

Endlich hinter Schloss und Riegel

Stand und Perspektiven der Forschung beim Riegelahorn

Gisela Naujoks, Dietrich Ewald, Andreas Meier-Dinkel und Michael Wallbraun

Seine Beliebtheit und sein seltenes Vorkommen machen das Holz des Riegelahorns zu einem der teuersten in Europa. Wenn ein wertvoller Riegelahorn verkauft worden ist, endet meist seine Geschichte. Es wird vergessen, dass noch Reste der Pflanze am Standort verbleiben: sowohl der Stock als auch Kronenteile mit lebenden Knospen. Dieses kann der Ansatz für die moderne Biotechnologie sein, den Baum weiterleben zu lassen, indem Kopien solch einmaligen Materials hergestellt und somit deren Gene und deren Wuchseigenschaften erhalten werden. Darüber hinaus könnte das Pflanzenmaterial dazu dienen, den Ursachen der geriegelten Holzstruktur auf den Grund zu gehen und die Frage nach dem Zeitpunkt ihrer deutlichen Ausprägung zu beantworten. Verschiedene Einrichtungen der Wissenschaft und Praxis wollen nun ihre Kompetenzen bündeln und diese Themen in einem gemeinsamen Projekt bearbeiten.

Jedes Jahr im Winter werden in Deutschland ausgewählte Stämme für den Holzverkauf eingeschlagen und versteigert. Beim Verkauf gibt dann der erzielte Preis einen Hinweis auf die Qualität des Holzes. Eine der wertvollsten Spielarten der Holzmaserung ist die Riegelung, ein wellenförmiger Verlauf der Holzfasern, der im Tangentialschnitt als Querstreifung des Holzes sichtbar wird (Abb. 1). Beim Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) sind gelegentlich solche Formen zu finden. So schwankt der Anteil an Riegelahorn in Ahornbeständen in Frankreich z. B. zwischen zwei und fünf Prozent [9]. Das Holz wird in der Furnierindustrie, im exklusiven Möbelbau und aufgrund seiner guten Eignung als Klangholz seit Jahrhunderten im Musikinstrumenten-

bau unter anderem als Geigenboden verwendet. Im Englischen wird so ein Ahorn auch „Fiddleback maple“, also Geigenrücken-Ahorn genannt. Wegen seiner vergleichsweise höheren Bruchigkeit ist das Holz jedoch nicht als Konstruktionsholz zu verwenden. Die versteigerten, meist über 100 Jahre alten Baumstämme können stolze Preise erzielen – mehrere tausend Euro pro Festmeter sind da nicht selten.

Einer der teuersten deutschen Riegelahorne kam aus dem Forstamt Eppingen und wurde 2003 für 28 000 € versteigert. Im Frühjahr 2011 wurde dann dieser Preis weit überboten durch einen Stamm, welcher in Bayern im Forstbetrieb Arnstein gefällt und damals als „Weltrekordstamm“ bezeichnet wurde. Mehr als 44 500 € bezahlten der Furnierspezialist Mehling & Wiesmann aus Lohr am Main und das Furnierwerk Fritz Kohl in Karlstadt für diesen einen Bergahornstamm. Ein Teil davon wurde kürzlich in Chicago/USA aufgearbeitet und zu Furnier geschnitten. Im Frühjahr 2012 wurde selbst dieser Rekord noch gebrochen durch die Versteigerung eines außergewöhnlichen Riegelahorns aus der Nähe von Ageville im Osten Frankreichs. Mit einem Durchmesser von mehr als 80 cm bei einer Länge von 8,5 m und einem Volumen von 4,5 m³ erzielte er durch seine einzigartige Riegelung einen

„Spenden“-Aufruf

Unterstützung bei der Sammlung von Material geriegelter Bergahorne haben die Autoren bisher bei folgenden forstlichen Einrichtungen erhalten: Landesstelle für forstliches Vermehrungsgut Waldsieversdorf, Forstbetrieb Arnstein, Fa. T. Emslander Christbaumland, FBG Liebenburg, Forstbetrieb Limbach (Freiberg), Fürstl. Castellsche Forstabteilung, FA Recklinghausen, Graf von Mehrveltsche Forstverwaltung, FA Paderborn, FA Bergisch-Gladbach, LÖBF NRW (Arnsberg), FoA Eppingen, FA Knechtsteden, Forstbetrieb Haberland (Aulendorf), FA Mühlhausen, FoA Kempten, Forstrevier Wermsdorf (bei Grimma), FA Krumbach, FA Ottobeuren, Stadtförstamt Göttingen, Forstverwaltung der Reiehbürgerschaft Bad Münder, HessenForst mit den FÄ Nidda und Wehretal und Niedersächsische Landesforsten mit den NFÄ Dassel, Liebenburg, Reinhausen und Seesen.

Die Autoren dieses Beitrages bitten alle, denen wertvolle geriegelte Bergahornbäume bekannt werden, A. MEIER-DINKEL (andreas.meier-dinkel@nw-fva.de oder G. NAUJOKS (gisela.naujoks@ti.bund.de) zu benachrichtigen und ebenso um Hilfe bei der Bereitstellung von Reisermaterial zur Sicherung dieser Genressourcen. Nähere Hinweise zum Vorgehen sind bei A. MEIER-DINKEL oder G. NAUJOKS zu erhalten.

Preis von 61 537 €, Käufer war wiederum das Furnierwerk Fritz Kohl.

Stand der Wissenschaft

Die Ursache für die Riegelung konnte bisher nicht geklärt werden. Es gibt jedoch Hinweise auf eine gewisse Vererbbarkeit dieser Eigenschaft, die vermutlich rezessiv ist, weil die Riegelung so selten vorkommt. Riegelung kommt auch bei anderen heimischen Laubhölzern vor, z. B. bei Nussbaum, Esche, Eiche und Speierling [7]. Das Phänomen des welligen Faserverlaufs scheint also unter den Baumarten eine durchaus verbreitete Wachstumsanomalie zu sein, was auf eine Ursache in der allgemeinen Holzformation hinweisen könnte. Der wellige Faserver-

G. Naujoks und Dr. D. Ewald sind als Wissenschaftler am Standort Waldsieversdorf des Thünen-Instituts für Forstgenetik tätig. Dr. A. Meier-Dinkel ist Wissenschaftler bei der NW-FVA in Hann. Münden. Dr. M. Wallbraun arbeitet als Wissenschaftler bei RLP AgroScience, AlPlanta - Institut für Pflanzenforschung in Neustadt a. d. W.



Gisela Naujoks
gisela.naujoks@ti.bund.de

lauf könnte durch lokal unterschiedliches Xylem-Wachstum zustande kommen. Die Differenzierung der Leitbündel und das sekundäre Dickenwachstum werden sehr komplex auf unterschiedlichen Ebenen geregelt. Phytohormone, insbesondere Auxine, und die Expression bestimmter Gene scheinen eine Rolle dabei zu spielen, vielleicht auch Mutationen oder epigenetische Modifikationen von Genabschnitten. In jüngster Zeit konnten mit genetischen und genomischen Methoden bereits detaillierte Einblicke in dieses Netzwerk gewonnen werden [10].

Ein Indiz für die stabile Übertragbarkeit der geriegelten Holzstruktur durch vegetative Vermehrungsverfahren gab schon in den 1970er-Jahren die Beschreibung einer Ahornholzprobe, von der angenommen wird, dass sie ein Längsschnitt durch eine Pfropfbene ist, unten mit deutlich gerieglter und oben mit glatter Holzfasern [2]. Beide Pfropfteile konnten ihre Holzeigenschaft bei identischen Umweltbedingungen behalten. Eine durch Viren oder andere übertragbare Erreger bedingte Ursache der Riegelung scheidet damit sehr wahrscheinlich aus. Die Tatsache, dass die Riegelung nicht immer im ganzen Stamm ausgeprägt sein muss, sondern von Fall zu Fall auch nur auf unterschiedliche Teilbereiche des Stammes begrenzt sein kann, könnte auf multifaktorielle Ursachen im Prozess der Holzbildung hinweisen.

Die genetisch identische Vermehrung von alten Riegelahorn-Bäumen (z.B. über Stecklinge) ist sehr schwierig, da die Bewurzelungs-Willigkeit mit zunehmendem Alter stark nachlässt [9, 4]. Daher war die Vermehrung alter Ahorne bisher nur über Pfropfungen (Veredlungen) möglich. Im Thünen-Institut für Forstgenetik in Waldsiedersdorf und in der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in Hann. Münden bzw. in deren Vorläufer-Einrichtungen wurden in den letzten Jahren von verschiedenen, teuer verkauften Riegelahornbäumen Pfropflinge hergestellt, um das Material zu sichern und durch das als Pfropfunterlage verwendete junge Pflanzenmaterial eventuell eine partielle Verjüngung zu erreichen. Von diesen Pflanzen ausgehend, die als Spender für Knospen und Stecklinge dienen, wird dann versucht, die Bäume durch andere vegetative Methoden (Stecklingsbewurzelung, Gewebekultur) zu vermehren. Vorversuche zeigten, dass eine Stecklingsvermehrung nur nach einer vorherigen Verjüngung, also z.B. einer Gewebekulturphase, ausreichend effizient sein könnte.

Mit In-vitro-Techniken gelang die Gewebekultur von Ahorn erstmalig in Deutschland bei der Kleinwanzelebener Saatzucht



Abb. 1: Holzprobe (Tangentialschnitt) von Riegelahorn

Foto: G. Naujoks

AG (KWS) in Einbeck. Wachstumsreaktionen und -phasen neu etablierter Sprossspitzen-Kulturen wurden damals beschrieben [6]. Erste Versuche zur Mikrovermehrung von Bergahorn einschließlich Riegelahorn sind auch in der Abteilung Waldgenressourcen der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt durchgeführt worden und wurden in der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt fortgeführt. Im Rahmen einer Diplomarbeit [8] wurden sowohl eine Literaturrecherche zum Phänomen der Riegelung des Bergahornholzes als auch Versuche zur Etablierung eines Mikrovermehrungsprotokolls durchgeführt (Abb. 2). Von einigen Genotypen konnten bereits mikrovermehrte Pflanzen im Versuchsmaßstab produziert werden.

Ein Beweis für die Ausprägung des Merkmals Riegelung nach In-vitro-Kultivierung steht beim Ahorn noch aus.

Dass dieses mithilfe der Mikrovermehrung möglich ist, konnte im Thünen-Institut für Forstgenetik am Beispiel von Braumnasereichen schon vor Jahren gezeigt werden [3]. Die Eigenschaft der „Maserung“, die genetisch fixiert ist, blieb bei dem Material, welches in Gewebekultur vegetativ vermehrt wurde, erhalten.

Inzwischen konnte in Waldsiedersdorf die Mikrovermehrung eines juvenilen Bergahornklons etabliert werden, der sich in beliebiger Stückzahl vermehren lässt und als standardisierte Pfropfunterlage genutzt werden kann. So konnte das Material vom oben genannten „Weltrekordstamm“ in Zusammenarbeit mit dem Forstbetrieb Arnstein der Bayerischen Staatsforsten und von einem weiteren, sehr teuren Stamm aus dem FA Eppingen durch Pfropfung gesichert werden. Von beiden Klonen gelang es, durch sukzessive Testung von Nährmedienvarianten eine vermehrbare Gewebekultur aufzubauen. Die ersten jungen Riegelahornpflanzen (Abb. 3) wachsen bereits seit längerem im Freiland. Doch damit sind längst noch nicht alle offenen Fragen gelöst.

Forschungsbedarf

Die Riegelung eines Ahornstammes ist nicht einfach zu identifizieren. An äußeren

Stamm-Merkmalen, insbesondere der Rindenart, ist sie nicht zu erkennen. Gewisse Anhaltspunkte können am lebenden Baum durch Stanzen von Sichtfenstern in die Rinde bis in den Splint erkannt werden [1]. Gewissheit können allerdings erst Untersuchungen am gefällten Stamm erbringen. Dabei ist auch hier auf Sorgfalt zu achten, da oft nicht der ganze Stamm gerieglert ist, sondern nur z.B. eine Stammhälfte oder der Stammfuß [8]. Mit modernen molekularen Methoden könnte möglicherweise ein Werkzeug zur frühzeitigen Erkennung der Riegelung entwickelt werden.

Die durch die Pfropfung angestrebte erste Sicherung des Materials aus dem Kronenbereich ist schwierig, denn das meist hohe Alter der Bäume kann den erfolgreichen Anwuchs der Pfropfreiser beeinträchtigen. Eine besondere Herausforderung stellt jedoch die Entwicklung einer geeigneten Gewebekulturmethode für die Vermehrung der ausgewählten Riegelahorne dar. Dies resultiert aus mehreren Tatsachen. Zum ersten ist das verfügbare Material (Reiser aus dem Kronenbereich) nur begrenzt vorhanden, wodurch systematische Versuche erschwert werden. Zum zweiten liegen diese Reiser nach dem Einschlag meist zwei bis vier Monate im Bestand bis zur Versteigerung und damit bis zur Bestimmung des Wertes des jeweiligen Baumes. Dies beeinträchtigt ihre Vitalität und somit auch den späteren Etablierungserfolg. Zum dritten handelt es sich bei den Knospen dieser Reiser zumeist um Blütenknospen, d. h. Organe der generativen Vermehrung. Dies ist hinsichtlich der Regeneration vegetativer Sprosse normalerweise ein Nachteil. Sollte sich aber erweisen, dass ähnlich wie bei der Baumart Pappel an der Basis der Blütenknospen auch vegetative Knospen zu finden sind, könnte dies sogar von Vorteil sein. Alle im Bereich der Blüte liegenden Gewebe haben dann eine zumindest partielle Rejuvenilisierung (Wiederverjüngung) durch den Prozess der Blütenbildung erfahren, was die Chance für eine erfolgreiche Regeneration erhöhen kann. Wie sich bei den ersten Versuchen zur Vermehrung von Ahorn bisher zeigte, treten, wahrscheinlich infolge des zuckerhaltigen Blutungssaftes, auch beim Berga-



Abb. 2: In-vitro-Kultur von Riegelahorn: gestreckter Spross aus Primärexplantat, fünf Wochen nach der Explantation

Foto: A. Meier-Dinkel



Abb. 3: In-vitro-Pflanze vom Riegelahorn aus dem Forstbetrieb Arnstein, 16 Wochen nach der Überführung in die Erdkultur

Foto: D. Ewald

horn oft endophytische Bakterien auf, welche die Kultivierung empfindlich stören können. Dies ist besonders dann der Fall, wenn man auf das Material vom liegenden Stamm für die Etablierung angewiesen ist. Viel besser eignen sich frische Austriebe, in welchen sich die endophytischen Bakterien oft noch nicht anreichern konnten.

Die Vermehrungseignung wird wie bei allen vegetativen Verfahren natürlich ganz erheblich vom Genotyp beeinflusst, d.h. eine Reihe von Experimenten wäre erforderlich, um zu einer optimierten Mikrovermehrungsmethode zu kommen, die möglichst für viele Klone anwendbar ist.

Obwohl in der Literatur immer wieder methodische Hinweise zur Vermehrung von Ahorn zu finden sind, ist eine erfolgreiche Gewebekultur von alten Riegelahorn-Klonen bisher nur in wenigen Veröffentlichungen erwähnt [9, 5, 8]. Aktuelle Veröffentlichungen über den Verbleib der früher vermehrten Riegelahorn-Bäume liegen nicht vor, ebenso fehlen Hinweise auf eine spätere Nutzung dieser erarbeiteten Methode in größerem Maßstab. Bisher ist somit keine In-vitro-Methode beschrieben, die ausgehend von Material adulter Riegelahorn-Bäume (> 80 Jahre; Kronenzweige oder Pfropflinge) ein zyklisches Verfahren zur Sprossvermehrung aufzeigt.

Ziele eines künftigen Projekts

Mehrere wissenschaftliche Einrichtungen und Praxispartner mit Gewebekulturlabors verfolgen derzeit die Absicht, ihre Kompetenzen zu bündeln und die bisherigen Erfahrungen auf dem Gebiet der Mikrovermehrung von Gehölzen und der Genomforschung in ein künftiges Ver-

bundprojekt zum Riegelahorn einfließen zu lassen. Eine entsprechende Projektskizze wurde bei der Fachagentur Wachsende Rohstoffe e. V. (FNR) eingereicht.

Die potenziellen Projektpartner sind:

- RLP AgroScience, AlPlanta – Institut für Pflanzenforschung, Neustadt a. d. W.,
- Thünen-Institut für Forstgenetik, Waldsiedersdorf,
- Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldgenressourcen, Hann. Münden,
- Institut für Pflanzenkultur e. K., Schnega,
- Reinhold Hummel GmbH & Co KG, Stuttgart.

Geplant ist, biotechnologische Methoden zu entwickeln und zu optimieren, um das wertvolle Riegelahorn-Material in größerer Stückzahl zu vermehren und damit langfristig zu sichern (Generhaltung, Thünen-Institut und NW-FVA). Eine zu erarbeitende Methodik zur genetischen Charakterisierung (Fingerprint-Mikrosatelliten, Thünen-Institut) erlaubt dann jederzeit die genetische Identifizierung einzelner Klone. Nach entsprechender Prüfung in Feldversuchen (NW-FVA) und Zulassung entsprechend dem Forstvermehrungsgutgesetz soll solches Material künftig einer weiteren züchterischen Nutzung sowie einer unmittelbaren Vermarktung zugeführt werden.

Ein weiteres Ziel ist es, die Ursachen der Riegelung im Ahorn aufzuklären. Da die Ursachen multifaktoriell vermutet werden, sollen die Untersuchungen mehrgreisig auf genetischer und epigenetischer Ebene und auf Ebene eines Endophyten-Screenings (Institut für Pflanzenkultur) durchgeführt werden. Die einmaligen, bereits vorhandenen Riegelahorn-Sammlungen der Projektpartner und die enormen Fortschritte der Hochdurchsatzsequenzierungen er-

lauben auch bei Bergahorn die Strategie der Transkriptomanalyse zu verfolgen, um Unterschiede im geriegelten und nicht geriegelten Bergahorn aufzudecken (RLP Agrosience, Projektkoordination). Darauf aufbauend soll eine Untersuchungsmethode für den molekularen Nachweis der Riegelung am lebenden Baum entwickelt werden. Das bezüglich der Riegelung als positiv erwiesene Pflanzenmaterial soll im Rahmen dieses Vorhabens für die Weiterentwicklung der von der NW-FVA und dem Thünen-Institut optimierten Mikrovermehrungsmethode zu einem effektiven, kommerziell anwendbaren In-vitro-Vermehrungsprotokoll verwendet werden (Reinhold Hummel GmbH) mit dem Ziel einer späteren Vermarktung als hochwertiges Vermehrungsgut.

Literaturhinweise:

- [1] ARBOGAST, M. (1992): L'érablé à fibres ondulées: ressources, critères de reconnaissance. *Revue Forestière Française*, 44. Jg., S. 160-175.
- [2] CONRAD, J. (1977): Ein Indiz für die Vererbbarkeit gewisser Holzstrukturen. *Der Forst- und Holzwirt*, 32. Jg., S. 217-218. [3] EWALD, D.; NAUJOKS, G.; KOHLSTOCK, N.; PIEGERT, H. (1996): Das Holz, nach dem wir suchten – Erfahrungen und Folgerungen zum Anbau in vitro vermehrter Braunnasenerbirken. *AFZ-DerWald*, Nr. 14, S. 767-769.
- [4] EWALD, D.; SCHNECK, V.; LIESEBACH, H. (2005): Riegelahorn – Vermehrung und Anbauversuch. Posterabstract im Tagungsband der 26. Tagung der AG Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Fulda, S. 146-153.
- [5] EWALD, D.; NAUJOKS, G. (2005): Untersuchungen zur vegetativen Vermehrung von Riegelahorn. *BFH-Nachrichten* 3. [6] GEBHARDT, K.; BOHNENS, J. (2005): Mikrovermehrung und Klonprüfung bei Berg-/Riegelahorn. Veröffentlichung im Tagungsband der 26. Tagung der AG Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Fulda, S. 146-153.
- [7] Kausch-Blecken von Schmeling, W. (2002): Geriegeltes Elsbeerenholz. *Corninaria*, 18. Jg., S. 3-7. [8] MAYER, F. (2010): Das Phänomen der Riegelung des Holzes bei Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) sowie Versuche zur Optimierung der In-vitro-Vermehrung. Diplomarbeit der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Gartenbau und Lebensmitteltechnologie, 61 S. [9] ROHR, R.; HANUS, D. (1987): Vegetative propagation of wavy grain sycamore maple. *Canadian Journal of Forest Research*, 17. Jg., S. 418-420. [10] SIEBURTH, L. E.; DEYHOLOS, M. K. (2006): Vascular development: the long and winding road. *Current Opinion in Plant Biology*, 9. Jg., S. 48-54.