen, dass die in Deutschland vorhandenen Versuchsserien für die Berechnungen von Verwendungszonen aufgrund des fehlenden Standortgradienten ungeeignet sind. Darüber hinaus können die Versuche für die Einschätzung der Anpassungsfähigkeit der Traubeneiche an klimatische Veränderungen nicht genutzt werden, da in diesen hauptsächlich Herkünfte aus dem mittleren Standortsspektrum angebaut wurden. Marginalstandorte wurden weder bei den Herkünften noch bei den Versuchsflächen berücksichtigt.

Im Zuge des OakZones-Projektes wurde daher eine Versuchsserie mit 124 Herkünften auf 13 Versuchsflächen angelegt, mit deren Hilfe die Auswirkungen der unterschiedlichen Feuchtereime der Herkünfte und Standorte auf das Wachstum erfasst werden können. Hierfür wurde die Standortwasserbilanz als Auswahlkriterium genutzt. Mittelfristig wird der Herkunftsversuch wertvolle Daten zum Wuchsverhalten und der adaptiven Anpassung bereitstellen.

Zeitgleich wird ein mehrjähriges Trockenstressexperiment mit den gleichen Herkünften des Herkunftsversuches durchgeführt, welches kurzfristig Hinweise auf das adaptive Potential hinsichtlich der Anpassung an Trockenstress liefert.

Wurzelechte Invitro-Prüfgliedproduktion von Flaum-, Trauben- und Stieleiche und physiologische Prüfung unter Trockenstress durch nicht-invasive Detektion der Fotosynthese über Chlorophyll-Fluoreszenz

STEFFEN FEHRENZ*, AKI MICHAEL HÖLTKEN

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Abteilung C), Professor-Oelkers-Straße 6, 34346 Hann. Münden

* steffen.fehrenz@nw-fva.de

Den heimischen Eichenarten *Quercus pubescens*, *Quercus petraea* und *Quercus robur* ist es in Mitteleuropa möglich, extrazonale Standorte, wie trockene, wärmebegünstigte und südexponierte Blockschutt- und Felshänge zu besiedeln. Diese drei Arten findet man unter den sogenannten Trockeneichenwäldern wieder. Die hohe Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche klimatische und edaphische Gegebenheiten dieser Eichenarten ist das Resultat ihrer gemeinsamen zwischen- und nacheiszeitlichen Artbildungs- und Migrationsgeschichte. Die damit verbundene morphologische und physiologische Anpassung qualifizieren Stiel-, Flaum- und Traubeneiche in besonderem Maße für den forstlichen Anbau im Kontext der extrapolierten Klimaszenarien in Mitteleuropa. Grundsätzlich besetzt jede dieser Eichenarten eine spezifische ökologische Nische. Für die Eroberung dieser Nischen sind morphologisch-anatomische sowie physiologische Evolutionsprozesse eine notwendige Voraussetzung. In Trockenstressversuchen sollen die Auswirkungen dieser Adaptionsprozesse auf den physiologischen Status der jeweiligen Eichenart und der daraus resultierenden Strategie zur Überwindung dieser widrigen Situation, geprüft werden. Um einen Genotyp dieser Eichenarten unter reproduzierbaren Bedingungen zu prüfen, ist die vollständige Integrität aller Organe, wie auch der Wurzel, eine wichtige Voraussetzung. Durch Invitro-Vermehrung ist gewährleistet, dass jede klonal produzierte Pflanze über ihre eigene Wurzel verfügt und demzufolge auch alle Blatt-Spross-Wurzel-Wechselwirkungen, infolge der Stressinduktion, ihrem eigenen Genotyp zugeordnet werden können.

Die Eichenarten *Quercus pubescens*, *Quercus petraea* und *Quercus robur* wurden durch Isolation des Embryos oder durch Präparation von Sprossnodien in eine sterile Meristemkultur überführt und vermehrt. Die morphologische Artzuordnung der Prüfglieder dieser drei Arten wurde durch die Anwendung von 14 Mikrosatelliten in einer Cluster-Analyse bestätigt.

Für einen 50-tägigen Trockenstressversuch wurde je Eichenart ein Genotyp ausgewählt und auf eine Prüfgliedzahl von jeweils 12 vermehrt. Die daraus resultierenden 36 Pflanzen wurden an Freilandbedingungen adaptiert und nach einjähriger Kultur in Prüfkontainer überführt um diese dort für weitere drei Monate bis zur Ausreifung des Johannistriebs weiter zu kultivieren. Durch nicht-invasive biophysikalische Prüfung über Chlorophyll-Fluoreszenz wurden die Pflanzen täglich detektiert und dadurch wichtige Parameter des Elektronentransfers innerhalb der Fotosynthese berechnet. Es wird gezeigt werden, dass der Elektronentransfer und dessen Effizienz sich deutlich zwischen den Eichenarten und dem jeweiligen Prüfmodus unterscheiden und einer arttypischen Strategie zur Bewältigung von Trockenstress zuordnen lässt.

Grundlagen epigenetischer Regulationsprozesse und ihre Anwendungsmöglichkeiten im Pflanzenschutz und in der Pflanzenzüchtung

GABI KRCZAL

RLP AgroScience GmbH, Breitenweg 71, 67435 Neustadt

* gabi.krczal@agrosience.rlp.de

Die häufigsten Formen epigenetischer Regulation sind DNA-Methylierungen, die Genexpressionen auf transkriptioneller Ebene unterdrücken, und Modifikationen von Histonproteinen, die ebenfalls Genaktivitäten beeinflussen. Die DNA-Methylierung ist sequenzspezifisch von RNA-Molekülen gesteuert, daher spricht man von RNA-gesteuerte DNA-Methylierung (RdDM).

Auf post-transkriptioneller Ebene können Genaktivitäten mittels RNA-Interferenz (RNAi), zumeist ausgelöst durch doppelsträngige (ds)RNA Moleküle, „ausgeschaltet“ werden. Sowohl der RdDM- als auch der RNAi-Weg produzieren kleine (s)RNAs und beinhalten konservierte Argonaute- und Dicer-Proteine und RNA-abhängige RNA-Polymerasen.

RdDM wird mit der Reaktion auf abiotischen Stress und die Regulierung wichtiger Entwicklungsübergänge in Verbindung gebracht, RNAi mit der Abwehr fremder RNA, z.B. von Viren. Natürliche Adaption von Pflanzen - auch Gehölzen – an abiotischen Stress ist häufig mit veränderten Methylierungsmustern korreliert, allerdings gibt es bisher kaum Beispiele induzierter, sequenzspezifischer Methylierung zur Stressadaption als Tool für die Pflanzenzüchtung.

„RNAi-Sprays“ haben großes Potential im Pflanzenschutz: Sie werden wie ein Pflanzenschutzmittel auf Pflanzen appliziert. Die darin enthaltenen dsRNA Moleküle werden von den avisierten Schaderregern aufgenommen und blockieren dann in diesen das jeweilige Zielgen, ohne dass das Genom der Pflanze oder des Schädlings verändert wird.

Aus beiden Bereichen werden eigene Forschungsergebnisse vorgestellt.

Epigenetische Untersuchungen an der Kiefer (*Pinus sylvestris*) - Klimaplan Hessen (KPH-Epigenetik)

CHRISTINA FEY*, ANDRÉ HARDTKE, MARTIN HOFMANN

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA), Abt. Waldgenressourcen, Professor-Oelkers-Straße 6, 34346 Hann. Münden

* Christina.Fey@nw-fva.de

Neben der „klassischen“ Umweltanpassung durch Vererbung und Selektion besteht auch die Möglichkeit einer umweltinduzierten Weitergabe von Erbinformationen (Epigenetik). Hierbei sind die Umweltbedingungen während der Reproduktionsphase entscheidend. Diese können die Expression anpassungsrelevanter Gene dauerhaft, beziehungsweise irreversibel beeinflussen. Im Ergebnis können epigenetische Effekte deshalb zu einer weiteren Steigerung des Anpassungspotenzials führen.

Innerhalb des Projektes KPH-Epigenetik soll der Frage nachgegangen werden, ob eine im Phänotyp erkennbare Plastizität der Merkmalsausprägung innerhalb der genetisch bedingten Reaktionsnorm liegt oder umweltinduziert, also epigenetisch, ist und damit auch an die Nachkommen weiter gegeben werden könnte. Aufgrund der weiten Verbreitung, der häufigen Fruktifikation und der guten Lagerfähigkeit des Saatgutes wurde die Kiefer als Modellbaumart gewählt.

Das Projekt beinhaltet die Kartierung und wiederholte Beerntung von Einzelbäumen ausgesuchter Bestände unter der Berücksichtigung aller in Hessen vorkommenden zonalen Kiefern-Waldstandorte. Das gewonnene Saatgut wird in der NW-FVA internen Genbank eingelagert und später für die Anlage von Nachkommenschaftsprüfungen genutzt. Des Weiteren werden bereits eingelagerte Absaaten der Genbank ausgesät und Pflanzen angezogen. Dabei handelt es sich um Saatgut aus unterschiedlichen Reifejahren mit Weisercharakter. Mit diesem Material wird eine Nachkommenschaftsprüfung angelegt und Trockenstressexperimente durchgeführt.

Der Nachweis epigenetischer Effekte hätte bedeutsame Auswirkungen auf die Auswahl von Saatguterntebeständen beziehungsweise auf die Wahl des Erntejahres.

Vom Resistografen bis zum Spürhund: Methoden zur Früherkennung von Stammfußnekrosen im Vergleich

HENRIETTE HÄUSER^{1*}, JESSICA HASUSWALD², ERIC FRANK¹, FRANK BECKER¹, RALF KÄTZEL¹

¹ Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, Waldökologie und Monitoring, Eberswalde, Alfred-Möller-Straße 1, 16225 Eberswalde

² Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer - Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Invalidenstr. 42, 10115 Berlin

* Henriette.Haeuser@LFB.Brandenburg.de

Stammfußnekrosen stellen ein erhebliches Risiko für die Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen dar. Ihre Früherkennung ist für die Waldbewirtschaftung wichtig, da auch äußerlich unauffällige Bäume betroffen sein und eine Gefahr darstellen können. Außerdem können Nekrosen die Qualität und damit den Wert des Holzes mindern. In dieser Arbeit wurden fünf Methoden zur Diagnose von Stammfußnekrosen an Eschen (*Fraxinus excelsior* L.) verglichen: Bonitur, Resistografie, biochemische Biomarker, Spürhunde und elektronische Nasen.

Die Bonitur ist eine etablierte und großflächig eingesetzte Methode, zeigte jedoch in den Untersuchungen Einschränkungen bei der Schadensbewertung und der Erfassung innerer Nekrosen. Die Resistografie erwies sich als gute Ergänzung zu den Boniturergebnissen, da sie Einblicke in das Holzinnere erlaubte. Biochemische Analysen ermöglichten eine Differenzierung von gesunden und gestressten Bäumen, indem sie physiologische Unterschiede aufzeigten. Diese Analysen sind jedoch mit einem hohen Laboraufwand verbunden. Spürhunde und elektronische Nasen nutzen VOCs (*Volatile Organic Compounds*), die von den Schaderregern, durch Abwehrprozesse des Baumes oder bei der Zersetzung des Holzes freigesetzt werden können. Erste Tests mit Spürhunden und einer elektronischen Nase zeigten vielversprechende Ansätze für eine schnelle und objektive Detektion, wobei insbesondere die elektronische Nase einer weiteren Validierung bedarf.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Kombination mehrerer Methoden die Qualität der Diagnose deutlich verbessern kann. Bonituren bleiben eine unverzichtbare Grundlage, sollten aber bei Bedarf durch gezielte instrumentelle oder sensorische Verfahren ergänzt werden. Die Resistografie bietet als einziges Verfahren die Möglichkeit, die Restwandstärke zu bestimmen, kann aber Nekrosen übersehen. Insbesondere der Einsatz von Spürhunden bietet praxistaugliches Potenzial zur Erkennung von Nekrosen, während elektronische Nasen langfristig eine technische Alternative darstellen könnten. Biochemische Analytik eignet sich für eine begrenzte Anzahl von Bäumen im Rahmen des Monitorings, um langfristige Veränderungen zu beobachten.

Veränderungen in der Samenlebensdauer, Keimung und Etablierung von Pionierbaumarten im Klimawandel

KATHARINA TIEBEL*

Professur für Waldbau, Institut für Waldbau und Waldschutz, TU Dresden, Piener Str. 8, 01737 Tharandt

* Katharina.Tiebel@tu-dresden.de

Neben dem Temperaturanstieg, eine Veränderung der Niederschlagsregime und Häufung von Extremereignissen führt der Klimawandel zu einem Anstieg von Trockenperioden und Hitzetage im Frühjahr. Dies reduziert die Wasserverfügbarkeit und den Bodenwassergehalt, welche wichtige Faktoren für die Keimung und Etablierung sind. Auch Pionierbaumarten sind davon betroffen, obgleich die Wiederbewaldung großer Störungsflächen in Deutschland mittlerweile vorrangig durch Sukzession erfolgen soll.

Ziel der Studie war es, den Einfluss zukünftiger klimatischer Bedingungen auf die Samenlebensdauer und den Einfluss unterschiedlicher Mikrostandorte auf die Keimung, das Überleben und das Wachstum von *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Salix caprea*, *Alnus glutinosa*, *Pinus sylvestris* und *Larix decidua* zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich im Klimawandel mit steigenden Temperaturen und zunehmenden Luftfeuchtigkeitswerten die Lebensdauer der Samen verkürzt und sich damit das Zeitfenster für eine erfolgreiche Keimung einschränken wird. Die Keimung und erfolgreiche Etablierung sind ferner an langfristig feuchte Bedingungen geknüpft. Die Strahlung hat keinen Einfluss auf die Keimung und das Überleben, jedoch auf das Wachstum. Unter trockenen Bedingungen wirkte sich eine Bodenbedeckung durch Moos und Streu im Vergleich zu Mineralboden förderlich auf die Überlebensrate und das Wachstum von *Betula pendula*, *Populus tremula* und *Salix caprea* aus, nicht jedoch auf *Alnus glutinosa*, *Pinus sylvestris* und *Larix decidua*. Als Keimstandortersatz zum feuchten Mineralboden können diese Deckungsvarianten im Klimawandel jedoch nicht fungieren, da die Keimraten sehr gering sind.

Blatt-Gasaustausch und Saftfluss: Physiologische Prozesse in *Fagus sylvatica*, *Quercus robur*, *Larix decidua* und *Pseudotsuga menziesii* im Tagesgang

JORAINE SCHMOLDT^{1*}, PIA KRÄFT², EPHRAIM SCHMIDT-RIESE², MARTIN WILMKING¹

¹ Universität Greifswald, Institut für Landschaftsökologie und Ökosystemdynamik, Soldmannstr. 15, 17489 Greifswald

² Technische Universität Berlin, FG Geoinformation in der Umweltplanung, Straße des 17. Juni 145, 10623 Berlin

* joraine.schmoldt@uni-greifswald.de

Das detaillierte Verständnis physiologischer Prozesse spielt sowohl für die Kohlenstoffdynamik, als auch den Wasserhaushalt von Wäldern eine entscheidende Rolle. Vor allem Parameter auf Blattebene werden dabei jedoch häufig an Jungbäumen oder Setzlingen gemessen. Die dadurch ermittelten physiologischen Zusammenhänge lassen sich allerdings nicht direkt auf adulte Bäume übertragen, da zunehmendes Baumalter, Baumgröße, und/oder Wechselwirkungen im Bestand (wie Konkurrenz) Einfluss auf diese Prozesse haben können.

Um die physiologischen Abläufe im Tagesverlauf an adulten Bäumen näher zu beleuchten, wurden im Rahmen des FeMoPhys Projekts mittels eines Baukrans Gasaustauschmessungen in einem Buchenmischwald in Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt. Die Beprobung erfolgte an je drei Baumkronen von ca. 60- bis 90-jährigen Bäumen der Arten *Fagus sylvatica*, *Larix decidua* und *Pseudotsuga menziesii* sowie ca. 150-jährigen Individuen von *Quercus robur*. Dabei wurden die stomatare Leitfähigkeit für Wasserdampf sowie die Photosyntheserate in der Lichtkrone im Tagesverlauf an mehreren, über das Jahr verteilten Terminen gemessen. Vorgestellt werden grundlegende Ergebnisse beispielhafter Tagesgang-Messung im Juli 2024 mit Fokus auf zwischenartlichen Unterschieden. Diese bestanden unter anderem in einem zügigeren Anstieg der Photosyntheseleistung bei *Quercus robur* nach Sonnenaufgang und einer, im Vergleich zu *Fagus sylvatica*, tendenziell höheren maximalen Photosyntheserate im Tagesverlauf.

Zudem wurden, in Kombination mit Saftfluss-Sensoren, die zeitlichen Beziehungen zwischen Wassertransport an der Stammbasis und der stomatären Leitfähigkeit sowie der Photosyntheserate betrachtet. Da sich Messungen des Saftflusses am Stamm mit vergleichsweise geringem Aufwand durchführen lassen, soll zudem die Möglichkeit untersucht werden, anhand dieses Parameters den Gasaustausch auf Blattebene abzuleiten. Dabei wird auch der zeitliche Versatz zwischen den Messungen an Stamm und Krone berücksichtigt, der bei den beprobten Nadelbäumen im Vergleich zu den Laubbaumarten deutlicher ausgeprägt war. Als Ausblick werden zudem methodische Herausforderungen bei Gasaustauschmessungen an adulten Bäumen im Freiland diskutiert.

Ökophysiologie trifft Molekularphysiologie und Genetik: Trockenstressversuch mit vier Rotbuchen-Herkünften

Tobias Brüggemann^{1*}, Alexander Fendel¹, Maike Woith², Friderieke Schwarzer³, Alina Fomin¹, Sebastian Haß², Virginia Zahn¹, Boas Pucker^{3,4}, Matthias Fladung¹, Manfred Forstreuter²

¹ Thünen-Institut für Forstgenetik, Genetische Technologien, Sieker Landstr. 2, 22927 Großhansdorf

² Freie Universität Berlin, Pflanzenökologie, Altensteinstrasse 6, 14195 Berlin

³ Technische Universität Braunschweig, Pflanzenbiotechnologie und Bioinformatik, Mendelssohnstrasse 4, 38106 Braunschweig

⁴ Universität Bonn, Molekulare Pflanzenwissenschaften, Kirschallee 1, 53115 Bonn

* tobias.brueggemann@thuenen.de

Rotbuchen (*Fagus sylvatica*) haben ein großes Verbreitungsgebiet, an dessen südlichem Rand sie mit anderen klimatischen Bedingungen konfrontiert sind als in Deutschland. Zur Untersuchung der unterschiedlichen Trockenstresstoleranz von Buchenherkünften wurde in Berlin ein Herkunftsversuch („Klimawald Berlin“) angelegt, in dem einzelne Versuchsglieder (eine Gruppe von Bäumen) bewässert werden können, während andere Versuchsglieder im Sommer vom (natürlicherweise eintretenden) Trockenstress beeinflusst werden. Hier wurde ein Trockenstressversuch mit jeweils einer Rotbuchenherkunft aus Deutschland, Frankreich, Italien und Spanien initiiert. Die Bäume wurden bei unterschiedlichen Stressintensitäten und in der Erholungsphase nach Wiederbewässerung untersucht – mit ökophysiologischen und molekularphysiologischen Analysen sowie einer RNA-Sequenzierung zur Analyse der Genexpression.

Der Dreiklang der Analysemethoden soll ein umfassendes Bild für die Stressreaktion bieten. Die Kombination in diesem initialen Ansatz zeigte ein differenzielles Bild der Herkünfte. Während in einigen Parametern signifikante Unterschiede zwischen den Herkünften identifiziert wurden (z.B. im Gehalt von Prolin oder Malondialdehyd als Marker für oxidativen Stress), ergaben andere Parameter einheitliche Stressantworten, z.B. in der Photosyntheseaktivität und stomatären Leitfähigkeit. Auf Basis der sequenzierten Blatt-RNA wurden differenziell exprimierte Gene (DEGs) für alle Herkünfte identifiziert. Die DEGs zeigen Unterschiede und Gemeinsamkeiten in der genetischen Regulation der Stressantworten der vier Herkünfte. Diese Einblicke in die unterschiedlichen Mechanismen von Buchen, auf Trockenheit zu reagieren, bieten Ansätze zur weiteren Forschung an unterschiedlichen Herkünften und der Klimawandelanpassung von Waldbaumarten. Das erweiterte Verständnis der Trockenstresstoleranz in dieser bedeutenden europäischen Baumart ist für die Forstwirtschaft und die Auswahl von forstlichem Vermehrungsgut von großer Bedeutung.

Physiologische Untersuchungen zur Trockentoleranz von Roteichen-Plusbaumnachkommenschaften

CHRISTIAN A. LANGE^{1*}, FABIAN B. SCHOTT¹, MARIE BRÜCKNER², MATTHIAS MEYER²

¹ Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V., Brauhausweg 2, 03238 Finsterwalde

² Staatsbetrieb Sachsenforst, Kompetenzzentrum Wald & Forstwirtschaft, Bonnewitzer Straße 34, 01796 Pirna, OT Graupa

* c.lange@fib-ev.de

Im Rahmen des Verbundprojektes RubraSelect wird das „Auslese- und Züchtungspotenzial zur Erzeugung von hochwertigem Vermehrungsgut der Roteiche“ untersucht und u.a. der Frage nachgegangen, wie angezogene Roteichen-Plusbaumnachkommenschaften (REI-PBNK) physiologisch auf Trockenheit reagieren.

Zu diesem Zweck wurden im Gewächshaus von Sachsenforst in Graupa während einer 6wöchigen Trockenperiode sowohl Chlorophyll a-Fluoreszenz- als auch Dualex[®]-Untersuchungen an insgesamt 400 getopften Roteichen-Sämlingen (REI) von 19 Plusbaumnachkommenschaften (PBNK) und 20 getopften Flaumeichen-Sämlingen (FEI) durchgeführt. An allen Versuchspflanzen wurden photosynthetische Vitalität (PI_{ABS}), Chlorophyllgehalt sowie sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (Flavonole, Anthocyan) vor und während Trockenheit untersucht. Die Messergebnisse belegen eine hohe Diversität im physiologischen Leistungsspektrum der 19 REI-PBNK. So verringerte sich die photosynthetische Vitalität (PI_{ABS}) während Trockenheit im Mittel über alle REI-PBNK um 44 % (Min: -14,6 %; Max: -61,3 %), wobei statistische Untersuchungen die individuellen Trends in der PI_{ABS} -Dynamik bestätigten. Des Weiteren nahm der Chlorophyllgehalt trockenheitsexponierter Versuchspflanzen im Mittel um 13,3 % (Max: -21,7 %) ab.

Darüber hinaus belegen die Untersuchungen hohe trockenheitsbedingte Blattschädigungs- und Ausfallraten bei Versuchspflanzen der REI-PBNK SH108, Ni052 und SN 470. Demgegenüber starben bei den REI-Prüfgliedern BB591d, SN423d und BB581d wesentlich weniger Pflanzen während der Trockenheitsexposition ab.

Insgesamt gesehen erreichen REI-Versuchspflanzen der Plusbaumnachkommenschaften **SN423**, **BB591** sowie **SN461** vordere Ränge in einer vorgenommenen Gesamtbewertung der Trockentoleranz. Letztgenannte REI-PBNK können daher als relativ trockenstresstolerant eingeschätzt und für klimaangepasste Walderneuerungsmaßnahmen empfohlen werden. Demgegenüber reagieren Versuchspflanzen der REI-PBNK SN471, BW664 sowie Ni047 und BW656 offensichtlich sensitiv auf Trockenstress. – Sie belegen in der Gesamtwertung nur letzte Ränge und sind daher nicht empfehlenswert.

Ergebnisse eines 55-tägigen Trockenstresses an Herkünften der Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) in der Jungwuchsphase

HANNAH MITTELBERG^{1*}, KRISTIN KLENKE², KATHARINA LIEPE¹, HEIKE LIESEBACH¹, MIRKO LIESEBACH¹

¹ Thünen-Institut für Forstgenetik, Sieker Landstraße 2, 22927 Großhansdorf

² Universität Hamburg, Mittelweg 177, 20148 Hamburg

* hannah.mittelberg@thuenen.de

Die durch Klimaveränderungen bedingte Zunahme von Extremereignissen hat in den vergangenen Jahren bei einer Vielzahl von Baumarten zu Beeinträchtigungen bis hin zum Absterben ganzer Bestände geführt. Die Stressreaktion auf Dürrephasen hat insbesondere in der Jungwuchsphase einen starken Einfluss auf die Etablierung von Sämlingen und damit auch auf das genetische Material, aus dem die zukünftige Waldgesellschaft hervorgehen wird. Infolgedessen besteht ein Bedarf an Empfehlungen für geeignete Baumarten und Herkünfte, die nicht nur den aktuellen, sondern auch den zukünftigen klimatischen Bedingungen standhalten und zur Bildung eines robusten Bestandes beitragen können. Eine der forstwirtschaftlich bisher weniger bedeutenden heimischen Baumarten, die neben einer Vielzahl ökologischer Vorteile auch als trockenstresstolerant gilt, ist die weit verbreitete Hainbuche.

Im Jahr 2024 wurde ein Trockenstressexperiment an acht Herkünften der Hainbuche durchgeführt. Die Auswahl der Herkünfte konnte auf der Grundlage eines geplanten Herkunftsversuchs mit über 30 Herkünften erfolgen und orientierte sich daran, eine breite Spanne klimatische Bedingungen am Herkunftsort zu berücksichtigen. Im Juni 2024 startete das Experiment in einem Folienhaus nach einer mehrwöchigen Eingewöhnungsphase mit einjährigen Sämlingen. Neben einer optimal versorgten Kontrolle (= 100 % Wasser), wurden die Pflanzen in zwei Varianten mit nur 25 % bzw. 0 % Wasser unter Trockenstress gesetzt. Über einen Zeitraum von 55 Tagen wurde dieses Bewässerungsregime aufrecht gehalten und nicht-destruktive Aufnahmen, z.B. der Blattmorphologie und stomatären Leitfähigkeit, durchgeführt. Nach Ende des Versuchs wurden alle Varianten rehydriert, um die Erholungsfähigkeit der Pflanzen zu beobachten und im Folgejahr das Überleben aufzunehmen.

Können in-vitro- noch vor Gewächshausversuchen zur Charakterisierung der Trockenstresstoleranz zur Vorselektion von Hybrid-Lärchenklonen dienen?

RICARDO JOFFE^{1*}, SILVAN LIEBSCH¹, MADLEN WALTHER², ANDREA RUPPS², MATTHIAS MEYER¹

¹ Staatsbetrieb Sachsenforst. Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft, Referat Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung. Bonnewitzer Str. 34, 01796 Pirna OT Graupa

² Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Biologie, Team Entwicklungsbiologie der Pflanzen

* ricardo.joffe@smekul.sachsen.de

Extremereignisse wie Dürren, Stürme und Schädlingskalamitäten erschweren die planvolle Bewirtschaftung, vor allem von Fichtenwäldern. Der Anbau von standortangepassten, schnellwachsenden Hybridlärchen (HLÄ) kann übergangsweise auf großen Kalamitätsflächen einen Beitrag zur deren Wiederbestockung und Beschirmung leisten. Klone aus somatischer Embryogenese (sE) können mittels Cryo-Konservierung lange aufbewahrt und vergleichsweise kurzfristig als Ergänzung zu schwankend verfügbarem, generativ erzeugtem Saatgut dienen. HLÄ zeigen aufgrund des Heterosis-Effekts typischerweise eine erhöhte Wüchsigkeit und Robustheit bei gleichbleibend hoher Holzqualität und Geradschaftigkeit sowie eine breitere Standortsamplitude gegenüber den Elternbäumen *Larix decidua* (♂) und *Larix kaempferi* (♀).

Idealerweise soll deren Anbau in Form von möglichst breiten Klon-Mischungen erfolgen. Hierfür ist eine kontinuierliche Erweiterung der genetischen Basis durch die Erzeugung neuer Klone durch kontrollierte Kreuzung überdurchschnittlich leistungsfähiger Elternbäume nötig. Die im Anschluss folgende Bestenauslese erfordert jedoch sowohl aufwendige Klonvorprüfungen unter kontrollierten Bedingungen als auch langwierige Zulassungsprüfungen im Feld.

Mit Hilfe sog. in-vitro-Frühtests (High-Throughput-Screening) kann bereits in einem sehr zeitigen Entwicklungsstadium der Pflanzen eine erste Bewertung der Trockenstresstoleranz und Vorselektion erfolgen. Dies begrenzt die Anzahl der später im Feld zu testenden Genotypen und somit erheblich den Ressourceneinsatz. Im Rahmen eines Versuchs werden zwölf sE HLÄ Klone gleichzeitig im Gewächshaus als auch in-vitro auf ihre Trockenstresstoleranz und Resilienz (recovery capacity) getestet. Das dabei verwendete Protokoll wurde bereits etabliert und im Labor getestet (JOHST & DACASA-RÜDINGER 2018), jedoch steht die Validierung einer möglichen Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse von in-vitro Gewebekulturen auf Pflanzen noch aus. Dieses Verfahren könnte perspektivisch auch bei anderen Baumarten zur Anwendung kommen. Ein gelungener Nachweis der Anwendbarkeit würde eine wichtige Erweiterung des Methodenkataloges zur Erfassung von Trockenhärte darstellen.

Literatur:

JOHST B & DACASA RÜDINGER MDC (2018). Protocol to Test the Effect of Sorbitol in vitro on Hybrid Larch (*Larix x eurolepis* Henry) Emblings. bio-protocol.org; DOI: 10.21769/BioProtoc.2939

Roteichenherkünfte zeigen eine hohe phänotypische Plastizität in holzanatomischen Merkmalen

KATHARINA LIEPE^{1*}, JONATHAN KORMANN¹, MARIEKE VAN DER MAATEN-THEUNISSEN², LUCREZIA UNTERHOLZNER², MIRKO LIESEBACH¹, ERNST VAN DER MAATEN²

¹ Thünen-Institut für Forstgenetik, Sieker Landstraße 2, 22927 Großhansdorf

² Professur für Waldwachstum und Produktion von Holzbiomasse, TU Dresden, Pienner Straße 8, 01737 Tharandt

* katharina.liepe@thuenen.de

Die hohe Anfälligkeit wichtiger mitteleuropäischer Baumarten im Klimawandel, insbesondere in Folge zunehmend häufiger und intensiver Extremereignisse, unterstreicht die Notwendigkeit der Auswahl klimaresistenter Arten und Herkünfte für die Waldbewirtschaftung. Zu diesen Arten zählt die ursprünglich aus Nordamerika stammende Roteiche (*Quercus rubra* L.), die durch eine hohe Produktivität und Klimatoleranz charakterisiert wird. Mithilfe dendrometrischer und dendroökologischer Untersuchungen in einem über 30 Jahre alten Herkunftsversuch haben wir intraspezifische Anpassungsstrategien untersucht. Der Fokus dieses Beitrags liegt auf der Klimasensitivität deutscher und nordamerikanischer Herkünfte auf jährliche Klimaschwankungen und Extremereignisse. Dafür wurden auf drei Flächen entlang eines Niederschlagsgradienten Bohrkerne von 12 Herkünften gezogen und holzanatomische Merkmale, z.B. Gefäßgröße und -anzahl, analysiert.

Die Analysen zeigen eine hohe Variation in den Gefäßeigenschaften zwischen Flächen und Herkünften. Zwischen den Flächen war diese primär abhängig von den Vorjahresbedingungen und den Klimabedingungen während der Holzbildung im Frühjahr. Die standortspezifische Reaktion in Extremjahren unterschied sich deutlich zwischen Trockenheit und Frost. Herkunftsunterschiede waren in der Gefäßgröße nachweisbar, wobei die deutschen Herkünfte an feuchten Standorten größere Gefäße aufwiesen. Entgegen der Erwartung, dass das Risiko von Trockenheits- oder Frostschäden mit der Gefäßgröße zunimmt, konnte kein Konflikt zwischen der Widerstandsfähigkeit gegenüber Extremen und dem Gefäßdurchmesser nachgewiesen werden. Tatsächlich wiesen Herkünfte mit größeren Gefäßdurchmessern eine höhere Frosttoleranz auf.

Signale lokaler Anpassung waren insgesamt nur schwach ausgeprägt, wohingegen die standortspezifische Reaktion der Gefäßbildung auf die jeweils vorherrschenden Umweltbedingungen auf eine hohe phänotypische Plastizität hindeutete. Insbesondere die Herkünfte aus deutschen Beständen sind für die zukünftige Waldbewirtschaftung zu empfehlen.

Transpirationsdynamik nordafrikanischer Laubbäume: Einfluss von Standort und Jahreszeit

NIKOLAUS FRÖHLICH*

TU München - Ökologiklimatologie, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising

* Nikolaus.Froehlich@tum.de

Im Rahmen des Trans-Sahara Projekts werden verschiedene Baumarten mit agroforstlichem Nutzen getestet und untersucht. Die physiologischen Messungen in Tunesien werden in Kooperation von INRGREF (Institut national de recherches en genie rural, eaux et forets) und TUM durchgeführt und ausgewertet. Ziel ist der Vergleich verschiedener Arten mit unterschiedlichen Blatt-Charakteristika, um deren Reaktion auf Trockenheit zu charakterisieren und jahreszeitliche Unterschiede in der Transpiration zu identifizieren. Die Ergebnisse sollen helfen Anbauempfehlungen auszusprechen und den Wasserhaushalt in der Landschaft besser modellieren zu können. Die primäre Datenaufnahme geschieht mit dem LI-600 Porometer/Fluorometer. Durch die parallele Aufzeichnung der Chlorophyll-Fluoreszenz sowie der Umwelteinflüsse direkt am Blatt (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, PAR) kann die Transpiration besser interpretiert werden. Die Messungen finden größtenteils in Arboreten aus den 1960er Jahren statt, die mehrere bioklimatische Zonen in Tunesien abdecken und eine Vielzahl von Arten beherbergen. Dies gewährleistet die Vergleichbarkeit der zu untersuchenden Individuen (z.B. Alter, Pflanztechnik und Pflege). Im weiteren Verlauf der Zusammenarbeit ist geplant Sensoren zur kontinuierlichen Aufzeichnung der Bodenfeuchtigkeit, Xylemfluss sowie Lufttemperatur und -feuchtigkeit zu installieren.



Bedeutung und Umgang mit genetischer Introgression bei heimischen Wildobstarten

KATHARINA VOLMER*, NICOLE OPFERMANN, KATHARINA B. BUDDE, AKI M. HÖLTGEN

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Prof.-Oelkers-Straße 6, 34346 Hann. Münden

* katharina.volmer@nw-fva.de

Wildobstarten (hier Wildkirsche, Wildbirne und Wildapfel) aus der Familie der Rosengewächse gelten als wärmeliebende Lichtbaumarten und weisen eine vergleichsweise hoher Trockenheits- und Hitzetoleranz auf. Sie produzieren wertvolles Holz für die Forstwirtschaft und tragen zum Erhalt der Biodiversität unserer Wälder bei, da sie einer Vielzahl von Insekten und Tieren als Nahrungsquelle dienen.

Aufgrund des Anbaus von Zuchtsorten kommt es jedoch immer wieder zu genetischer Introgression im Vermehrungsgut und somit zu Veränderungen des ursprünglichen Genpools. Deshalb zeigen Nachkommen unserer Wildvorkommen aufgrund der Einkreuzung von Kulturformen oft eine Verschiebung ihrer Ressourcen von Höhenwuchs in Fruchtbildung (größere Früchte, geringerer Anteil wipfelschäftiger Bäume etc.). Auch die Standorteigenschaften können sich deutlich verändern. Genetische Introgression aus Kultursorten kann somit die ursprünglichen, besonders gut an die Umwelt angepassten Erbeigenschaften verdrängen und es ist zu befürchten, dass dadurch spezifische Wuchseigenschaften verloren gehen und in der Folge die Konkurrenzkraft im heimischen Baumartengefüge stark vermindert wird.

In Wildobstsaamenplantagen kann gezielt hochwertiges, artreines und gleichzeitig genetisch vielfältiges Saatgut dieser Baumarten erzeugt werden. Häufig ist hierzu jedoch zuerst eine gezielte genetische Selektion der Elternbäume notwendig. Früher wurden diese Untersuchungen vor allem über die phänotypische Auslese gesteuert, heute stehen hierzu moderne genetische Analysemethoden zur Verfügung.

Erkennbarkeit von biochemischen Merkmalen in spektralen Signaturen auf Blattebene in einem Buchenmischwald in Nordostdeutschland

PIA KRÄFT^{1*}, MICHAEL FÖRSTER², RALF KÄTZEL³, BENJAMIN DECHANT¹, EPHRAIM SCHMIDT-RIESE¹, ANNE CLASEN⁴, ROBERT JACKISCH¹, CHRISTINE WALLIS¹

¹ Technische Universität Berlin, Fachgebiet Geoinformation in der Umweltplanung, Straße des 17. Juni 145, 10623 Berlin

² LUP - Luftbild Umwelt Planung GmbH, Große Weinmeisterstraße 3a, 14469 Potsdam

³ Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, FB Waldökologie und Monitoring, Alfred-Möller-Straße 1, 16225 Eberswalde

⁴ Landesforst Mecklenburg-Vorpommern - AÖR. Betriebsteil Forstplanung, Versuchswesen, Forstliche Informationssysteme, Zeppelinstraße 3, 19061 Schwerin

* p.kraeft@tu-berlin.de

Seit den Dürresommern 2018/2019 ist die Vitalität deutscher Wälder deutlich beeinträchtigt – ein verbessertes Monitoring ist daher dringend erforderlich. Die etablierte Waldzustandserhebung, die jährlich an Stichprobepflanzen erfolgt, kann kurzfristige Stressreaktionen nicht flächendeckend erfassen. Die forstliche Fernerkundung bietet hier großes Potenzial, doch artspezifisch variierende Spektalsignale und atmosphärische Störeinflüsse erschweren die Interpretation. Zudem fehlen belastbare Referenzdaten zur Gehölzphysiologie und zu Spektralmessungen an ausgewachsenen Bäumen, da strukturierte Probenahmen in den oberen Kronenbereichen technisch aufwändig sind.

Vor diesem Hintergrund wurde im Forschungsprojekt „FeMoPhys“ ein 40 m hoher Turmdrehkran in einem Buchen-Mischwald bei Drönnewitz/Demmin (Mecklenburg-Vorpommern) installiert. Über den 45 m langen Ausleger sind Baumkronen gezielt für Probenahmen und Messungen zugänglich. In den Vegetationsperioden 2023 und 2024 wurden an 42 Bäumen der fünf vorhandenen Baumarten (11 Buchen, 10 Eichen, 10 Douglasien, 8 Lärchen, 3 Fichten) monatlich Blattproben genommen und zur Vitalitätsdiagnostik auf aussagekräftige biochemisch-physiologische Biomarker analysiert. Parallel erfolgten hyperspektrale Blattmessungen mit dem Feldspektrometer ‚Analytical Spectral Device‘ (ASD) und dem ‚Plant Probe mit Leaf Clip‘-Aufsatz, dessen interne Lichtquelle besonders störungsarme Messungen ermöglicht.

Ziel dieser Studie ist es, mittels Regressionsverfahren (z. B. Partial-Least-Squares-Regression und Gaussian Process Regression) belastbare Zusammenhänge zwischen spektralen Signalen und biochemischen Blattparametern zu identifizieren. Erste Ergebnisse zeigen gute Vorhersagequalitäten für pigmentbasierte Biomarker wie Chlorophyll und Carotinoide sowie für bestimmte phenolische Verbindungen. Die spektrale Erfassbarkeit variiert zwischen den Baumarten und verändert sich saisonal mit den Konzentrationen einzelner Biomarker. Perspektivisch sollen die gefundenen Zusammenhänge auf Drohnen-, Flugzeug- und Satellitendaten übertragen werden, um skalierbare, belastbare Verfahren zur Vitalitätsbewertung ganzer Waldbestände zu entwickeln.

Analysis of in situ performance of the European Beech (*Fagus sylvatica* L.) through the lens of leaf proteomics

ADRIANA GARIBAY-HERNÁNDEZ ^{1*}, VANESSA J UTZ ¹, FREDERIK K SOMMER¹, MARIA OTTAVIANI¹, CAROLINE OTT², BENEDIKT VENN², TIMO MÜHLHAUS², STEFAN SEEGMÜLLER³, MICHAEL SCHRODA¹

¹ Molecular Biotechnology and Systems Biology, Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau, 67663 Kaiserslautern

² Computational Systems Biology, Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau, 67663 Kaiserslautern

³ Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, 67705 Trippstadt

Resilience and robustness are critical capacities for forest performance under current environmental conditions. The European beech (*Fagus sylvatica* L.) is a major deciduous tree species in Central Europe, whose population has been extremely damaged by recent droughts. However, the severity of drought-triggered symptoms varies among individuals, and the physiological mechanisms underlying these contrasting responses are poorly understood.

Implementing novel molecular approaches for in situ tree assessment provides an opportunity to deepen our understanding on tree physiology. To this end, we developed a proteomics workflow on beech leaves to investigate tree performance. We aim to integrate the resulting quantitative information on the relative abundances of more than 6,000 leaf proteins with physiological parameters such as photosynthesis, stomatal conductance, as well as with pigment and targeted metabolite content to associate the molecular changes to tree phenotypes.

To understand the physiological responses to drought, we conducted pilot experiments with beech seedlings subjected to controlled soil aridity settings like those experienced in the Rhineland-Palatinate. Aridities below 15 mm·°C⁻¹ reduced stomatal conductance, lowered chlorophyll a/b ratios, and impaired photosynthetic efficiency. The leaf proteomes showed decreased levels of core photosynthetic proteins and a higher abundance of Early-Response to Dehydration proteins.

As a proof of concept for in situ tree assessment, we analyzed the proteomes of sun leaves from 90-yr-old trees exhibiting contrasting vitalities in the Rhenish Hesse region near Mainz. Low vitality trees showed lower pigment levels, a decreasing photosynthetic efficiency, and leaf proteomes reduced in core photosynthetic proteins. Comparison of the leaf proteomes led to the selection of specific proteins as putative tree vitality markers.

Our first results underscore the enormous potential of leaf proteomics to assess and understand the season-specific performance of mature trees directly in the forest. We aim to apply this approach to additional locations to support decision-making in forest management.