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/Forstpflanzenzüchtung 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

Das Potential des Spitz-Ahorns besser nutzen: Einblicke in die Pflanzenanzucht für die Anlage von Feldversuchen

CORNELIA BÄUCKER, HEIKE LIESEBACH, MIRKO LIESEBACH

Zusammenfassung

Deutschlandweit hat der Spitz-Ahorn bis dato wenig Beachtung in der Forstwirtschaft erfahren, was sich z. B. im Fehlen von Herkunftsversuchen mit dieser Baumart widerspiegelt. Vor dem Hintergrund der Auswirkungen des Klimawandels ist die Art jedoch mehr in den Fokus des forstlichen Interesses gerückt, da der Spitz-Ahorn das Potential hat, manche ausfallende Baumart ersetzen zu können und generell als Mischbaumart zur Diversifizierung des Artenspektrums beträgt.

Um die Anpassungsfähigkeit, Anbaueignung und Wuchsleistung des Spitz-Ahorns grundsätzlich besser beurteilen zu können, wird seit Januar 2020 das Projekt „SpitzAhorn“ gefördert. Vordringliches Projektziel ist die Errichtung einer Serie von Feldversuchen, die mit angezogenen Spitzahorn-Pflanzen verschiedener Herkünfte angelegt werden sollen. Obwohl die Beschaffung von Spitzahorn-Saatgut in den Jahren 2020 und 2021 aufgrund schlechter Fruktifikation schwierig war, gelang es, einzelbaumweise geerntetes Saatgut aus insgesamt 14 Population zu erhalten.

Datensätze der Pflanzenanzucht und zur Morphologie des Saatguts zeigen für verschiedene Variablen, z. B. Auflaufrate, Pflanzenhöhe oder Gesamtlänge der Teilfrüchte signifikante Unterschiede in Abhängigkeit von der Population und dem beernteten Einzelbaum. Die maternalen Effekte sind besonders in Hinblick auf die Errichtung der Feldversuche interessant.

Abstract

Making better use of the potential of Norway maple: Views on plant cultivation for the establishment of field trials

In Germany, Norway maple has received little attention in forestry to date as reflected, for example, by the lack of provenance trials with this tree species. However, given the effects of climate change the species has moved more into the focus of forestry interest, since Norway maple has the potential to replace some failing tree species and generally contributes as a mixed forest species to the diversification of the species spectrum.

For a better assessment of adaptability, suitability and growth performance of Norway maple, the project "SpitzAhorn" has been funded since January 2020. The primary project aim is the establishment of a series of field trials using Norway maple plants of various provenances. Although obtaining seeds of Norway maple was difficult in 2020 and 2021 due to poor fruiting, it was possible to recieve seeds harvested from single trees from a total of 14 populations.

Datasets related to plant development and seed morphology show for several variables, e.g. germination rate, plant height or total length of fruits significant differences in dependency of the population and the individual tree harvested. These maternal effects are of particular interest with respect to field trial establishment.

1 Einleitung

Der Spitz-Ahorn (*Acer platanoides* L.) ist eine einheimische Baumart aus der Familie der Seifenbaumgewächse (*Sapindaceae*), die vom mittleren Europa bis zum Ural vorkommt. Im überwiegenden Teil des Verbreitungsgebietes wächst die Art als Mischbaumart in eher kleinen Populationen, im Osten hingegen ist sie bestandesbildend (CAUDULLO und DE RIGO 2016). Kennzeichnend für den Spitz-Ahorn ist eine weite Standort-Amplitude, die von nährstoffreichen, tiefgründigen, ausreichend wasserversorgten bis hin zu trockenen Böden reicht und auf eine hohe Anpassungsfähigkeit schließen lässt. Daneben verfügt die Baumart über ein gewisse

Trockenheitstoleranz (ROLOFF und PIETZARKA 2014; VAZ MONTEIRO et al. 2017) und toleriert Schatten (MARTIN und MARKS 2006).

In der deutschen Forstwirtschaft zählt der Spitz-Ahorn zu den Nebenbaumarten. Im Wirtschaftswald spielte er bis vor Kurzem eine äußerst untergeordnete Rolle, was sich u. a. im Fehlen von Herkunftsversuchen mit dieser Baumart in Deutschland widerspiegelt (LIESEBACH M und LIESEBACH H 2009). Deutschlandweit wurden für ihn vier Herkunftsgebiete ausgewiesen (BLE 2013): Norddeutsches Tiefland (800 01), Mittel- und Ostdeutsches Tief- und Hügelland (800 02), Südostdeutsches Hügel- und Bergland (800 03) und West- und Süddeutsches Bergland sowie Alpen und Alpenvorland (800 04).Vor dem Hintergrund der Auswirkungen des Klimawandels und im Zuge der Suche nach Alternativbaumarten ist das Interesse am Spitz-Ahorn aber enorm gestiegen, da der Spitz-Ahorn manche ausfallende Baumart, wie z. B. die Esche ersetzen könnte und generell als Mischbaumart zur Diversifizierung des Artenspektrums beträgt. Mittlerweile zählt der Spitz-Ahorn zu den neun Baumarten, die als relevante und zukunftsträchtige Baumarten im Klimawandel erachtet werden (LIESEBACH M et al. 2021) und wird als alternative Baumart im Klimawandel beschrieben (DE AVILA et al. 2021).

Seit 2020 forscht das Thünen-Institut im sog. Projekt „SpitzAhorn“ (Fkz.: 22040618) zu dieser Baumart. Vordringliches Ziel des Projekts ist die Anlage von Feldversuchen in verschiedenen Gebieten Deutschlands, wobei neben Bestandesabsaaten auch Einzelbaumnachkommenschaften geprüft werden sollen (LIESEBACH M et al. 2021). Des Weiteren beinhaltet das Projekt die Aufgaben zur Saatgutbeschaffung aus dem gesamten Verbreitungsgebiet, die Pflanzenanzucht bei gleichzeitiger Erhebung von Daten zu Wachstum und Entwicklung sowie ein umfangreiches populationsgenetisches Arbeitspaket, das den Genfluss in Populationen und auch die Einkreuzung gartenbaulich verwendeter Spitzahorn-Sorten in natürliche Populationen untersucht. Im Folgenden werden erste Ergebnisse aus den Pflanzenanzuchtjahren 2020 und 2021 dargestellt.

2 Material und Methoden

2.1 Beerntete Populationen

Die Saatgutbeschaffung in 2020 und 2021 gestaltete sich schwierig, da beide Jahre äußerst schlechte Erntejahre für den Spitz-Ahorn waren. Im Frühjahr 2020 kam es in weiten Teilen Deutschlands zu Spätfrösten, sodass der Behang vor allem in Bayern, Baden-Württemberg, Schleswig-Holstein und teilweise Brandenburg deutlich unterdurchschnittlich ausfiel. Im Reifejahr 2021 zeigte der Spitz-Ahorn erneut eine geringe Fruktifikation, da er wie viele andere Baumarten gar nicht oder nur schwach blühte (SCHNECK 2021).

Trotzdem gelang es bis zum Frühjahr 2022 aus insgesamt 16 Populationen Saatgut zu erhalten (Abb. 1). Mit Ausnahme einer Saatguteinsammlung aus Ungarn (Abb. 1, Nr. 9, Kategorie „Quellengesichert“) wurde das Saatgut in allen anderen Populationen einzelbaumweise von mindestens zehn Bäumen pro Population geerntet. Da der Zeitpunkt der Ernte in den Populationen verschieden war, unterschied sich das Saatgut hinsichtlich des Reifegrades. So fand im Erntebestand Neuzelle (Abb. 1, Nr. 2) eine Grünernte statt, in den übrigen Populationen gab es eine Braunernte. Transportdauer und zeitlicher Eingang des Saatguts am Institut waren ebenfalls sehr verschieden. So kam das in 2021 geerntete Saatgut aus den russischen Populationen 13 – 17 erst im Frühjahr 2022 an. Diese russischen und alle weiteren Saatguteingänge im Jahr 2022, einem Erntejahr in dem der Spitz-Ahorn in vielen Teilen Deutschlands eine gute bis sehr gute Fruktifikation zeigte, werden hier nicht betrachtet und sind Bestandteil der weiteren Forschungen im Projekt. Erwähnt sei, dass Saatgut mit Reifejahr 2022 aus insgesamt 20 Populationen einging (Inland: 11 x einzelbaumweise geerntet, Ausland: 6 x einzelbaumweise geerntet, 3 x Bestandesabsaat).

Abb. 1: Geographische Lage der beernteten Populationen von *Acer platanoides* im Projektzeitraum 2020 bis 2021. Population Nr. 10 (nicht dargestellt, da eine im Aufbau befindliche Samenplantage) wurde genetisch untersucht und lieferte kein Saatgut. In Tabelle 1 sind nähere Angaben zu den Populationen zu finden. Die Karte wurde erstellt mit *Google Earth Pro*, Download 2022.

2.2 Datensätze

Saatgutvermessung

Grund für die Saatgutvermessung war die Beobachtung, dass sich die Früchte der einzelbaumweise geernteten Saatgutproben in Form und Größe unterschieden. Es lag die Vermutung nahe, dass diese, mit bloßem Auge erkennbaren Unterschiede signifikant sind. Daher wurden im Jahr 2021 vor der Aussaat des Saatguts aus den beiden schleswig-holsteinischen Populationen Kellenhusen (Nr. 12) und Bordesholm (Nr. 11) jeweils 30 Spaltfrüchte pro beerntetem Einzelbaum vermessen. Wie in Abbildung 2 illustriert, wurden je Teilfrucht drei Variablen erfasst: i) gesamte Teilfruchtlänge, ii) Flügellänge und iii) Flügelbreite.

Abb. 2: Übersicht zu den Variablen, die bei der Saatgutvermessung aufgenommen wurden. Von links nach rechts: gesamte Teilfruchtlänge, Flügellänge, Flügelbreite (Foto: U. STRAßBURG-KÄßLER).

Aussaat und Pflanzenanzucht

Saatgut aus 2020: Im Frühjahr 2021 wurde Saatgut aus acht Populationen (Tab. 1, Nr. 2 – 9, Erntejahr 2020) ausgesät. Eine Stratifikation war nur für die Saatgutproben aus sieben Populationen notwendig, da das Saatgut aus Ungarn (Nr. 9) bereits stratifiziert geliefert wurde. Alle übrigen Saatgutpartien, die als Einzelbaumabsaaten vorlagen, wurden am Thünen-Institut stratifiziert. Zu Beginn der Stratifizierung wurde das Saatgut einzelbaumweise in perforierte Plastiksäckchen verpackt und für 24 Stunden unter Sauerstoffzufuhr gewässert. Anschließend wurde das Saatgut im Kühlkeller bei 4 °C zur Keimung gebracht, weil aus der Literatur (SCHUBERT 1998) bekannt war, dass der Spitz-Ahorn zur Keimung kühle und dunkle Bedingungen benötigt. Da keine Erfahrungen vorlagen, wurden drei Methoden der Stratifizierung ausprobiert: i) Früchte in Schalen auf Filterpapier, Schale luftdicht verschlossen, ii) Früchte in Schalen auf Filterpapier, Schale mit Belüftung und iii) Früchte in Schalen mit Erde/Kiesgemisch bedeckt. Letztere Methode in Schalen mit Erde/Kiesgemisch stellte sich als vorteilhaft heraus, da hier das Wachstum von Pilzen im Vergleich zu den anderen beiden Varianten verzögert auftrat. Bei Austritt der Keimwurzel aus dem Samen wurde der Same als gekeimt bewertet. Das gekeimte Saatgut wurde in 24er-Container (Containergröße mit 24 Quick Pots) ausgesät.

Tabelle 1: Übersicht über die Populationen, aus denen Saatgut im Projekt „SpitzAhorn“ bis Ende 2021 zur Verfügung stand. Die Nr. 10 fehlt, da sie für die noch nicht zugelassene Samenplantage „Exin“ (Bundesland Brandenburg) vergeben wurde.

Nr.	Name bzw. nächster Ort	Land	Register-Nr.	Fläche ha (reduziert)	Saatgut	Autochthonie
1	Waldsieversdorf	DE	12 3 800 02 010 3	0,15	Einzelbaum	Samenplantage
2	Neuzelle	DE	12 3 800 02 002 2	0,91	Einzelbaum	unbekannt
3	Kusín	SK	apl213HE-002	1,84	Einzelbaum	autochthon
4	Jablonové	SK	apl214MA-001	0,97	Einzelbaum	autochthon
5	Spitzenberg	DE	091 800 03 002 2	0,3	Einzelbaum	autochthon
6	Salzkotten	DE	052 800 01 001 2	0,4	Einzelbaum	autochthon
7	Hajnówka	PL	MP/1/47811/08	5,24 total	Einzelbaum	autochthon
8	St. Pölten	AT	keine	ca. 5 total	Einzelbaum	k. A.
9	Gyulai	HU	HU/ACPL-12-612005	4,9 total	Bestand	autochthon
11	Bordesholm	DE	011 800 01 001 3	1,6	Einzelbaum	Samenplantage
12	Kellenhusen	DE	011 800 01 001 2	1,4	Einzelbaum	nicht autochthon

Allgemein hatten Stratifizierung und Aussaat des Saatguts aus dem Erntejahr 2020 eher den Charakter einer Vorstudie, sodass eine statistische Auswertung der Auflaufraten schwierig ist. Neben den verschiedenen Methoden der Stratifizierung war die Anzahl der pro Einzelbaum ausgesäten Container (3 – 10 Stück) aufgrund der jeweils zur Verfügung stehenden Saatgutmenge unterschiedlich. Außerdem standen die Container aus Gründen der praktischen Realisierbarkeit in der ersten Anzuchtphase nach Populationen gruppiert in einem Rollgewächshaus. Dort wurde die Anzahl der aufgelaufenen Keimlinge von der 14. bis 21. Kalenderwoche (KW) dokumentiert. Das spätere Wachstum erfolgte unter Freilandbedingungen in der Baumschule, zunächst im Container und anschließend verschult im Beet. Dort wurde als Parameter für das Wachstum die 1-jährige Pflanzenhöhe gemessen.

Saatgut aus 2021, experimentelles Design: Das Saatgut aus der Samenplantage Bordesholm (Nr. 11) und dem Erntebestand Kellenhusen (Nr. 12) wurde zeitgleich im Herbst 2021 und unter gleichen Bedingungen in 60er-Container ausgesät. Um eine natürliche Stratifikation zu erreichen, überwinterten die mit Vlies abgedeckten Container unter Freilandbedingungen in der Baumschule. Im Frühjahr wurden die Container ins Gewächshaus gebracht, wo die Pflanzen in einem Versuchsdesign herangezogen wurden (Abb. 3). Der Versuch hatte ein faktorielles Design mit den Faktoren „Population“ (2) und „Einzelbaum“ (21). Pro Einzelbaum gab es vier

Replikate und die Container standen vollständig randomisiert. In der 19. KW wurde die Variable „Pflanzenhöhe“ bestimmt, in der 26. KW wurden die Pflanzen ins Baumschulbeet gepflanzt.

Abb. 3: Pflanzenanzucht im experimentellen Design im Projekt „SpitzAhorn“, Gewächshaus Waldsieversdorf, Mai 2022 (Foto: C. BÄUCKER).

2.3 Auswertung

Die statistischen Berechnungen und Grafiken wurden mit der Open-Source-Software R erstellt (R Core Team 2022). Die Analyse der zumeist numerischen Variablen erfolgte unter Verwendung eines linearen Modells, formuliert wie folgt: model<- lm (y ~ Population + Einzelbaum). Dabei wurde die jeweilige Variable y in Abhängigkeit der Haupteffekte „Population“ und „Einzelbaum“ (= beerntete Mutter) getestet. Wenn nötig, wurden die Variablen transformiert, um den Voraussetzungen für Normalität und Varianzhomogenität zu entsprechen. Für Prozentwerte, wie z. B. Auflaufrate, wurde ein generalisiertes lineares Modell (glm) ebenfalls in Abhängigkeit der Faktoren „Population“ und „Mutter“ gerechnet, wobei bei Vorliegen von Überdispersion das glm mittels family = quasibinomial korrigiert wurde.

Die Ermittlung der p-Werte für die getesteten Faktoren erfolgte im linearen Modell mittels ANOVA() bzw. im glm über die anova() Funktion in R. Zeigte sich ein signifikanter p-Wert (< 0.05), wurde das R package emmeans für Post-Hoc-Vergleiche verwendet und ein Vergleich der adjustierten Mittelwerte vorgenommen. Signifikante Unterschiede zwischen Gruppen sind in den Grafiken durch die Angabe unterschiedlicher Buchstaben herausgestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Saatgutvermessung

Für die gemessenen Variablen (Abb. 2) zeigte sich, dass diese eine hohe Korrelation zueinander aufwiesen. Es wurden folgende Korrelationskoeffizienten (= r) ermittelt:

r = 0,88 für die Korrelation von Gesamtfruchtlänge zu Flügellänge

r = 0,74 für die Korrelation von Gesamtfruchtlänge zu Flügelbreite

r = 0,71 für die Korrelation von Flügellänge zu Flügelbreite

Bei der statistischen Analyse der Werte übten sowohl der Faktor „Population“ als auch der Faktor „Einzelbaum“ auf alle Messvariablen einen signifikanten Einfluss aus (Tab. 2).

Tabelle 2: Übersicht über die statistischen Ergebnisse für die Variablen der Saatgutvermessung und der Pflanzenhöhe in der 19. KW. Anhand der transformierten Messwerte (Logarithmus) wurde ein lineares Modell: model<- lm (y ~ Population + Einzelbaum) gerechnet; p-Werte kleiner 0,05 sind signifikant. Abkürzung df = Freiheitsgrad.

Variable	Faktor	df	Mittleres Quadrat	F-Wert	p-Wert
lg(Gesamtlänge)	Population	1	0,34988	339,241	< 2,2e-16
	Einzelbaum	19	0,02551	24,735	< 2,2e-16
lg(Flügellänge)	Population	1	0,70237	391,438	< 2,2e-16
	Einzelbaum	19	0,04402	24,533	< 2,2e-16
lg(Flügelbreite)	Population	1	0,89674	457,194	< 2,2e-16
	Einzelbaum	19	0,04935	25,159	< 2,2e-16
lg(Pflanzenhöhe 19. KW)	Population	1	3,9596	709,202	< 2,2e-16
	Einzelbaum	19	0,2067	37,028	< 2,2e-16

Der signifikante Einfluss des Faktors Population stellte sich so dar, dass die Ahornfrüchte aus dem Erntebestand Kellenhusen signifikant länger und auch signifikant breiter waren als die Früchte aus der Samenplantage Bordesholm. Tabelle 3 verdeutlicht die jeweils höheren Werte für Kellenhusen.

Tabelle 3: Mittelwerte (MW) verschiedener Variablen für die Populationen Kellenhusen und Bordesholm zur Veranschaulichung des signifikanten Effekts des Faktors „Population“. Abkürzung SD = Standardabweichung.

Variable	Kellenhusen MW ± SD	Bordesholm MW ± SD
Gesamtlänge (Teilfrucht)	47,2 ± 4,58 mm	42,4 ± 3,86 mm
Flügellänge	33,1 ± 4,28 mm	28,4 ± 3,35 mm
Flügelbreite	15,7 ± 1,69 mm	13,3 ± 1,93 mm
Keimungsrate	68,9 ± 13,9 %	54,3 ± 18,4 %
Pflanzenhöhe 19. KW	5,62 ± 0,99 cm	4,77 ± 0,85 cm

Wie die Abbildungen 4 und 5 zeigen, gab es auch innerhalb der Populationen deutliche Unterschiede in der Saatgutmorphologie. So hatte im Kellenhusener Erntebestand der als KH06 bezeichnete Baum die kürzesten und schmalsten Früchte, der Baum KH08 hingegen die längsten Früchte, welche auch breit waren. In der Stichprobe aus Bordesholm hatte der mit dem Kürzel SH02 benannte Baum die Früchte mit der geringsten Gesamtlänge, die gleichzeitig auch sehr schmal waren.

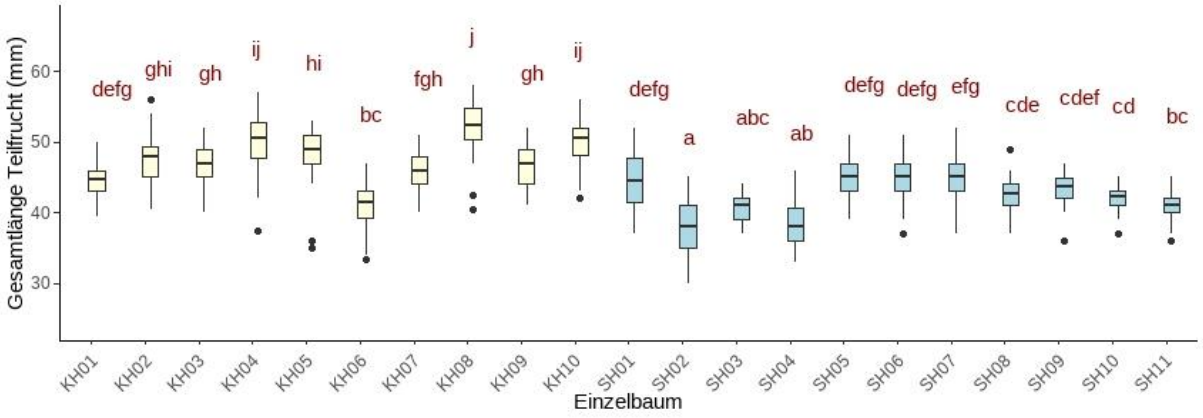

Abb. 4: Boxplot-Darstellung zum signifikanten Effekt des Faktors „Einzelbaum“ auf die Variable „Gesamtlänge der Teilfrucht“. Unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots zeigen signifikante Unterschiede an. Farben: gelb = Kellenhusen, blau = Bordesholm.

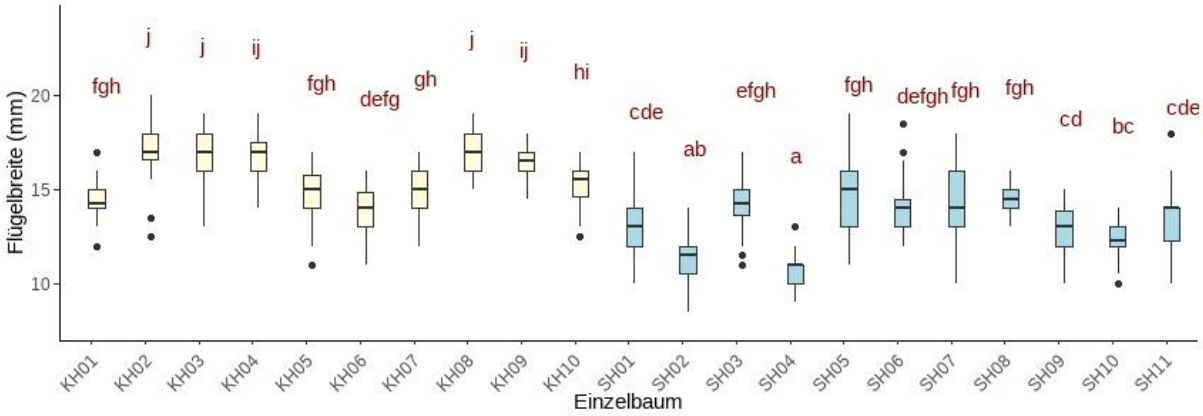

Abb. 5: Boxplot-Darstellung zum signifikanten Effekt des Faktors „Einzelbaum“ auf die Variable „Flügelbreite“. Unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots zeigen signifikante Unterschiede an. Farben: gelb = Kellenhusen, blau = Bordesholm.

3.2 Erntejahr 2021, Auflaufraten und Wachstum

Wie in Tabelle 3 aufgeführt, fiel die Keimungsrate für das Saatgut aus Kellenhusen höher aus im Vergleich zum Saatgut aus Bordesholm. Der Unterschied war mit einem p-Wert = 3,921e-10 signifikant. Der Faktor „Einzelbaum“ beeinflusste die Keimungsrate des Saatguts ebenfalls signifikant, p-Wert < 2,2e-16. In Abbildung 6 sind die starken Unterschiede in den Auflaufraten in Abhängigkeit von der Mutter, von der das Saatgut stammte, dargestellt. Im Erntebestand Kellenhusen hatte z. B. der hier als KH04 bezeichnete Baum die höchste, der mit KH05 benannte Baum die geringste Auflaufrate.

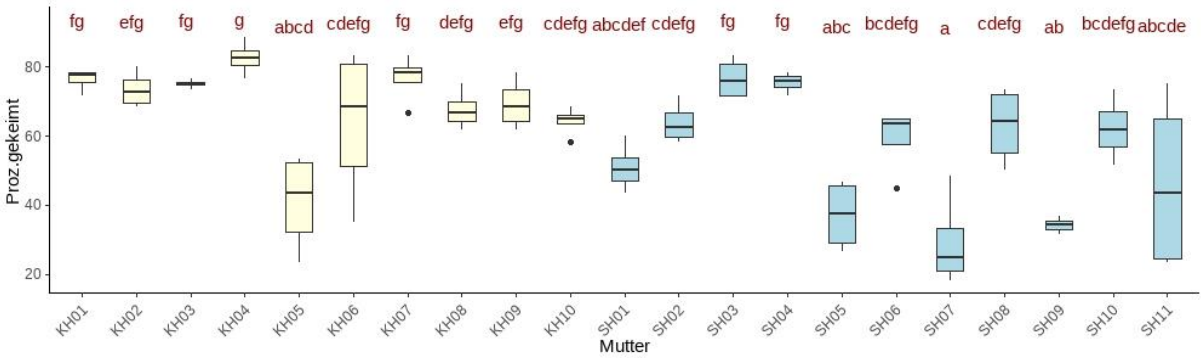

Abb. 6: Boxplot-Darstellung zum signifikanten Einfluss des Faktors „Einzelbaum“ (= Mutter) auf die Auflaufrate in Prozent. Unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots zeigen signifikante Unterschiede an. Farben: gelb = Kellenhusen, blau = Bordesholm.

Insgesamt keimten bei der Aussaat des Saatguts aus Kellenhusen und Bordesholm 3127 Pflanzen (Kellenhusen: 1646, Bordesholm: 1481). Von diesen Pflanzen wurde in der 19. KW die Pflanzenhöhe bestimmt. Wie Tabelle 3 zeigt, waren die Pflanzen aus Kellenhusen insgesamt größer als die Pflanzen aus Bordesholm. Neben dem Faktor „Population“ beeinflusste der Faktor „Einzelbaum“ die Pflanzenhöhe signifikant, wie Abbildung 7 zeigt. Der F- und p-Wert sind in Tabelle 2 aufgeführt.

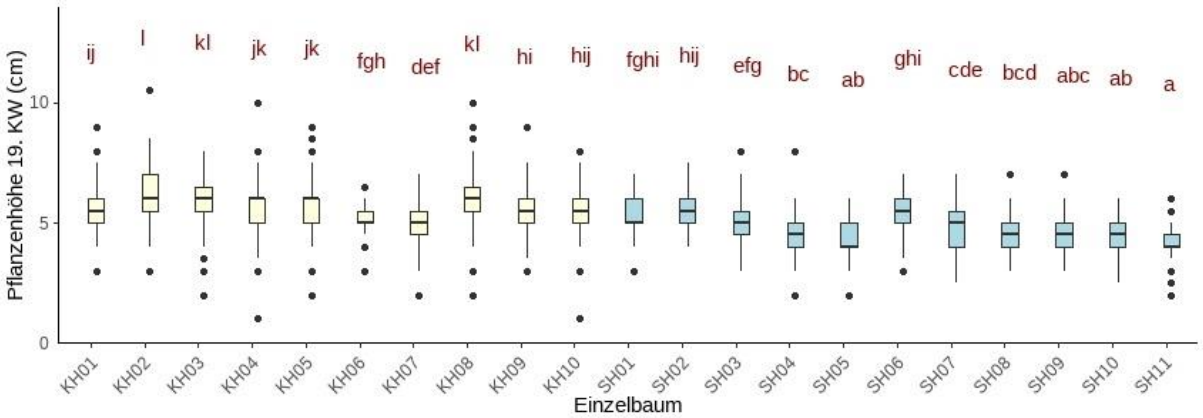

Abb. 7: Boxplot-Darstellung zum signifikanten Einfluss des Faktors „Einzelbaum“ auf die Pflanzenhöhe in der 19. KW. Unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots zeigen signifikante Unterschiede an. Farben: gelb = Kellenhusen, blau = Bordesholm.

3.3 Erntejahr 2020, Auflaufraten und Wachstum

Das im Jahr 2020 geerntete Saatgut keimte sehr unterschiedlich, wie die Auflaufraten von der 14. bis 21. KW in Tabelle 4 zeigen. Sehr schlecht keimte das Saatgut aus dem brandenburgischen Erntebestand Neuzelle (Nr. 2), aus der polnischen Population Hajnówka (Nr. 7) und aus Ungarn (Nr. 9). Das Saatgut aus dem bayerischen Erntebestand Spitzenberg (Nr. 5) hatte mit über 83 % die höchste Auflaufrate. Die Keimungsraten für das Saatgut aus Österreich (Nr. 8) und dem slowakischen Jablonové (Nr. 4) lagen mit ca. 60 % bzw. 55 % deutlich über der Auflaufrate von ca. 42 % im Erntebestand Salzkotten (Nr. 6). Einige der Keimlinge wurden während der Anzucht eingebüßt.

Tabelle 4: Überblick zu den Auflaufraten des in 2020 geernteten und in 2021 ausgesäten Saatguts. Die Angabe der Auflaufrate pro Population entspricht der gemittelten Auflaufrate aus den Auflaufraten aller Einzelbäume pro Population (Ausnahme: Bestandesabsaat Ungarn, Nr. 9).

Nr.	Population	Auflaufrate pro Population in %							
		14. KW	15. KW	16. KW	17. KW	18. KW	19. KW	20. KW	21. KW
2	Neuzelle	0	0	0	0,2	0,9	2,5	4,9	5,0
3	Kusín	2,3	8,3	15,3	17,9	19,0	19,9	20,7	20,6
4	Jablonové	2,6	21,5	41,3	50,7	55,1	57,1	59,8	59,5
5	Spitzenberg	31,6	77,7	84,2	83,8	82,4	83,0	83,5	83,2
6	Salzkotten	4,6	17,3	32,7	39,0	42,2	43,3	47,3	42,2
7	Hajnówka	0,1	1,0	2,5	3,7	4,6	5,3	6,4	5,9
8	St. Pölten	24,4	40,6	49,6	52,3	54,1	54,8	55,4	54,7
9	Gyulai	0,1	0,1	2,0	5,0	6,4	7,4	8,7	7,4

Insgesamt entwickelten sich bei der Containeranzucht 8751 Pflanzen. Die Höhen dieser Pflanzen wurden nach Abschluss der Wachstumsperiode gemessen. Die Analyse der 1-jährigen Pflanzenhöhen aller Einzelbaumnachkommenschaften (logarithmierte Werte, Stichprobenumfang 8639 Pflanzen) lieferte signifikante Unterschiede in Abhängigkeit der Faktoren „Population“ (F-Wert = 481,69 und p-Wert < 2,2e-16) und „Einzelbaum“ (F-Wert = 26,52 und p-Wert < 2,2e-16). Zur Verdeutlichung des signifikanten Einflusses des Faktors „Population“ sind in Tabelle 5 die Mittelwerte für die einzelnen Populationen angegeben. Es zeigt sich, dass die Pflanzen aus den Populationen St. Pölten (Österreich) und Spitzenberg insgesamt das größte Höhenwachstum hatten. Dagegen wiesen die Nachkommen aus dem Erntebestand Neuzelle insgesamt die geringste Höhe auf.

Tabelle 5: Mittelwerte (MW) der 1-jährigen Pflanzenhöhen aufgeschlüsselt nach Population (Erntejahr 2020). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Populationen an. Abkürzung SD = Standardabweichung.

Nr.	Population	Anzahl Pflanzen	MW ± SD	sig. Unterschied
2	Neuzelle	205	6,88 ± 3,51	a
3	Kusín	526	10,4 ± 3,91	c
4	Jablonové	1389	9,04 ± 3,43	b
5	Spitzenberg	2409	14,0 ± 6,23	d
6	Salzkotten	1128	9,61 ± 3,33	c
7	Hajnówka	241	8,41 ± 3,68	b
8	St. Pölten	2741	14,4 ± 5,80	d

Innerhalb der Populationen fällt der signifikante Einfluss des Faktors „Einzelbaum“ markant auf, wie Abbildung 8 darstellt. Jeder einzelne Boxplot steht hier für die Nachkommenschaft eines Einzelbaums, wobei gleich colorierte Boxplots jeweils eine Population repräsentieren und deutliche Schwankungen zeigen (Ausnahme: hellblaue Boxplots für den Erntebestand Salzkotten).

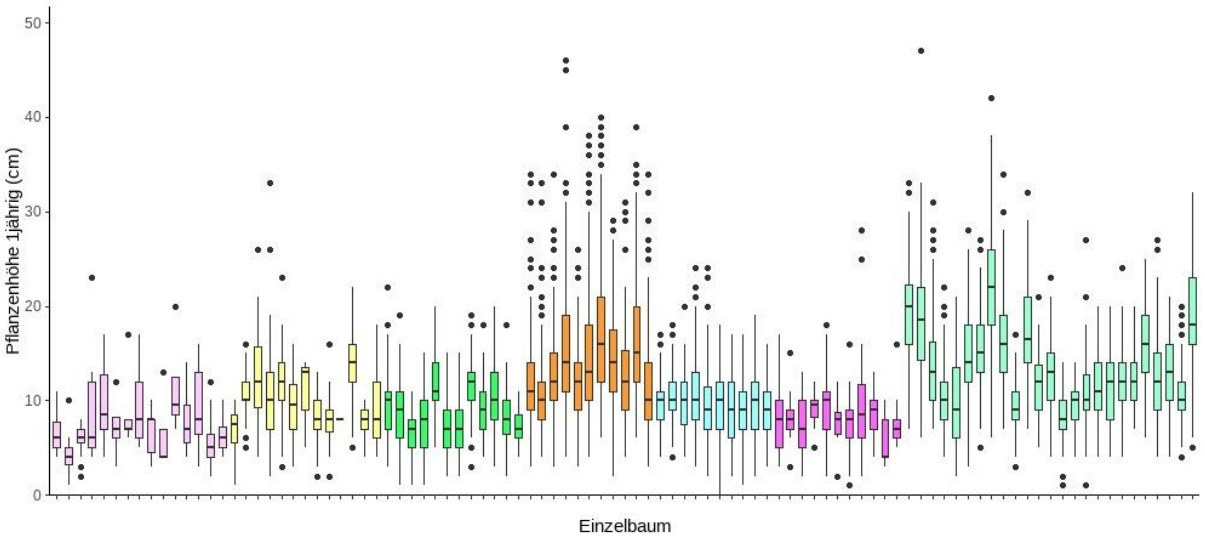

Abb. 8: Boxplots für die Variable 1-jährige Pflanzenhöhe. Hinter einem Boxplot verbirgt sich die Nachkommenschaft eines Einzelbaums. Gleich colorierte Boxplots stehen für eine Population. Farben von links nach rechts: rosa = Neuzelle (Nr. 2), gelb = Kusín (Nr. 3), grün = Jablonové (Nr. 4), orange = Spitzenberg (Nr. 5), hellblau = Salzkotten (Nr. 6), pink = Hajnówka (Nr. 7), hellgrün = St. Pölten (Nr. 8).

4 Diskussion

Die einzelbaumweise Beerntung der Spitzahorn-Populationen in den Jahren 2020 und 2021 im Rahmen des Projekts „SpitzAhorn“ erlaubte eine Auswertung der Datensätze sowohl hinsichtlich des Faktors „Population“ als auch des Faktors „Einzelbaum“, der für die beerntete Mutter steht. Beide Faktoren beeinflussen die verschiedensten Variablen, wie z. B. Sprosshöhe, Keimungsrate oder Saatgutgröße signifikant.

So zeigt der Datensatz zur Saatgutmorphologie erhoben anhand der zwei Populationen Kellenhusen und Bordesholm, dass der Einzelbaum, also die Mutter, von der das Saatgut stammt, einen signifikanten Einfluss auf die Größe und Breite der Ahornfrüchte beim Spitz-Ahorn ausübt. Die drei gemessenen Variablen der Saatgutgröße (Gesamtlänge, Flügellänge und Flügelbreite) stehen dabei in Korrelation zueinander. Längere Spitzahornfrüchte haben eine größere Flügelbreite, kürzere Früchte sind von schmalerer Breite. Zudem weisen die Daten auf einen signifikanten Unterschied zwischen den Populationen Kellenhusen und Bordesholm hin. Im Vergleich zu Bordesholm war die Saatgutstichprobe aus Kellenhusen insgesamt signifikant länger (Gesamtlänge sowie Flügellänge) und signifikant breiter. Für die signifikant größeren Früchte in Kellenhusen sind verschiedene Ursachen denkbar. Neben genetischen Faktoren könnten in Kellenhusen abiotische Standortfaktoren, wie z. B. eine bessere Nährstoff- und/oder Wasserversorgung eine Rolle spielen. Da beide Populationen räumlich eng benachbart in Schleswig-Holstein liegen, sind größere klimatische Unterschiede eher auszuschließen. Eventuell kämen auch morphologisch/physiologische Unterschiede in Betracht, da sich die Bäume des Erntebestands Kellenhusen grundsätzlich von den Pfropflingen auf der Samenplantage Bordesholm, die dort nicht auf eigener Wurzel stehen, unterschieden.

Zur Auflaufrate des Saatguts lässt sich allgemein festhalten, dass erneut signifikante Unterschiede sowohl zwischen den Populationen als auch zwischen den Einzelbäumen einer Population zu finden sind. Als Gründe für die großen Unterschiede zwischen den Populationen mit Erntejahr 2020 kommen verschiedene Ursachen in Betracht. Zweifellos spielen der Erntezeitpunkt und die darauffolgenden Schritte der Saatgutbehandlung eine entscheidende Rolle für die spätere Keimung. So könnte die schlechte Auflaufrate des Saatguts aus der Population Neuzelle (Nr. 2) damit zusammenhängen, dass das Saatgut dort grün geerntet wurde (Grünernte) und somit nicht für die Einlagerung geeignet war, sondern für eine sofortige Aussaat. Des Weiteren hatten die Saatgutpartien sehr unterschiedliche Einflüsse aufgrund der verschiedenen Transportwege und waren zum Teil grundsätzlich anders behandelt worden (z. B. Bestandesabsaat Ungarn stratifiziert geliefert).

Für die signifikanten Unterschiede bzgl. der Auflaufrate innerhalb von Populationen zeigt sich anhand der Daten für Kellenhusen und Bordesholm, dass es keinen Zusammenhang zwischen der Saatgutgröße und der Keimungsrate zu geben scheint. In beiden Populationen stammt das Saatgut mit der geringsten Auflaufrate von Einzelbäumen, die hinsichtlich ihrer Saatgutgröße im oberen Mittelfeld liegen (KH05, SH07). In Bordesholm sogar zeigt das Saatgut eines Pfropflings mit sehr kleinen Ahornfrüchten (SH04) beinah die höchste Auflaufrate (ca. 75 %) von den elf beernteten Individuen dieser Samenplantage. Eventuell könnte auch hier der Erntezeitpunkt eine Erklärung für die verschiedenen Auflaufraten des Saatguts aus einer Population bieten, da es beim Spitz-Ahorn früh- und spät blühende Bäume und darüber hinaus noch die Besonderheit der Heterodichogamie gibt (DE JONG PC 1976). Außerdem könnten geringe Auflaufraten bzw. Ausfälle nach der Keimung mit einem hohen Selbstungsanteil im Saatgut zusammenhängen. Dass Selbstungen bei der Baumart Spitz-Ahorn eine Rolle spielen und die Qualität des Saatguts beeinflussen, zeigte die genetische Untersuchung von 236 Samen aus der Waldsieversdorfer Samenplantage, Erntejahr 2020 (LIESEBACH H und SCHNECK 2022). Für das wenige Saatgut aus 2020 wurde ein Selbstungsanteil von 11,4 % ermittelt, weitere 20 % des Saatguts waren von Pollen außerhalb der Plantage bestäubt.

Die zwei verschiedenen Datensätze zum oberirdischen Pflanzenwachstum, gemessen als 1-jährige Pflanzenhöhe im Herbst 2021 bzw. nach dem Wachstum der Keimlinge im Mai 2022 liefern abermals signifikante Effekte verursacht sowohl durch den Faktor „Population“, von der das Saatgut stammt als auch durch den Faktor „Einzelbaum“, also die beerntete Mutter. Für den Datensatz aus dem Mai 2022, der die Keimlinge aus Kellenhusen und Bordesholm betrachtet, zeigt sich dabei die Tendenz, dass die Einzelbäume mit den längeren/breiteren Früchten auch die größeren Keimlinge haben. Die Saatgutgröße scheint also einen Einfluss auf das Wachstum der Pflanzen zu haben, wobei eine große Frucht von Vorteil ist. Da die Vermutung nahe liegt, dass dieser Vorteil im Sprosswachstum auf das Samengewicht, genauer auf die im Samen eingelagerten Nährstoffe zurückgehen könnte, wäre eine Untersuchung zum Samengewicht und dem Wachstum von Keimlingen bei der Baumart Spitz-Ahorn interessant. Falls ein Zusammenhang zu finden ist, wäre weiterführend zu untersuchen, wie lange dieser Vorteil im Sprosszuwachs messbar ist.

Der Datensatz zur 1-jährigen Sprosshöhe von Spitzahorn-Nachkommenschaften aus sieben einzelbaumweise beernteten Populationen (Stichprobenumfang 8639 Pflanzen) zeigt sehr eindrücklich die signifikanten Höhenunterschiede sowohl zwischen den Populationen als auch zwischen den einzelnen Nachkommenschaften einer Population, also innerhalb der Populationen. Allein im Erntebestand Salzkotten scheint es keine größeren Schwankungen in der Wuchshöhe zwischen den Nachkommen der beernteten Mütter zu geben, was aber evtl. im Zusammenhang mit der Erntemethode über ausgelegte Netze, bei der es leicht zu Vermischungen kommen kann, stehen könnte. In allen anderen Beständen wurde das Saatgut von Hand gepflückt.

Zusammenfassend lässt sich über alle Datensätze hinweg feststellen, dass der beerntete Einzelbaum, also die Mutter einen signifikanten Einfluss auf das spätere Wachstum und die Entwicklung der Pflanzen ausübt. Neben dieser genetischen Ursache könnten kleinräumige Standortunterschiede ebenfalls eine Rolle spielen und über Unterschiede im Saatgut zu Unterschieden im Wachstum der Nachkommenschaften beitragen. Für die in allen Datensätzen gefundenen Unterschiede zwischen den Populationen sind verschiedene Ursachen denkbar, u. a. der Erntezeitpunkt, die Lagerbedingungen des Saatguts, der Stratifizierungsfortschritt zum Aussaatzeitpunkt oder evtl. auch großräumige Unterschiede bzgl. Klima und Boden. Darüber hinaus könnten die Populationen auch genetisch durch Prozesse, wie z. B. lokale Adaptation, voneinander verschieden sein.

Als Fazit aus den hier vorgestellten Ergebnissen und um sowohl den Einfluss der Population als auch den Einfluss der Mutter, also den maternalen Effekt mit den geplanten Feldversuchen untersuchen zu können, sollen alle Versuchsflächen im Projekt „SpitzAhorn“ als Einzelbaumnachkommenschaften angelegt werden. Die Auswertung auf Herkunftsebene ist durch Zusammenfassen der einzelnen Nachkommenschaften pro Population möglich und bleibt somit erhalten.

Dank

Das Projekt „SpitzAhorn“ wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft im Förderschwerpunkt "Stärkung der nachhaltigen Forstwirtschaft zur Sicherung der Waldfunktionen" (Projektträger FNR, Fkz.: 22040618) gefördert. Herzlich danken wir unseren technischen Assistentinnen UTE

STRAßBURG-KÄßLER, MARA LIEBICH, DIANA AHNERT und PETRA KNAUER für ihre Arbeit und der Gärtnerei des Thünen-Instituts für Forstgenetik in Waldsieversdorf für die Unterstützung bei der Pflanzenanzucht und die Betreuung des Baumschulversuchs.

Referenzen

BLE (2013): Zusammenstellung über zugelassenes Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: 01.07.2013).

CAUDULLO G, DE RIGO D (2016): *Acer platanoides* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: SAN-MIGUEL-AYANZ J, DE RIGO D, CAUDULLO G, HOUSTON DURRANT T, MAURI A (Hrsg.) European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU: Luxembourg. pp e019159+.

DE AVILA AL, HÄRING B, RHEINBAY B, BRÜCHERT F, HIRSCH M, ALBRECHT A (2021): Artensteckbriefe 2.0 – Alternative Baumarten im Klimawandel. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg.

DE JONG PC (1976): Flowering and sex expression in *Acer* L.: a biosystematic study, Veenman, Wageningen.

LIESEBACH M, LIESEBACH H (2009): Nutzung und Erhalt von genetischen Ressourcen beim Spitz-Ahorn (*Acer platanoides* L.). Jahrbuch der Baumpflege 13: 238-246.

LIESEBACH H, SCHNECK D (2022): Flowering behavior of clones in a Norway maple (*Acer platanoides*) seed orchard and mating system analysis using nuclear SSR markers. Eur J Forest Res. DOI:10.1007/s10342-022-01459-3

LIESEBACH M, WOLF H, BEEZ J, DEGEN B, ERLEY M, HAVERKAMP M, JANßEN A, KÄTZEL R, KAHLERT K, KLEINSCHMIT J, PAUL M, VOTH W (2021): Identifizierung von für Deutschland relevanten Baumarten im Klimawandel und länderübergreifendes Konzept zur Anlage von Vergleichsanbauten - Empfehlungen der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ zu den Arbeitsaufträgen der Waldbaureferenten. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Working Paper 172. DOI:10.3220/WP1617712541000

MARTIN PH, MARKS PL (2006): Intact forests provide only weak resistance to a shade-tolerant invasive Norway maple (*Acer platanoides* L.). Journal of Ecology 94: 1070-1079.

R CORE TEAM (2022): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/

ROLOFF A, PIETZARKA U (2014): *Acer platanoides* Linné. 1-16. In: ROLOFF A, WEISGERBER H, LANG UM, STIMM B (Hrsg.) Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie.

SCHNECK D (2021): Das Blühen der Waldbäume 2021. AFZ DerWald 76 (16): 19-21.

SCHUBERT J (1998): Lagerung und Vorbehandlung von Saatgut. Eberswalde Finow.

VAZ MONTEIRO M, DOICK KJ, LAWRENCE V, ALBERTINI A, HANDLEY P (2017): Investigation into the drought tolerance of broadleaf street trees using chlorophyll fluorescence. Acta Horticulturae 1189: 427-430. DOI:10.17660/ActaHortic.2017.1189.83

Autorinnen und Autor

CORNELIA BÄUCKER
Thünen-Institut für Forstgenetik, Eberswalder Chaussee 3A, 15377 Waldsieversdorf
Kontakt: cornelia.baeucker@thuenen.de

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