

# Genetisch verankerte Reaktion der Fichten auf Trockenstress?

Mit den modernen Methoden der DNA-Sequenzierung ist es möglich geworden, in breiten Bereichen des Genoms der Fichte nach potenziell beteiligten Abschnitten zu suchen, ohne die verschiedenen Trockenstressreaktionen vollständig zu kennen und sich auf bestimmte schon bekannte Gene festzulegen. Dazu wurden Fichten von einer 50 Jahre alten Versuchsfläche mit extrem unterschiedlicher Reaktion anhand ihrer Jahrringprofile ausgewählt.



Abb. 1: Entnahme eines Bohrkerns auf der Fichtenversuchsfläche

Foto: H. Liesebach

des nachwachsenden Rohstoffs Holz in Deutschland und ist damit mit Abstand unsere wichtigste Wirtschaftsbaumart [1].

Als sogenannte Gewinner oder Verlierer des Klimawandels werden meist ganze Arten betrachtet, wobei die Fichte (*Picea abies* L. – Baum des Jahres 2017) vor allem wegen ihrer Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit als Verlierer gilt [2]. Eine Baumart ist jedoch nicht in sich einheitlich oder homogen. Innerhalb jeder Art gibt es eine große Variabilität und ein breites Spektrum an Eigenschaften, die einerseits zwischen unterschiedlichen Populationen bestehen kann, die sich an verschiedene lokale Bedingungen innerhalb des Verbreitungsgebiets angepasst haben [4]. Andererseits existieren auch innerhalb von Populationen zwischen den einzelnen Bäumen deutliche, auch genetisch bedingte, Unterschiede, die eine Voraussetzung für die Anpassungsfähigkeit von Populationen an sich ändernde Bedingungen sind.

Der Waldklimafonds (WKF) fördert seit Ende 2015 ein Verbundprojekt zur Erforschung der Trockenresistenz-eigenschaften der Fichte. Unter Federführung des Thünen-Instituts für Waldökologie in Eberswalde sind das Thünen-Institut für Forstgenetik in Großhansdorf, das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) und die Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE) als Partner beteiligt (<https://www.thuenen.de/de/fg/projekte/aktuelle-projekte/fichte-trockenheit/>). Die innerartliche Variabilität bei der Eigenschaft Trockenresistenz der Fichte wird dabei sowohl an Jungpflanzen als auch in Altbeständen mit verschiedenen Methoden untersucht. „Messen“ lässt sich die Reaktion auf Trockenheit z. B. über den Wachstumsver-

## Schneller Überblick

- In einem über 50-jährigen Herkunftsversuch wird nach Fichten gesucht, die unterschiedlich auf Trockenheit reagieren
- Anhand von Bohrkernen wurden Fichten ausgewählt, die eine extrem starke oder extrem schwache Reaktion auf Trockenjahre zeigten
- Nadelproben wurden geerntet als Grundlage für die anstehenden DNA-Untersuchungen zum Auffinden trockenstressrelevanter Gene

Heike Liesebach, Markus Hartmann,  
Mirko Liesebach, Andreas Bolte

**D**ass der Klimawandel auch einen Einfluss auf Waldökosysteme hat, gilt als sicher. Viele Strategien werden verfolgt, um die vielfältigen Waldfunktionen weiter zu erfüllen. Dies betrifft nicht nur die Holzproduktion allein, sondern dazu zählen auch die vielseitigen ökologischen Funktionen für Wasser und Luft, der Wald als Landschaftselement und Lebensraum sowie seine Rolle beim Schutz und der Erhaltung der Biodiversität. Die Fichte als einheimische Art ist nicht nur für unsere Mittelgebirge ökologisch wertvoll, sondern liefert den größten Anteil

lauf anhand von Jahrringmessungen, Holzanatomie sowie mit physiologischen und biochemischen Parametern. Im Mittelpunkt des Teilprojekts des Thünen-Instituts für Forstgenetik steht die Entwicklung und Erprobung genetischer Marker für das Merkmal Trockenstressresistenz.

### Suche nach trockenstress-relevanten Genen

Bei der Trockenstressresistenz von Bäumen geht es nicht nur allein um das Überleben oder Absterben. Sie hat damit keinen ausschließlichen Alles-oder-Nichts-Charakter, sondern ist eine Eigenschaft mit kontinuierlicher Merkmalsausprägung, die von vielen Faktoren abhängt. Das könnten z. B. bestimmte Besonderheiten im Zellstoffwechsel sein, die einen Baum mehr oder weniger als einen anderen befähigen, trotz Wassermangels noch „normal“ zu funktionieren, oder z. B. eine dickere Wachsschicht auf den Nadeln, die den Trockenstress von vornherein reduzieren. Doch wie und wo sollte man bei der Suche nach genetischen Markern anfangen, ohne die verschiedenen Resistenzmechanismen schon vollständig und im Detail zu kennen? Mit den modernen Methoden der DNA-Sequenzierung (Next Generation Sequencing) ist es möglich geworden, in breiten Bereichen des Genoms nach solchen potenziell beteiligten DNA-Abschnitten zu suchen, ohne sich von vornherein auf bestimmte schon bekannte Gene beschränken zu müssen.

### IUFRO-Herkunftsversuch mit Fichte von 1964/68

Ausgangspunkt und Materialbasis für diese Suche ist eine unserer zahlreichen Versuchsflächen, die vor 50 Jahren, 1968, als Teil einer europaweiten Versuchsflächenreihe angelegt wurde [3]. Das Saatgut dafür wurde gemeinsam mit vielen Partnern an 100 Orten in ganz Europa gesammelt und 1964 ausgesät. Eine einzige Fläche dieser Serie, gelegen im Pfälzerwald, ist bisher noch nicht durchforstet worden. Sie befindet sich auf Buntsandstein in ca. 300 m Höhe mit leichter Hangneigung nach Nordwest abfallend. Das langjährige Mittel (1961 bis 1990) der Jahres-



Abb. 2: Ein Bohrkern mit der dazugehörigen grafischen Darstellung. Zur Orientierung markieren die roten Pfeile die Jahre 1980, 1990, 2000 und 2010.

durchschnittstemperatur betrug 8,8 °C und die mittlere Niederschlagssumme pro Jahr 806 mm. Unter diesen Standortbedingungen ist Trockenstress durchaus zu erwarten. Die Bäume sind inzwischen im Mittel 17 m (8,5 bis 22,7 m) hoch und haben einen Durchmesser von 17 cm (5 bis 33 cm) bei einer Überlebensrate von 71 %. Für die Holzproduktion wäre dieser Zustand nicht optimal, da durch die starke Konkurrenz der Zuwachs der einzelnen Bäume über die Zeit immer mehr abgenommen hat. Für die Wissenschaft dagegen ist eine solche Versuchsfläche ein einmaliger Glücksfall, da bisher nur natürliche Differenzierungsprozesse und der Zufall gewirkt haben. In den Jahrringprofilen ist das „Verhalten“ der Bäume über ein halbes Jahrhundert archiviert, unbeeinträchtigt von Durchforstungen, bei denen die verbleibenden Bäume auf den plötzlich erweiterten Standraum mit erhöhtem Durchmesserzuwachs reagieren würden.

### Klimareaktionen im Bohrkern

Von vier Wetterstationen in der nahen Umgebung der Versuchsfläche liegen detaillierte Daten des Deutschen Wetterdienstes DWD mit Monatsmittelwerten vor, aus denen mehrere lokale Trockenzeiten ersichtlich sind: 1976, 1983, 1993, 2003/2004 und 2014. Welche Bäume haben auf Trockenereignisse wiederholt mit starkem Wachstumsrückgang, d. h. mit einem besonders schmalen Jahrring reagiert? Und welche Bäume sind, unabhängig von der von Jahr zu Jahr schwankenden Wasserversorgung, fast gleichmäßig weitergewachsen? Diese seltenen Extreme sind es, die als Basis für eine partielle DNA-Sequenzierung inte-

ressant sind. Um sie zu finden, wurden im Herbst 2016 von mehr als 500 Bäumen Bohrkern entnommen (Abb. 1), die Jahrringbreiten einzeln am Messtisch vermessen und mit der Software TSAPWIN erfasst (Abb. 2).

Umfangreiche statistische Auswertungen der Messdaten haben nun die gesuchten besonders stark oder besonders schwach reagierenden Bäume von den vielen getrennt, die sich unter den überlebenden Bäumen mehr oder weniger

durchschnittlich verhalten haben. Im Juni 2017 war es soweit: von den ausgewählten Bäumen wurden mit Unterstützung der Baumkletterer der Firma Björn Adrian aus Rüsselsheim (Abb. 3) frische Nadelproben gewonnen.

### Anschließende Arbeiten

Nun stehen die Extraktionen hochreiner DNA aus den Nadelproben für das „Next Generation Sequencing“ an. Aus den Sequenzdaten werden dann mithilfe von Spezialsoftware und bioinformatischen Methoden potenzielle Marker entwickelt. Solche DNA-Abschnitte, die mit statistischen Verfahren und ohne genaue Kenntnis der einzelnen biologischen Wirkungen gefunden werden, könnten an der unterschiedlich stark ausgeprägten Trockenresistenz beteiligt sein. Ob das tatsächlich so ist, wird dann in weiteren Arbeitsschritten geprüft. Dazu werden zahlreiche Fichten eingesetzt, von getopften Jungpflanzen im Gewächshausversuch bis zu älteren Bäumen auf mehreren Versuchsflächen, deren individuelle Trockenresistenz mit verschiedenen Methoden von den beteiligten Projektpartnern beurteilt wurde.

### Ausblick

Nach Abschluss dieses Forschungsprojekts, so die Planung, werden uns die ersten adaptiven Marker für die Trockenstressresistenz der Fichte zur Verfügung stehen. Ist sie eher eine Eigenschaft, die Populationen und Herkünfte unterscheidet? Oder ist sie innerhalb von Populationen zwischen den einzelnen Bäumen so variabel, dass es eher um individuelle Unterschiede geht? Auch das ist



Foto: H. Liesebach

Abb. 3: Baumkletterer werben Fichtenzweige mit diesjährigem Austrieb für die DNA-Analysen

eine noch offene Frage, auf die wir in diesem Forschungsprojekt erste Antworten finden wollen. Die Forschungsergebnisse aller beteiligten Partner werden dazu dienen, die Trockenstressresistenz von Fichten besser beurteilen zu können.

Forstliche Versuchsflächen, die von unseren früheren Kollegen, damals mit anderen Zielstellungen, angelegt wurden und über Jahre und Jahrzehnte hinweg betreut wurden, sind heute sehr wertvolle Grundlagen für neue Fragestellungen,

wie sie z. B. der Klimawandel aufwirft. Gleichzeitig ist es auch heute unsere Aufgabe, neue Versuchsflächen bezogen auf aktuelle Fragestellungen, zu konzipieren und anzulegen, um auch zukünftig eine gute Datenbasis für die forstliche Forschung zur Verfügung zu haben. Die anwendungsorientierte Forschung in der Forstwissenschaft erfordert einen langen Atem und damit eine gesicherte Finanzierung im Rahmen der Ressortforschung des Bundeslandwirtschaftsministeriums.

### Literaturhinweise:

- [1] BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Hrsg.) (2016): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. 2. Korrigierte Auflage, Bonn, 52 S. [2] BOLTE, A.; EISENHÄUER, D.-R.; EHRHARDT, H.-P.; GROSS, J.; HANEWINKEL, M.; KÖLLING, C.; PROFFT, I.; ROHDE, M.; RÖHE, P.; AMERELLER, K. (2009): Klimawandel und Forstwirtschaft – Übereinstimmungen und Unterschiede bei der Einschätzung der Anpassungsnotwendigkeiten und Anpassungsstrategien der Bundesländer. Landbauforschung 59 (4), S. 269-278. [3] KRUTZSCH, P. (1974): The IUFRO 1964/68 provenance test with Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Silvae Genetica*, 23(1/3), 58-62. [4] LIESEBACH, M.; RAL, H.-M.; KÖNIG, A. O. (2010): Fichtenherkunftsversuch von 1962 und IUFRO-Fichtenherkunftsversuch von 1972: Ergebnisse von mehr als 30-jähriger Beobachtung in Deutschland. Beiträge aus der NW-FVA, Band 5, 467 S.

Dr. Heike Liesebach, heike.liesebach@thuenen.de, leitet den Arbeitsbereich Ökologische Genetik am Thünen-Institut für Forstgenetik. Markus Hartmann war Projekt-Mitarbeiter und Dr. Mirko Liesebach leitet den Arbeitsbereich Herkunfts- und Züchtungsforschung am selben Institut. Prof. Dr. Andreas Bolte



leitet das Thünen-Institut für Waldökosysteme in Eberswalde und koordiniert das Verbundprojekt.

Unterstützt wurden die Autoren von Wolfgang Beck bei der Einarbeitung in die Jahringmessung; Birgit Kersten hat einen konzeptionellen Beitrag zur Markerentwicklung beigetragen; das Bundeslandwirtschaftsministerium (BMEL) und das Bundesumweltministerium (BMUB) fördern das Projekt über den Waldklimafonds.