

Beiträge von Forstpflanzenzüchtung und Forstgenetik für den Wald von Morgen

7. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 12. bis 14. September 2022 in Ahrensburg

Tagungsband

Mirko Liesebach (ed.)

Thünen Report 105

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

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

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

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

Zitationsvorschlag – Suggested source citation:

Liesebach M (ed.) (2023) Beiträge von Forstpflanzenzüchtung und Forstgenetik für den Wald von Morgen : 7. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 12. bis 14. September 2022 in Ahrensburg : Tagungsband. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 318 p, Thünen Rep 105, DOI:10.3220/REP1681451577000

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

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



THÜNEN

Thünen Report 105

Herausgeber/Redaktionsanschrift – Editor/address

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

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

ISSN 2196-2324

ISBN 978-3-86576-265-8

DOI:10.3220/REP1681451577000

urn:nbn:de:gbv:253-202304-dn066221-6

Beiträge von Forstpflanzenzüchtung und Forstgenetik für den Wald von Morgen

**7. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzen-
züchtung vom 12. bis 14. September 2022 in Ahrensburg**

Tagungsband

Mirko Liesebach (ed.)

Thünen Report 105

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

Thünen Report 105

Braunschweig/Germany, April 2023

Geriegelte Werthölzer – Vermehrung und genetische Charakterisierung

ANNE-MAREEN E. EISOLD, CORNELIA BÄUCKER, HEIKE LIESEBACH, VOLKER SCHNECK

Zusammenfassung

Holz von Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) und anderen Baumarten mit besonderen Holzeigenschaften wie bspw. der Riegelung wird auf mitteleuropäischen Submissionen zu Höchstpreisen verkauft. Methoden zur Erhaltung und Vermehrung von Bäumen mit solchen wertsteigernden Holzmerkmalen leisten einen substantiellen Beitrag zur Erhöhung des Wertschöpfungspotentials in der Forstwirtschaft. Die langfristige Sicherung des Klonmaterials geriegelter Bäume erfolgt durch Pfropfung und Etablierung in der In-vitro-Kultur. Im Rahmen aktueller Forschungsarbeiten wird die Klonsammlung ausgebaut und mit Hilfe von SSR-Analysen genetisch charakterisiert. Langfristig wird eine effiziente Produktion geprüfter geriegelter Klone für die Forstwirtschaft angestrebt.

Summary

Wavy grain – propagation and genetic characterization

Timber of sycamore (*Acer pseudoplatanus*) and other tree species with special grain characteristics, like wavy grain is sold at top prices on Central European timber auctions. Methods for conservation and propagation of trees with such value-enhancing wood characteristics can make a substantial contribution to increase the value chain in forestry. The long-term preservation of the genetic clonal material of such trees is achieved by grafting and establishment in *in vitro* culture. Within the framework of current research work, the clone collection is being expanded and genetically characterized by SSR analyses. The long-term aim is the efficient production of certified, wavy grained clones for forestry.

1 Das Phänomen der Riegelung im Holz

Holz entsteht als Produkt der Aktivität des vaskulären (oder auch Gefäß-)Kambiums, welches nach innen das sekundäre Xylem (das Holz) und nach außen das sekundäre Phloem (den Bast) der Pflanze bildet, wobei sich das Kambium selbst aus apikalem Meristem entwickelt. Idealerweise entsteht das Holz durch langgestreckte und parallel zur Stammachse ausgerichtete Fasern. Abweichend von diesem regulären Wuchsverhalten kann es zu Abweichungen der Ausrichtung der Holzfasern kommen, so dass sich für diese eine andere Orientierung relativ zur Stammachse ergibt. Solche Abweichungen in der Wuchsrichtung der Holzfasern haben ihren Ursprung in der kambialen Aktivität und entstehen durch Verschiebungen spezifischer vaskular-kambialer Domänen (VASILJEVIČ 1951; HEJNOWICZ und ROMBERGER 1973; PYSZYNSKI 1977; KRAWCZYSZYN und ROMBERGER 1980; SOPUSHYNSKY und TEISCHINGER 2013). Tritt dies zyklisch auf, wird auch die Ausrichtung der Holzfasern entsprechend beeinflusst und es entstehen besondere holzanatomische Merkmale. Die Ursachenforschung zur Entstehung von selten vorkommenden Abweichungen der Wuchsrichtung von Holzfasern inklusive der Riegelung ist ein langwieriger Prozess. Untersuchungen zum Phänomen der Riegelung konzentrierten sich bisher vornehmlich auf die Analyse der Holzanatomie bzw. physikalischer Eigenschaften geriegelter Baumarten (Tabelle 1).

Das sekundäre Dickenwachstum des Baumes wird geprägt durch die Aktivität des Gefäßkambiums (HEJNOWICZ und ROMBERGER 1979). Vom Kambium ausgehend und reguliert, finden verschiedene Wachstums- bzw. Entwicklungsprozesse statt, die chirale Muster initiieren können (HEJNOWICZ 1990; KRISHNAMURTHY et al. 2019). Chiralität wird in diesem Zusammenhang als räumliche Ausrichtung von Zellen bzw. Zellverbänden verstanden, die sich in Wuchsmustern der Holzfasern widerspiegeln. Diese können gerade, spiral- und bänderförmig, gewellt

oder irregulär angeordnet sein (PANSHIN und DE ZEEUW 1970), wobei letztlich ihre Ursachen auf ontogenetischer und molekularer Ebene noch unbekannt sind (KRISHNAMURTHY et al. 2019). Bei einem wellenförmigen Faserverlauf erscheint die Maserung des Holzes in der Tangentialebene als sogenannte Riegelung (Abb. 1) (QUAMBUSCH et al. 2021). Diese Wuchsanomalie beeinflusst die Dichte der Mikrofibrillen des Holzes, woraus sich eine besondere Elastizität verbunden mit einem besonders günstigem Schwingungsverhalten ergibt (SOPUSHYNSKYI und TEISCHINGER 2013; KÚDELA und KUNŠTÁR 2011). Holz mit diesen Eigenschaften ist deshalb nicht nur allein wegen seiner optischen Besonderheiten, sondern auch aufgrund seiner physikalisch-akustischen Qualitäten im Instrumentenbau sehr geschätzt.

Tabelle 1: Analyse der Riegelung in verschiedenen Baumarten (k. A.: keine Angabe möglich).

Spezies	Standort	Untersuchungsschwerpunkt	Quelle	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn	Polen	Holzanatomie	HEJNOWICZ und ROMBERGER 1973
		Frankreich	In-vitro-Kultur	ROHR und HANUS 1987
		Slovakei	Physikalisch-akustische Eigenschaften	KÚDELA und KUNŠTÁR 2011
		Deutschland	In-vitro-Kultur, Mikropropagation, Sicherung von Genressourcen	NAUJOKS et al. 2013
		Deutschland	Holzanatomie, Mikropropagation, Sicherung Genressourcen	EWALD und NAUJOKS 2014, 2015
		Slowenien	Geografische Verbreitung, wirtschaftliche Verwertung	KRAJNC et al. 2015
		k. A.	Physikalisch-akustische Eigenschaften	ALKADRI et al. 2018
		Deutschland	In-vitro-Kultur, Mikropropagation, Klonprüfung, Genotypisierung zur Klontifizierung	BÄUCKER und LIESEBACH 2018; BÄUCKER et al. 2020
		Deutschland	Versuchsanbau, Nachkommenschaftsprüfung	QUAMBUSCH et al. 2021
<i>Acer monspessulanum</i>	Französischer Ahorn	k. A.	Holzanatomie	VASILJEVIĆ 1951
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Gewöhnliche Roskastanie	Polen	Holzanatomie	PYSZYNSKI 1977
<i>Betula pendula</i>	Hängebirke	Polen	Holzanatomie	HEJNOWICZ & ROMBERGER 1973
		Finnland	In-vitro-Kultur, Mikropropagation, Vererbung	RYYNÄNEN und RYYNÄNEN 1986 KÄRKKÄINEN et al. 2017
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gemeine Esche	Polen	Holzanatomie	HEJNOWICZ & ROMBERGER 1973
		Ukraine	Holzanatomie	SOPUSHYNSKYI & TEISCHINGER 2013
<i>Juglans nigra</i>	Schwarznuß	USA	Pfropfung	MCKENNA et al. 2015
<i>Nyssa salvatika</i>	Schwarzer Tupelobaum	USA	Holzanatomie	KRAWCZYNSZYN und ROMBERGER 1980
<i>Populus xcanescens</i>	Grau-Pappel	USA	Vererbung, Pfropfung	FAN et al. 2013
<i>Tilia cordata</i>	Winterlinde	k. A.	Holzanatomie	WŁOCH und WAWRZYŃIAK 1990



Abb. 1: Geriegeltes Holz (Foto: AME).

Die Ausbeute an gut gewachsenen Stämmen wird jährlich auf den deutschlandweit stattfindenden Holzsubmissionen präsentiert. Besonderes Augenmerk der Käufer liegt dabei vor allem auf Stämmen mit Maserungseigenschaften wie der Riegelung. Der Anteil geriegelten Holzes auf Submissionen ist gering. In Abhängigkeit von der Region liegt er bei 3 % bis ca. 7 % (KRAJNC et al. 2015; CONRAD 1988; ROHR und HANUS 1987), so dass Stämme mit ausgeprägter Riegelung regelmäßig zu Höchstpreisen gehandelt werden. Bei einer Wertholzsubmission in der Ostschweiz wurde im Jahr 2022 für geriegelten Berg-Ahorn ein Rekorderlös von 16.969 €/FM erzielt (www.holzmarkt-ostschweiz.com).

2 Forschungsprojekte zur Erzeugung von Riegelholz

Systematische Versuche zur Gewinnung geriegelter Jungpflanzen durch Pfropfung und vegetative Vermehrung in der In-vitro-Kultur werden bereits seit den frühen 2000er Jahren am Thünen-Institut durchgeführt (EWALD und NAUJOKS 2014). Das Ausgangsmaterial für die Erzeugung dieser Jungpflanzen stammt dabei von Bäumen, die als geriegelt auf Holzsubmissionen verkauft wurden. Als schwierig erwies sich die Erhaltung bzw. Vermehrung alter geriegelter Berg-Ahorne über Stecklingsvermehrung, so dass für eine effektive Propagation von Bergahorn-Klonen die Methode der In-vitro-Kultur etabliert wurde (NAUJOKS et al. 2013; QUAMBUSCH et al. 2018).

Da die Riegelung als Maserungsauffälligkeit erst im adulten Holz sichtbar zu Tage tritt (QUAMBUSCH et al. 2021), können die in der Gewebekultur gezogenen Jungpflanzen erst nach mehreren Jahrzehnten des Wachstums holzanatomisch analysiert werden. Entsprechende Langzeitversuche existieren noch nicht. Im Projekt RIEGELAHORN (Laufzeit Dezember 2015 – Juni 2019, gefördert von der Rentenbank, FKZ: 776393) wurde dieser Problematik durch Errichtung von Versuchsflächen zur Klonprüfung (BÄUCKER et al. 2020), wie auch dem Aspekt der Vererbung der Riegelung erstmals gezielt nachgegangen (QUAMBUSCH et al. 2021). Die dabei festgestellte Stabilität der Merkmalsausprägung bei durch Pfropfung vermehrtem Material wies auf einen starken genetischen Aspekt bei der Entstehung bzw. Verbreitung der Riegelung hin (QUAMBUSCH et al. 2021). Die Arbeiten werden nun im seit Juni 2021 laufenden Verbundprojekt WERTHOLZ (FKZ: 2221NR009C) fortgeführt, in dem insgesamt sechs Projektpartner aus den Bereichen Genetik, In-vitro-Kultur und Holzforschung interdisziplinär zusammenarbeiten. Die Projektpartner sind: RLP AgroScience GmbH, Thünen-Institut für Forstgenetik, Thünen-Institut für Holzforschung, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA), Institut für Pflanzenkultur e.K. und Reinhold Hummel GmbH & Co KG. Ziele dieses Projektes sind Untersuchungen zur Ausprägung der Riegelung im Kambium, zur genetischen Komponente, zu Details der Holzstruktur sowie Erhaltung und Ausbau

der Klonsammlung. Außerdem soll geklärt werden, wie eine rechtlich gesicherte wirtschaftliche Nutzung der in der In-vitro-Kultur vermehrten Klone geriegelter Berg-Ahorne gewährleistet werden kann.

Im Vorgängerprojekt wurde eine Sammlung von Klonen geriegelter Berg-Ahorne angelegt, die nun ausgebaut wird. Von ausgewählten Spenderbäumen hauptsächlich von Berg-Ahorn, aber auch anderen Baumarten, werden vegetative Knospen von Kronenreisern, Stockausschlägen oder Wurzelschösslingen für die Etablierung von Gewebekulturen verwendet. Die Anzucht der Explantate erfolgt dann in Glasgefäßen, wie bspw. den am Thünen-Institut verwendeten Erlenmeyerkolben (Abb. 2). So wird langfristig ein Archiv des Klonmaterials aufgebaut, mit dem die Entwicklung von Mikrovermehrungsprotokollen optimiert und klonale Jungpflanzen produziert werden können. Für die Klonsammlung in der In-vitro-Kultur erwies sich die zeitliche Lücke von zwei Jahren zwischen den Projekten RIEGELAHORN und WERTHOLZ als problematisch. Bei Wertholz-Beginn waren infolge der lediglich rudimentär realisierbaren Pflege der Klonsammlung von den ursprünglich 38 Klonen lediglich 31 % erhalten. Durch Materialaustausch mit dem Projektpartner NW-FVA und Neu-Etablierungen konnte die Anzahl an stabilen Klonen in der Gewebekultur mittlerweile wieder erhöht werden.

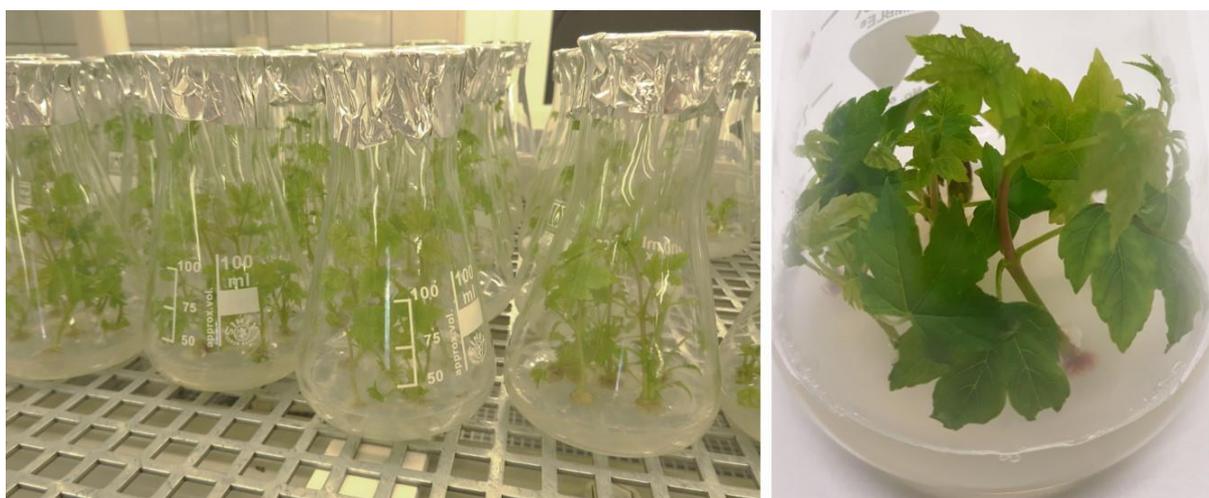


Abb. 2: In-vitro-Kultur von Berg-Ahorn (*A. pseudoplatanus*), Explantate mit Kallus und Spross (Foto: AME).

Die Methode der Genotypisierung mit Mikrosatelliten (SSR-Marker) diente bereits im Vorgängerprojekt der sicheren Klonidentifizierung wie auch der Elternschaftsanalyse, um zur Aufdeckung der Vererbung des Merkmals Riegelung beizutragen. So sind mittlerweile verschiedene Genotypen geriegelter Berg-Ahorne in einer Datenbank, die bei Neuzugängen von Riegelmaterial beständig erweitert wird, erfasst (BÄUCKER und LIESEBACH 2018). Da für die Bearbeitung der Fragestellungen im Projekt WERTHOLZ jegliches Holz mit wertsteigernden Maserungseigenschaften interessant ist und inzwischen auch Material von Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) und Sal-Weide (*Salix caprea*) für die Analysen vorliegt, wird die Methode derzeit für diese Baumarten und auch Feld-Ahorn (*Acer campestre*) angepasst. Damit ist die sichere Kontrolle der Identität von vegetativ vermehrtem Pflanzenmaterial zu einem späteren Zeitpunkt gewährleistet.

Die Erfahrungen aus dem Vorläuferprojekt und erste Rückmeldungen im aktuellen Projekt zeigen, dass das Interesse an geriegeltem Ahorn bei den privaten und kommunalen Waldbesitzern in Deutschland und dem deutschsprachigen Ausland nach wie vor sehr hoch ist. Zunehmende Schadereignisse zwingen die Forstleute zu vorzeitiger Beräumung der Flächen, wodurch sich der wirtschaftliche Druck auf die Waldbesitzer erhöht, und das Interesse an der Produktion von qualitativ hochwertigem und besonders gefragtem Holz steigt. Eine Möglichkeit, diesem Bedürfnis an Planungssicherheit zu entsprechen ist die Bereitstellung von geprüftem Pflanzgut mit hohem Wertschöpfungspotential.

Dank

Die finanzielle Förderung des Verbundprojekts WERTHOLZ erfolgt durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR, FKZ 2221NR009C). Wir danken unserer technischen Assistentin DIANA MORGENROTH für ihre Unterstützung bei Erhalt und Ausbau der In-vitro-Klonsammlung und der Gärtnerei des Thünen-Instituts für Forstgenetik in Waldsiedersdorf für die Pfropfungsarbeiten und Pflanzenpflege.

Für weitere Information zum Projekt WERTHOLZ:

<https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/forstgenetik/projekte/aktuelle-projekte/wertholz>

Referenzen

- ALKADRI A, CARLIER C, WAHYUDI I, GRIL J, LANGBOUR P, BRÉMAUD I (2018): Relationships between anatomical and vibrational properties of wavy sycamore maple. *IAWA Journal* 39 (1): 63-86. DOI: 10.1163/22941932-20170185
- BÄUCKER C, SCHNECK V, LIESEBACH H (2020): Versuchsanlagen mit *in vitro* vermehrten Riegelahornpflanzen für die Zulassung von Wertholz-Klonen nach FoVG. *Thünen Rep* 76: 155-167.
- BÄUCKER C, LIESEBACH H (2018): From *in vitro* clones to high-quality timber production: the Project "Wavy Grain Maple". *Thünen Rep* 62: 49-54.
- CONRAD J (1988): Seltene, abnorme Holzstrukturen und -farben bei Laubhölzern. *Die Holzzucht* 42: 1-9.
- EWALD D, NAUJOKS G (2015): Vegetative propagation of wavy grain *Acer pseudoplatanus* and confirmation of wavy grain in wood of vegetatively propagated trees: a first evaluation. *Dendrobiology* 74: 135-142. DOI: 10.12657/denbio.074.013
- EWALD D, NAUJOKS G (2014): Bildung und Erkennung der Riegelung bei vegetativ vermehrtem Riegelahorn. *AFZ Der Wald* 69 (5): 17-19.
- FAN Y, RUPERT K, WIEDENHOEFT A C, WOESTE K, LEXER C, MEILAN R (2013): Figured grain in aspen is heritable and not affected by graft-transmissible signals. *Trees* 27 (4): 973-983.
- HEJNOWICZ Z (1990): Phenomena of orientation in the cambium. In: IQBAL M (ed.): *The Vascular Cambium*. Research Studies Press, Taunton, UK.
- HEJNOWICZ Z, ROMBERGER J A (1979): The common basis of wood grain figures is the systematically changing orientation of cambial fusiform cells. *Wood Sci. Technol* 13: 89-96.
- HEJNOWICZ Z, ROMBERGER J A (1973): Migrating cambial domains and the origin of wavy grain in xylem of broadleaved trees. *Am. J. Bot.* 60 (3): 209-222. DOI: 10.2307/2441209
- KÄRKKÄINEN K, VIHÄRÄ-AARNIO A, VAKKARI P, HAGQVIST R, NIEMINEN K (2017): Simple inheritance of a complex trait: figured wood in curly birch is caused by one semi-dominant and lethal Mendelian factor? *Can. J. Forest. Res.* 47: 991-995. DOI: 10.1139/cjfr-2017-0007
- KRAJNC L, ČUFAR K, BRUS R (2015): Characteristics and geographical distribution of fiddleback figure in wood of *Acer pseudoplatanus* L. in Slovenia. *Drvna Industrija* 66 (3): 213-220. DOI: 10.5552/drind.2015.1447
- KRAWCZYŹYŹN J, ROMBERGER J A (1980): Interlocked grain, cambial domains, endogenous rhythms and time relations with emphasis on *Nyssa salvatika*. *Am. J. Bot.* 67 (2): 228-236. DOI: 10.1002/j.1537-2197.1980.tb07646.x
- KRISHNAMURTHY KV, BAHADUR B, MANOHARA TN (2019): Handedness events in vascular cambium and their relation to the so-called spiral grains in wood. In: BAHADUR B, KRISHNAMURTHY KV, GHOSE M, ADAMS SJ (eds.): *Asymmetry in Plants - Biology of Handedness*. CRC Press, pp. 43-57.
- KÚDELA J, KUNŠTÁR M (2011): Physical-acoustical characteristics of maple wood with wavy structure. *Ann. WULS-SGGW, Forestry and Wood Technology* 75: 12-18.
- MCKENNA JR, GEYER WA, WOESTE KE, CASSENS DL (2015): Propagating figured wood in black walnut. *Open J. For* 05: 518-525. DOI: 10.4236/ojf.2015.55045
- NAUJOKS G, EWALD D, MEIER-DINKEL A, WALLBRAUN M (2013): Endlich hinter Schloss und Riegel: Stand und Perspektiven der Forschung beim Riegelahorn. *AFZ Der Wald* 68 (5): 10-12.

PANSHIN A J, DE ZEEUW C (1970): Textbook of Wood Technology. 3rd edition. Vol. 1. McGraw-Hill, New York.

PYSZYNSKI W (1977): Complex wavy grain in the stem of *Aesculus*. Acta Soc. Bot. Pol 46 (2): 231-249. DOI: 10.5586/asbp.1977.017

QUAMBUSCH M, BÄUCKER C, HAAG V, MEIER-DINKEL A, LIESEBACH H (2021): Growth performance and wood structure of wavy grain sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) in a progeny trial. Ann Forest Sci 78 (1): 15. DOI: 10.1007/s13595-021-01035-6

QUAMBUSCH M, BÄUCKER C, MEIER-DINKEL A (2018): Optimierung der Vermehrung von Riegelhornmaterial für die Wertholzproduktion. S. 290. In: AMMER C, BREDEMEIER M, VON ARNIM G (eds.): FowiTa: Forstwissenschaftliche Tagung 2018 Göttingen; Programm & Abstracts; 24. bis 26. September 2018. Göttingen: Univ Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie.

ROHR R, HANUS D (1987): Vegetative propagation of wavy grain sycamore maple. Can. J. For. Res. 17: 418-420.

RYYNÄNEN L, RYYNÄNEN M (1986): Propagation of adult curly-birch succeeds with tissue culture. Silva Fennica 20 (2): 139-147.

SOPUSHYNSKYI I, TEISCHINGER A (2013): Diagnostic features of *Fraxinus excelsior* L. with wavy-grained wood growing in Ukraine. For. Res. Pap. 74 (3): 189–195. DOI: 10.2478/frp-2013-0018

VASILJEVIČ S (1951): The form of the fibres of *A. monspessulanum* in wood with wavy grain. Glasnik Sumarskog Fakultat, Univerzitet u Beogradu 2: 133-140.

WŁOCH W, WAWRZYŃIAK S (1990): The configuration of events and cell growth activity of the storeyed cambium of the linden (*Tilia cordata* Mill.). Acta Soc. Bot. Pol 59: 25-43. DOI: 10.5586/asbp.1990.003

Autorinnen und Autor

ANNE-MAREEN E. EISOLD, CORNELIA BÄUCKER, VOLKER SCHNECK
Thünen Institut für Forstgenetik, Eberswalder Chaussee 3a, 15377 Waldsiedersdorf
Kontakt: fg-ws@thuenen.de

HEIKE LIESEBACH
Thünen Institut für Forstgenetik, Sieker Landstraße 2, 22927 Großhansdorf