



APPLAUS für den Ahorn!

Bergahorn und Spitzahorn – Baumarten mit Zukunftspotential

Heino Konrad, Andrea Kodym, Sophie Ette,
Thomas L. Cech, Michael Grabner, Gernot Hoch, Werner Ruhm,
Franz Starlinger, Herfried Steiner

Impressum

ISBN 978-3-903258-43-3

Copyright 2021 by BFW, Juli 2021

Der Bericht "APPLAUS für den Ahorn! Bergahorn und Spitzahorn – Baumarten mit Zukunftspotential" wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus erstellt (Projekt: LE 14-20/Antragsnr. 8.5.2-III4/02/18). Nachdruck nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung seitens des Herausgebers gestattet.

Presserechtlich verantwortlich: DI Dr. Peter Mayer, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, Österreich; Tel. +43-1-87838 0

Projektdurchführung: Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Institut für Waldbiodiversität und Naturschutz, Abteilung für Ökologische Genetik, Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien

Inhaltlich verantwortlich für die einzelnen Kapitel sind die jeweiligen Erstautor*innen.

Heino Konrad, Andrea Kodym, Herfried Steiner
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW),
Institut für Waldbiodiversität und Naturschutz, 1131 Wien

Sophie Ette, Werner Ruhm
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW),
Institut für Waldwachstum, Waldbau und Genetik, 1131 Wien

Franz Starlinger
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW),
Institut für Waldökologie und Boden, 1131 Wien

Michael Grabner
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe,
3430 Tulln an der Donau

Thomas L. Cech, Gernot Hoch
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW),
Institut für Waldschutz, 1131 Wien

Layout: Johanna Kohl, BFW

Bezugsquellen: Bibliothek des BFW; Tel.: 01-878 38 1216; Fax: 01-878 38 1250;
E-Mail: bibliothek@bfw.gv.at; Online-Bestellung und Download: bfw.ac.at/webshop

Zitierung: Konrad H., Kodym A., Ette S., Cech T.L., Grabner M., Hoch G., Ruhm W., Starlinger F., Steiner H. (2021):
APPLAUS für den Ahorn! Bergahorn und Spitzahorn - Baumarten mit Zukunftspotential. Bundesforschungszentrum
für Wald (BFW), Wien, 72 Seiten, ISBN: 978-3-903258-43-3





Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Ahorn - ein Baum mit Zukunftspotential?	5
2.1 Der Klimawandel ist real und fühlbar	5
2.2 Welche Konsequenzen entstehen daraus für unseren Wald?	7
3. Machen Sie mit!	9
4. Informationen zum Ahorn	12
4.1 Unterscheidungsmerkmale	12
4.2 Steckbrief Bergahorn	14
4.3 Steckbrief Spitzahorn	16
4.4 Verbreitung, Standortansprüche und Vergesellschaftung der Ahornarten	18
4.5 Waldbauliche Bedeutung	23
4.6 Das Holz von Berg- und Spitzahorn	29
4.7 Krankheiten und Schädlinge	33
5. Vorkommen in Naturwaldreservaten und Generhaltungswäldern	41
5.1 Berg- und Spitzahorn in den österreichischen Naturwaldreservaten	41
5.2 Berg- und Spitzahorn in den österreichischen Generhaltungswäldern	45

6. Heimische Saatgutgewinnung	48
6.1 Erntebestände	50
6.2 Samenplantagen	52
7. Ergebnisse des Forschungsprojekts 'APPLAUS'	54
7.1 Gendatenbank und genetische Vielfalt des Bergahorns in Österreich.....	54
7.2 Genetische Vielfalt und Plusbaumauslese beim Spitzahorn	59
8. Zusammenfassung und Ausblick	67
9. Danksagung	68
10. Weiterführende Informationen	69
11. Literatur	70

1. Einleitung



Bei Aufforstungen im österreichischen Wald wird die Verwendung von Mischbaumarten immer wichtiger. Mischwald unterscheidet sich von forstlichen Monokulturen durch eine höhere Artenvielfalt von Tieren und Pflanzen. Somit sinkt die Gefahr von flächigen Waldschäden durch klimawandelbedingt vermehrtes Auftreten von Schadorganismen. Wirtschaftlich kann dies als Risikostreuung auf viele verschiedene Baumarten betrachtet werden. Durch die Anlage und Förderung von Mischwäldern wird somit eine höhere Stabilität der Waldbestände geschaffen und das Betriebsrisiko für Bewirtschafter*innen vermindert. Viele der beliebten heimischen Mischbaumarten, wie die Esche, Ulme und Erle, sind aktuell durch (meist eingeschleppte) Krankheitserreger und Schädlinge im Vorkommen bedroht. Berg- und Spitzahorn sind davon auf geeigneten Standorten derzeit noch weitgehend verschont geblieben. Sicherlich ist dies einer der Hauptgründe, welcher den Bergahorn momentan waldbaulich sehr attraktiv und zur am häufigsten aufgeforsteten Laubbaumart in Österreich macht.

Die vorliegende Broschüre soll einen kurzen Überblick über das Wissen, das wir am Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) mittlerweile über die Baumarten Berg- und Spitzahorn gesammelt haben, der forstlichen Praxis zur Verfügung stellen. Der Fokus liegt dabei auf der forstlichen Verwendung dieser Arten und ihrer Rolle für Waldbewirtschafter*innen, aber auch für das gesamte Waldökosystem.

Im zweiten Teil dieser Broschüre sollen die Ergebnisse des Projektes „APPLAUS für den Ahorn“ präsentiert werden. Ziel war es, die genetische Vielfalt dieser beiden Baumarten in Österreich zu untersuchen. Die genetische Vielfalt ist die Basis, auf der das natürliche Anpassungspotential und die Angepasstheit einer Baumart fußt: Nur durch ihre Erhaltung kann das langfristige Überleben einer Baumart sichergestellt werden. Die Bereitstellung von forstlichem Vermehrungsgut mit einem ausreichenden Grad an genetischer Vielfalt ist daher ein Eckpfeiler der nachhaltigen Waldbewirtschaftung.

Das Projekt APPLAUS (**A**cer **P**seudoplatanus und **P**latanoides in **A**U**S**tria), gefördert vom Bund, den Ländern und der Europäischen Union, wurde im Oktober 2018 am BFW als dreijähriges Projekt (LE 14-20/Antragsnr. 8.5.2-III4/02/18) gestartet. Ziel des Projektes war die Erfassung und Bewahrung der natürlichen genetischen Vielfalt von Berg- und Spitzahorn in Österreich. Obwohl es für den Bergahorn bereits eine relativ hohe Anzahl an Erntebeständen und Samenplantagen gibt, herrscht ein Mangel an heimischem Saatgut. Daher muss oft ausländisches Material eingeführt werden. Beim Spitzahorn ist die Lage noch angespannter, hier werden mehr als 95 % des Vermehrungsgutes importiert. Als Gegenstrategie ist es wichtig, auch für diese Baumart österreichische Saatguterntebestände zu etablieren und zu beernten. Zudem sollten Samenplantagen angelegt werden, da die Beerntung im Gelände durch das zerstreute Vorkommen logistisch sehr herausfordernd ist.

Im Rahmen des Projektes APPLAUS wurde auch das Problem des gravierenden Mangels an heimischem Saatgut thematisiert und folgende Vorhaben verwirklicht:

Bergahorn

ZIEL:
Die bestehenden zehn Samenplantagen genetisch charakterisieren und eine Gendatenbank erstellen. Daraus können Rückschlüsse auf die genetische Vielfalt von Bergahorn in Österreich gezogen werden.



Spitzahorn

ZIEL:
Neue Erntebestände identifizieren auf Basis von Qualitätskriterien und genetischer Vielfalt. Anlegen eines Klonarchivs aus Plusbäumen mit einer breiten genetischen Vielfalt.



Ziele des Forschungsprojektes APPLAUS

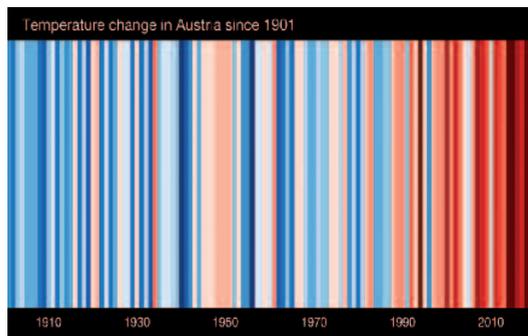


2. Ahorn - ein Baum mit Zukunftspotential?

2.1 Der Klimawandel ist real und fühlbar

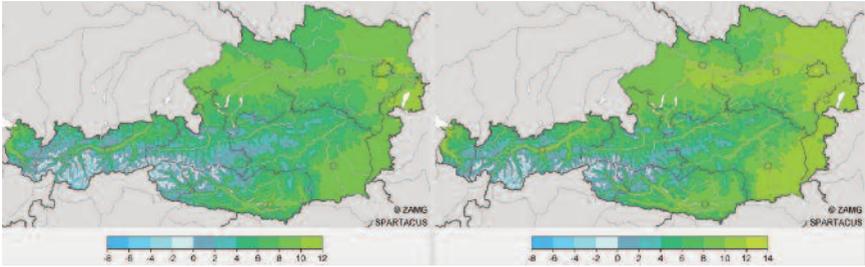
Das Klima auf der Erde hat sich schon immer gewandelt, aber noch nie zuvor in dieser Geschwindigkeit. Die Klimaforscher*innen sind sich einig, dass die globale Erwärmung menschengemacht ist und sprechen daher inzwischen von einer Klimakrise mit unüberschaubaren Konsequenzen für Ökosysteme, Menschheit, Gesellschaft und Wirtschaft. Die Erforschung des Klimawandels ist äußerst komplex und beruht auf retrospektiven (zurückschauenden) und prospektiven (vorausschauenden) Methoden. Wie hat sich das Klima im Mittel der letzten 30 Jahre in Österreich verändert? Bei welchen Klimaindizes kommt es zu den markantesten Veränderungen? Diese Informationen befinden sich im nationalen Klimastatusbericht der CCCA (Center for Climate Change Austria). Im Folgenden sind daraus Grafiken zur bisherigen Veränderung von Lufttemperatur, Hitzeperioden und Trockenepisoden in Österreich für die vergangenen Jahrzehnte entnommen (Abbildungen Seite 6).

Um die regionale Klimaerwärmung zu visualisieren, ist ein Klimastreifen sehr gut geeignet. Jeder schmale Farbstreifen repräsentiert die jeweilige mittlere Temperatur eines einzelnen Jahres. Dunkles Blau steht für kühl und dunkles Rot für warm. Mit einem Blick ist erkennbar, wie sehr sich in jüngster Zeit die warmen Jahre häufen.

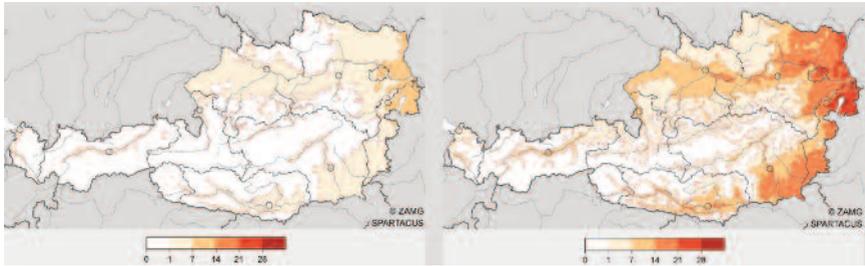


Klimastreifen, der die Temperaturänderungen in Österreich seit 1901 darstellt.

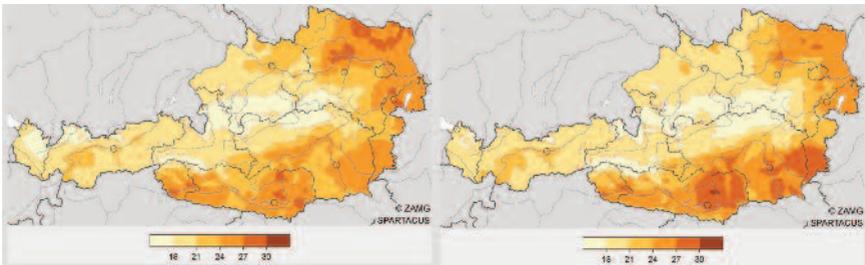
© Ed Hawkins, <https://showyourstripes.info>



Räumliche Verteilung der mittleren Jahreswerte von Lufttemperatur in den Bezugszeiträumen 1961–1990 (links) und 1991–2020 (rechts).



Räumliche Verteilung der mittleren Jahreswerte des Klimaindex Hitzeperiode nach Kysely in den Bezugszeiträumen 1961–1990 (links) und 1991–2020 (rechts).



Räumliche Verteilung der mittleren Jahreswerte des Klimaindex Trockenepisode in den Bezugszeiträumen 1961–1990 (links) und 1991–2020 (rechts).

2.2 Welche Konsequenzen entstehen daraus für unseren Wald?

Auch scheinbar kleine Veränderungen in der Lufttemperatur können mit massiven Auswirkungen auf die Umwelt verbunden sein. Steigende Temperaturen führen dazu, dass die Verdunstungsrate steigt, der Boden schneller austrocknet und die Bäume nicht genug Wasser bekommen. Prognosen zeigen auch, dass Winterniederschläge nicht als Schnee, sondern vermehrt als Regen zu Boden gehen. Dieser versickert schneller oder fließt oberflächlich ab. Beides führt dazu, dass langfristig weniger Wasser im Wald verfügbar ist. Außerdem ist mit dem vermehrten Auftreten von lang anhaltenden Trockenperioden zu rechnen. Bei Trockenstress verringern Bäume ihr Wachstum und werden anfälliger für Windwurf, Schädlinge und Krankheiten. Erste Anzeichen dafür sind welke, braune Blätter in den Sommermonaten. Waldbäume werden daher künftig trockenresistenter sein müssen. Neben den Eichenarten und der Douglasie wird auch der Ahorn unter den hiesigen Hoffnungsträgern für einen klimafitten Wald eingeordnet.

Die Prognosen für die zukünftige Bedeutung von Spitzahorn und Bergahorn sind regional verschieden. Gerade Bergahorn wurde in den letzten Jahrzehnten gerne und häufig angepflanzt, da er als einfach in der Kultur und als schnellwüchsig gilt. Oft wird er allerdings an zu trockenen oder anders ungeeigneten Standorten gepflanzt. Die Baumartenwahl sollte daher immer sorgfältig in Abstimmung mit den Standortverhältnissen durchgeführt werden. Der Spitzahorn ist im Vergleich zum Bergahorn trockentoleranter und kann auch mit hohen Sommertemperaturen und weniger Sommerniederschlag auskommen. Der Spitzahorn wird daher auch gerne als Stadtbaum verwendet, da er die städtischen Klimaverhältnisse gut verträgt.

Das Anbaurisiko für den Bergahorn wird in Tieflagen künftig steigen. In höheren Lagen mit ausreichend Niederschlägen wird er jedoch weiterhin zum Aufbau stabiler Mischwälder beitragen können. Großflächige Reinbestände sollten beim Ahorn aus Forstschutzgründen trotzdem vermieden werden. Als typische Mischbaumart sollte er trupp-, gruppen- bis maximal horstweise eingebracht werden.

Von den milderen Temperaturen im Winter können wärmeliebende Schädlinge profitieren, die sich bei höheren Temperaturen rascher vermehren und sich weiter ausbreiten können. Die negativen Folgen dieser klimatischen Veränderungen und das daraus entstehende wirtschaftliche Risiko kann man bereits jetzt am Beispiel des flächigen Borkenkäferbefalls an der Fichte der letzten Jahre feststellen. Mischwaldbaumarten, wie die Ahornarten, spielen somit eine wichtige Rolle in der Klimawandelanpassung des Waldes. Da ein Schädling sich leichter ausbreiten kann, wenn die Wirtsbaumart in hoher Dichte vorkommt (Fichtenreinbestand), können Mischbestände entscheidend zur Risikominimierung beitragen.

Durch den Klimawandel steigen nicht nur die Temperaturen, sondern auch extreme Wetterereignisse; Winter- und sommerliche Gewitterstürme werden immer häufiger. Wie gut der Wald dem Wind standhalten kann, hängt stark von den Baumarten ab, die dort vorkommen. So ist beispielsweise der Ahorn mit seinem Herz-Senkerwurzelsystem standhafter als die Fichte mit ihren flachen Wurzeln. Baumarten, die tiefer wurzeln, können zudem tieferliegende Bodenhorizonte erschließen und so einen positiven Effekt auf die Wasserversorgung von benachbarten Flachwurzlern haben.



2. Achten Sie bei der Bestellung in der Forstbaumschule auf die richtige Herkunft! Heimisches Material ist meist besser an den Standort angepasst. Auch die Höhenstufe der Ursprungsbestände sollte beachtet werden (vgl. Kapitel 6 „Heimische Saatgutgewinnung“). Falls sich Ihr Wald in einem besonders von der Trockenheit betroffenen Gebiet befindet, kann es allerdings notwendig sein, auf eine Herkunft aus einem anderen Klimabereich auszuweichen. Laufend aktualisierte Infos zur Baumartenwahl bzw. Herkunftswahl für ganz Österreich bekommen Sie unter www.klimafitterwald.at bzw. unter www.herkunftsberatung.at.

3. Melden Sie Ihren Ahornbestand zur Saatgutbeerntung an und helfen Sie mit, den hohen Bedarf an heimischem Saatgut zu decken!

Jede/r Waldbesitzer*in kann eine Zulassung seines/ihres Waldes als Saatguterntebestand beim Bundesamt für Wald beantragen. Die für die Ernte vorgesehenen Bestände müssen bestimmte Merkmale aufweisen, wie z.B. Mindestbaumzahl, Qualitätseigenschaften und Vitalität. Experten vom Bundesamt für Wald überprüfen mit Ihnen gemeinsam, ob diese Anforderungen erfüllt werden können. Um die genetische Vielfalt des Waldes zu schützen, unterliegt die Gewinnung von Saatgut strengen gesetzlichen Auflagen. Informationen dazu finden Sie im Kapitel „Heimische Saatgutgewinnung“ und auf der Webseite des Bundesamtes für Wald: <http://bundesamt-wald.at>.

Für jene, denen der Ahorn ein besonderes Anliegen ist, gibt es auch noch die Möglichkeit, eine Samenplantage anzulegen. Sowohl für den Berg- als auch den Spitzahorn besteht Bedarf nach qualifiziertem heimischem Saatgut. Plantagen sind grundsätzlich einfacher zu beernten. Durch den Freiland erhalten die Bäume optimal Licht und können falls nötig mit zusätzlichen Nährstoffen versorgt werden. Beides wirkt sich positiv auf den Saatgutertrag aus. Bei der Anlage ist es sinnvoll, besonders gut geformte und gesunde Individuen als Mutterklone auszuwählen, damit sie ihre positiven Eigenschaften an die Nachkommen weitergeben können. Einen aktuellen Überblick über die bereits bestehenden Plantagen und deren Herkunftsgebiete bietet die Webseite des Bundesamtes für Wald: <http://bundesamt-wald.at>. Weiterführende Beratung zu Anlage, Kosten und Pflegemaßnahmen erhalten Sie bei ihrer regionalen Förderstelle bzw. an der Abteilung für Ökologische Genetik des Bundesforschungszentrums für Wald.

Im niederösterreichischen Ybbstal wird seit 2018 ein Bergahorn-Erntebestand von der Familie Brenn in Eigenregie beerntet. Der Bestand liegt im steilen Gelände. Er wird stehend beerntet, dazu ist es notwendig, in die Kronen zu klettern. Das Saatgut wird dann abgeschlagen und mit Netzen aufgefangen. Im Jahr 2018, bei der ersten Beerntung, wurden 32 Bäume beerntet, 2020 bereits 83 Bäume. Im Jahr 2019 fand aufgrund der geringen Fruktifizierung keine Ernte statt. Die höhere Anzahl der beernteten Bäume ist auf eine bessere Ausstattung der Kletterausrüstung inklusive Baumkletter-Seilwinde zurückzuführen, die eine raschere Beerntung ermöglicht. Außerdem können durch dieser Technik im Unterschied zu Leitern auch Bäume mit 30-40 m Höhe beerntet werden.



Netzernte im steilen Gelände



Trocknen der Ahornfrüchte in den Netzen

Beim Beernten ist ein enges Zeitfenster einzuhalten: Einerseits müssen die Früchte reif sein, damit sie abfallen, andererseits sollen sie noch nicht von selbst abfallen. Zudem muss es am Tag der Ernte windstill sein, da ansonsten das Saatgut verweht wird. Daher wird meist in den frühen Morgen- und dann erst wieder in den späten Nachmittagsstunden gearbeitet. Nasse Witterung darf auch nicht herrschen, da bei rutschiger Rinde

die Kletterarbeit gefährlicher ist, und das Saatgut leichter schimmelt. Am Ende des Tages wird das Saatgut vom mitgefangenen Laub getrennt und zum Trocknen ausgebreitet, wenn möglich in einer Scheune oder bei Schönwetter auch gerne im Freien. Eine Entflügelung der Ahornsamen ist nicht erwünscht, da dies mit einer Verringerung der Keimfähigkeit einhergeht. Das Saatgut wird im getrockneten Zustand gut durchgemischt, in Säcke abgefüllt und direkt an die Baumschulen geliefert. So wurden 2020 durch die Familie Brenn bereits über 100 kg Ahorn-Samen vermarktet und die österreichische Forstwirtschaft mit hochqualitativem Saatgut versorgt.



4. Informationen zum Ahorn

4.1 Unterscheidungsmerkmale

Die Ahorne gehören zur Familie der Seifenbaumgewächse (Sapindaceae). Typische Merkmale sind die Spaltfrüchte mit den bekannten Flügeln und die mehrfach handförmig gelappten Blätter. In Österreich findet man weit verbreitet drei heimische Ahornarten, die sich aber leicht unterscheiden lassen:

	Bergahorn <i>Acer pseudoplatanus</i>	Feldahorn <i>Acer campestre</i>	Spitzahorn <i>Acer plantanoides</i>
Blattform	5-lappig Buchten zwischen den Lappen sind V-förmig. Gesägter Blattrand Blattlappen kurz zugespitzt, großblättrig.	3 - 5 lappig Buchten sind abgerundet. Glatter Blattrand, Blattlappen abgerundet, kleinblättrig. Unterseite: samtig behaart	5 - 7 lappig Buchten sind abgerundet. Glatter Blattrand, lang zugespitzte Blattlappen, extra langer Blattstiel, großblättrig.
			
Früchte	Flügel stehen spitzwinklig zueinander.	Annähernd waagrecht abstehende Flügel.	Stumpfwinklig bis waagrecht abstehend.
			
Milchsaft	nein	ja	ja

	Bergahorn	Feldahorn	Spitzahorn
Blüten	<p>Überhängende, traubenartige Blütenstände;</p> <p>Blüht mit dem Laubaustrieb oder unmittelbar danach.</p>	<p>Aufrechte, rispige Blütenstände;</p> <p>Blüht mit dem Laubaustrieb.</p>	<p>Aufrechte, doldentraubige Blütenstände;</p> <p>Blüht vor dem Laubaustrieb.</p>
			
Borke	<p>Die Borke ist in der Jugend glatt und grau, im Alter blättert sie großflächig ab und ergibt ein buntes Bild (ähnlich der Platane).</p>	<p>Die Borke ist kleinfeldrig strukturiert und bei großen Individuen dem Spitzahorn ähnlich.</p>	<p>Die Borke ist im Alter eichenähnlich, aber kleinfeldriger strukturiert.</p>
			

Der Feldahorn bleibt meist kleiner als Berg- und Spitzahorn und kommt vor allem an Waldrändern und in Hecken vor. Da er derzeit forstlich wenig genutzt wird, wird er im Folgenden nicht weiter behandelt. Umfassende Informationen zu dieser Art gibt die Monographie des Vereins Regionale Gehölzvermehrung (www.regionale-gehoeelze.at).

4.2 Steckbrief Bergahorn

Blätter, Knospen, Wuchs

Die gegenständigen Blätter sind drei bis fünffach handförmig gelappt und tief eingeschnitten. Im Unterschied zum Spitzahorn führt der Bergahorn keinen weißlichen Milchsaft im Blattstiel. Die charakteristisch großen Seitenknospen des Bergahorns sind kräftig grün und abstehend. Bei Knospenaustrieb sind die Blätter rötlich. Der Austriebszeitpunkt ist durch die Höhenlage des Herkunftsortes geprägt. Bäume von Herkunftsorten aus Hochlagen treiben später aus. Bereits im Spätsommer beginnt sich das Laub gelb zu verfärben und im Herbst trägt er eine Gelb- und Braunfärbung. Seine Baumkrone ist rund bis eiförmig.

Borke, Stamm, Wurzel

Ältere Bäume besitzen eine Schuppenborke mit einem auffälligen Farbenspiel von dunkelgrau bis rotbraun, deren Struktur an eine Platane erinnert. Junge und mittelalte Individuen besitzen eine dunkelgrau bis -braune, glatte Rinde.

Der Bergahorn erreicht im Flachland ein Alter von etwa 150 Jahren, im Gebirge jedoch kann er bis 500 Jahre alt werden. Seine maximale Höhe beträgt 35 m und der Stammumfang ein bis zwei Meter. Der Bergahorn besitzt ein Herz-Senkerwurzelsystem.

Blüte, Frucht

Der Bergahorn hat zwittrige Blütenanlagen. Es kommt aber meist nur ein Geschlecht zur vollen Entwicklung, sodass die Blüten funktionell eingeschlechtlich sind. Er blüht relativ unauffällig Ende April bis Mitte Mai. Die gelblich-grünen Blüten sitzen auf traubenartigen Rispen. Die Blühreife tritt ab einem Alter von etwa 30 Jahren ein. Die nektarreichen Blüten werden von den verschiedensten Insekten bestäubt, auch Windbestäubung tritt auf.

Er fruktifiziert jedes Jahr reichlich, aber im Gebirge nur alle zwei bis drei Jahre. Die Früchte sind paarweise angeordnete Nussfrüchte, wobei eine der beiden oft unterentwickelt ist. Die Ausbreitung der geflügelten Früchte (mit Propellereffekt!) erfolgt mit dem Wind.

Die Spaltfrüchte des Bergahorns sind im Gegensatz zum Spitzahorn in einem spitzen bis rechten Winkel angeordnet. Ein Bergahorn kann bis zu



160.000 Früchte produzieren, allerdings schwankt die Menge jährlich. Der Anteil keimfähiger Früchte ist sehr variabel. Dies ist auf unterentwickelte Samen oder Parasitierung zurückzuführen. Die Früchte bleiben oft den Winter über am Baum. Sie werden gerne von Vögeln, Eichhörnchen und Mäusen gefressen. Die Samen müssen den Wintertemperaturen ausgesetzt werden, um im Frühjahr zu keimen. In der Baumschule wird das Saatgut daher „stratifiziert“, indem es für 2-3 Monate bei 0 - 5 °C in feuchtem Sand eingelagert wird. Beim ausgereiften Samen ist kein Nährgewebe vorhanden.

4.3 Steckbrief Spitzahorn

Blätter, Knospen, Wuchs

Charakteristisch sind seine gegenständig handförmig-geteilten Blätter mit fünf bis sieben ungleich großen Lappen, deren Enden spitz zulaufen. Im Unterschied zum Bergahorn führt der Spitzahorn einen weißlichen Milchsaft in jungen Trieben und im Blattstiel, der beim Verzehr für Säugetiere giftig ist. Die Seitenknospen des Spitzahorns sind verhältnismäßig klein, dunkelrotbraun und liegen eng am Zweig an. Im Herbst verfärbt sich das Laub strahlend gelb, daher ist er ein beliebter Stadt- und Alleebaum. Seine Baumkrone besitzt eine relativ breite Basis und läuft nach oben spitz zu.

Borke, Stamm, Wurzel

Ältere Bäume besitzen eine dunkelgrau, dicht mit Längsrissen durchzogene Borke, die nicht abschuppt, wie es beim Bergahorn der Fall ist. Junge Individuen besitzen eine relativ helle, glatte Rinde.

Der Spitzahorn kann ein Alter von 150 Jahre und eine Höhe von 25-30 m erreichen. Generell nimmt der Höhenzuwachs mit etwa 25 Jahren deutlich ab. Der Stamm ist meist kurz, wobei der Brusthöhen-durchmesser (BHD) bei ausgewachsenen Individuen 60-100 cm erreicht. Selten können Drehwuchs und Frostrisse beim Spitzahorn beobachtet werden. Jedoch gilt der Spitzahorn als anfällig für Zwieselbildung.

Generell gilt der Spitzahorn dank seines Herz-Senkerwurzelsystems als sehr standfest.

Blüte, Frucht

Der Spitzahorn ist einhäusig und hat zwittrige Blütenanlagen. Es kommt aber nur ein Geschlecht zur vollen Entwicklung und so sind die Blüten funktionell rein weiblich oder rein männlich. Im April, bevor noch sein Laub austreibt, trägt er gelbliche bis hellgrüne Blüten, die in kleinen Doldentrauben sitzen. Die Blühreife tritt im Freiland bereits ab einem Alter von 10 - 15 Jahren ein, im geschlossenen Bestand jedoch erst deutlich später. Bestäubt werden die nektarreichen Blüten von Insekten, vor allem von Bienen. Er gilt durch die Anatomie seiner Blüten als frost-resistenter als der Bergahorn.

In Tallagen fruktifiziert der Spitzahorn jedes Jahr, während er in Hochlagen nur alle zwei bis drei Jahre Früchte trägt. Die Früchte sind paarig-ange-



ordnete Nussfrüchte mit Fruchtlügel und können durch ihre Propeller-Form vom Wind kilometerweit transportiert werden.

Die Spaltfrüchte des Spitzahorns sind im Gegensatz zum Bergahorn in einem stumpfen Winkel angeordnet. Die Früchte bleiben oft den Winter über am Baum. Die Samen müssen ebenfalls den Wintertemperaturen ausgesetzt werden, um im Frühjahr zu keimen. In der Baumschule wird das Saatgut daher „stratifiziert“, indem es für 2 - 3 Monate bei 0 - 5 °C in feuchtem Sand eingelagert wird. Beim ausgereiften Samen ist kein Nährgewebe vorhanden.

4.4 Verbreitung, Standortansprüche und Vergesellschaftung der Ahornarten

Franz Starlinger

Institut für Waldökologie und Boden, BFW

Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*)

Das natürliche Verbreitungsgebiet des Bergahorns (Meusel *et al.* 1978) beschränkt sich im Wesentlichen auf Mitteleuropa und die südeuropäischen Gebirge. Im Süden des Verbreitungsgebiets werden der Nordwesten, die Iberische Halbinsel, die Pyrenäen, Korsika, die Apenninen, Sizilien, die Dinarischen Gebirge, Balkan, Rhodopen und Pindos besiedelt. Daran schließt das Vorkommen in den Alpen, den Karpaten, im Siebenbürgischen Erzgebirge und in den Mittelgebirgen, von den Ardennen und Vogesen im Westen bis zu den Sudeten im Osten, an. Angrenzende Beckenlagen und Vorländer mit relativ kühlem oder niederschlagsreichem Klima, wie das Alpenvorland oder das Karpatenvorland in Südpolen und der Westukraine, werden ebenso besiedelt. Dagegen fehlen im natürlichen Vorkommen des Bergahorns die warmen Tiefländer, z.B. in der Poebene und in der Kleinen und Großen Ungarischen Tiefebene. Im Großteil des Norddeutschen Tieflands ist das natürliche Vorkommen fraglich, wird aber für die Moränenlandschaft südlich der Ostsee akzeptiert. Die Abgrenzung des natürlichen Areals ist im Norden schwierig, weil der Bergahorn häufig kultiviert wird und dann auch verwildert. Solche verwilderte Vorkommen existieren vor allem im ozeanischen Westeuropa, wie auf den Britischen Inseln, in Frankreich und im südlichen Skandinavien.

In Österreich kommt der Bergahorn von der kollinen bis in die tiefsubalpine Höhenstufe vor, mit einem Optimum in der tiefmontanen Stufe. In der kollinen Stufe beschränkt sich das Vorkommen auf Böden mit guter Wasserversorgung. Vorkommen oberhalb von 1600 m Seehöhe sind selten. Der Bergahorn ist anspruchsvoll bezüglich der Basenversorgung der Böden. Sein Optimum liegt bei annähernd voll basengesättigten Böden auf Kalkbraunlehmen und karbonathaltigen Braunerden. Auf basenreichen Silikatstandorten ist er ebenfalls noch häufig, sofern die Basensättigung im Durchschnitt des Bodenprofils bei mindestens 35 % liegt. Mit skelett-

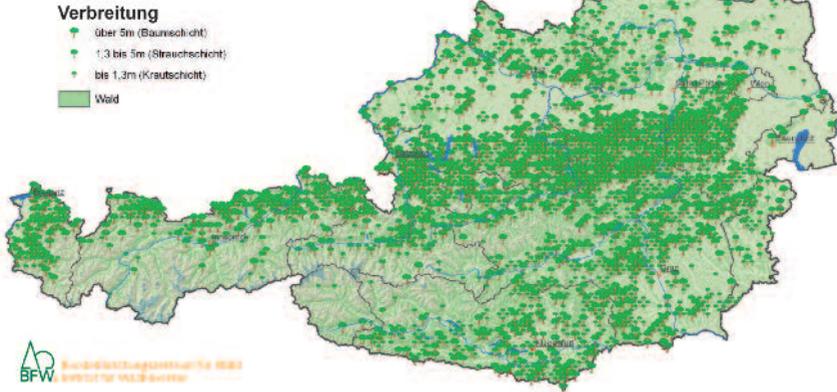


Aktuelle Verbreitung des Bergahorns in Europa. Die natürliche Verbreitung ist in grün dargestellt, isolierte Vorkommen sind durch grüne Kreuze dargestellt. Orange Dreiecke deuten Verbringung durch den Menschen an (aus Caudullo G., Welk E. & San-Miguel-Ayanz J. 2017).

reichen Böden, beispielsweise Rendzinen, kommt der Bergahorn gut zurecht, sofern seine Ansprüche an die Wasserversorgung erfüllt werden, wie das etwa auf Schattseiten in niederschlagsreichem Klima oder in Unterhanglage der Fall ist.

Bemerkenswert ist seine gute Fähigkeit zur Ausheilung von Verletzungen durch Steinschlag. Der Bergahorn kommt von mäßig frischen bis feuchten Standorten vor. Am feuchten Ende der Skala werden beispielsweise noch Hangleye besiedelt. Allerdings toleriert er keine länger andauernden Überflutungen und fehlt somit ursprünglich in den Tieflagen auf Standorten der Hartholzau, die noch regelmäßig überflutet werden. Er setzt sich aber auf solchen Standorten in den letzten Jahrzehnten vermehrt durch, nachdem durch die Errichtung von Dämmen die Überflutungen unterbunden wurden. Auf mäßig frischen Karbonatstandorten, beispielsweise auf sonnseitigen Rendzinen, ist der Bergahorn häufig, weist dort aber im Vergleich mit frischen und sehr frischen Standorten eine deutlich geringere Wuchsleistung auf.

Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*)



Das Vorkommen des Bergahorns in Österreich basierend auf Daten der Österreichischen Waldinventur (ÖWI).

Der Bergahorn wächst selbst im Schatten während der Jungendphase relativ schnell und kommt deshalb mit krautiger Konkurrenzvegetation besser zurecht als andere Baumarten. Unter dem Schirm einer zu stark beschattenden Baumschicht stagniert das Wachstum jedoch bei einer Höhe von 1-2 m. Besonders der Buche ist er damit unterlegen. In Bestandeslücken kann er allerdings als Sekundärpionier schnell dominant werden.

Der Bergahorn tritt in Waldbeständen nur verhältnismäßig selten als dominante oder subdominante Baumart auf. Am häufigsten kommt er in basenreichen Buchen- und Fichten-Tannen-Buchenwäldern (Eu-Fagenion, Lonicero alpigenae-Fagenion, Cephalanthero-Fagenion, Ostryo-Fagenion) vor. In Fichten- und Fichten-Tannenwäldern auf basenreichen Böden (Abieti-Piceion) ist er ebenfalls häufig. In den Eichen-Hainbuchenwäldern (Carpinion) besiedelt er vorzugsweise Ausbildungen mit guter Wasserversorgung. In Auwäldern beschränkt er sich auf Standorte, wo Überflutungen nur kurze Zeit andauern. Er ist beispielsweise in Grauerlenauen (Aceri-Alnetum incanae) und in bachbegleitenden Schwarzerlen-Eschenwäldern (Carici remotae-Fraxinetum) beteiligt.

Dominant kann der Bergahorn in Bergahorn-Eschenwäldern (Tilio-Acerion) werden, wobei viele dieser Bestände als Sukzessionsstadien auf potentiellen Standorten von buchenreichen Wäldern anzusehen sind. Speziell in Unterhanglage auf sehr frischen Standorten kommt es in Bestandeslücken oft zu einer starken Entwicklung einer krautigen Konkurrenzvegetation, mit der Bergahorn und Esche besser zurechtkommen als Buche und Tanne. An steinschlaggefährdeten Standorten am Fuß von Felswänden ist der Bergahorn gegenüber der Buche im Vorteil und bildet dort mit dem Phyllitido-Aceretum eine eigene Gesellschaft, wo er gemeinsam mit der Esche von Natur aus dominant auftritt.

Spitzahorn (*Acer platanoides*)

Das natürliche Verbreitungsgebiet des Spitzahorns (Meusel et al. 1978) erstreckt sich über die südeuropäischen Gebirge und weite Bereiche von Mittel- und Osteuropa sowie des südlichen Nordeuropa. Im Süden werden die Pyrenäen, die Apenninen und die Gebirge Südosteuropas besiedelt. Ein isoliertes Teilareal existiert im Kaukasusgebiet. Über das osteuropäische Tiefland reicht das Areal bis zum südlichen Uralgebirge im Raum Jekaterinburg und Tscheljabinsk. Die Steppenregionen am Nordufer des Schwarzen Meeres werden dabei aber ausgespart. Im Norden reicht das Areal bis über Kasan und Sankt Petersburg hinaus und umfasst auch den Süden Finnlands und einen großen Teil des südlichen Skandinavien. Der Westrand des natürlichen Areals wird in den Ardennen und im französischen Zentralmassiv erreicht. Der Spitzahorn wird über das natürliche Areal hinaus häufig kultiviert. Verwilderte Vorkommen existieren in Frankreich, auf den Britischen Inseln und in Skandinavien.

Der Spitzahorn kommt in Österreich von der kollinen bis in die mittelmontane Höhenstufe vor, mit einem submontan-tiefmontanen Schwerpunkt. Vorkommen oberhalb von 1200 m Seehöhe sind derzeit nicht bekannt. Bezüglich der Basenversorgung stellt er ähnliche Ansprüche wie der Bergahorn, kommt also sowohl auf Kalk als auch auf basenreichen Silikaten vor. Skelettreiche Böden werden ebenfalls besiedelt. Schwere Böden mit Tagwasserstau und stark vergleyte Böden sagen dem Spitzahorn offenbar nicht zu. Man findet ihn beispielsweise sehr häufig an Hangschuttstandorten in den V-Tälern im östlichen Waldviertel. Die



Aktuelle Verbreitung des Spitzahorns in Europa. Die natürliche Verbreitung ist in grün dargestellt, isolierte Vorkommen sind durch grüne Kreuze dargestellt. Orange Dreiecke deuten Verbringung durch den Menschen an (aus Caudullo G., Welk E. & San-Miguel-Ayanz J. 2017).

Ansprüche an die Wasserversorgung sind deutlich geringer als beim Bergahorn.

Auch der Spitzahorn tritt selten als dominante oder subdominante Baumart auf. Am häufigsten findet man ihn in Buchenwäldern an wärmebegünstigten Standorten, z.B. im *Cyclamini-Fagetum* oder im *Mercuriali-Fagetum*. In Eichen-Hainbuchenwäldern ist er recht regelmäßig vor allem in den trockeneren Ausbildungen anzutreffen. Er kommt auch in wärmeliebenden Eichenmischwäldern (z.B. *Euphorbio angulatae-Quercetum*) vor. Als subdominante Art kann er in Lindenmischwäldern (*Tilienion*) auftreten, wie sie etwa in Schluchtwäldern auf Hangschutt im östlichen Waldviertel vorkommen.

4.5 Waldbauliche Bedeutung

Werner Ruhm

Institut für Waldwachstum, Waldbau und Genetik, BFW

Der **Bergahorn** gehört neben Fichte, Tanne und Buche zu den wichtigsten Baumarten in der submontanen und montanen Stufe. Als ausgeprägte Mischbaumart ist er im überwiegenden Bereich seines natürlichen Vorkommens mit der Buche gemischt, in der montanen Stufe auch mit Weißtanne und Fichte. Nur dort wo die Buche aus standörtlichen Gründen fehlt (Bergahorn - Schluchtwald, Bergahorn - Eschenwald), ist er dieser starken Konkurrenz nicht ausgeliefert und kann auch bestandsbildend auftreten. In subalpinen Fichtenwäldern gehört er zu den wenigen Laubbäumen, die bis hinauf an die Waldgrenze steigen. In Mischbeständen tritt er meist einzeln oder in Gruppen auf. Aufgrund seines sehr guten Ausheilungsvermögens nach Steinschlag und einer guten Bodenfestigung bedingt durch ein intensiv verzweigtes Herz-Senkerwurzelsystem gilt der Bergahorn als wertvolle Schutzwaldbaumart.

Der **Spitzahorn** bevorzugt gemäßigt kontinentales Klima. Er ist ein Baum der kollinen, submontanen, seltener noch der tief- und mittelmontanen Höhenstufen. Seinen Verbreitungsschwerpunkt findet der Spitzahorn heute in den eichendominierten Mischwäldern der Ebenen und des Hügellandes. Im Wald kommt der Spitzahorn in eher kleinen zerstreuten Beständen vor. Seinen ökologischen Ansprüchen entsprechend ist er in edellaubbaumreichen Mischwäldern wie beispielsweise in Eschen-Ahorn-Steinschutt-Hangwäldern, Eichen-Hainbuchenwäldern und Lindenmischwäldern zu finden. Mit Buchenwäldern ist er ebenso vergesellschaftet. Der Spitzahorn wurde lange Zeit von der Forstwirtschaft wenig beachtet und auch aktuelle, wissenschaftliche Literatur gibt es nur spärlich. In der Vergangenheit kam daher auf „ahornfähigen“ Standorten in erster Linie der Bergahorn zum Einsatz. Aufgrund einer breiteren ökologischen Amplitude gedeiht der Spitzahorn auch noch auf trockeneren Standorten und gilt als weniger empfindlich gegenüber Hitze und Dürre als der Bergahorn. Diese Eigenschaft sollte vor dem Hintergrund zunehmend trockenerer Sommer berücksichtigt werden.

Beide Ahornarten fruktifizieren auf geeigneten Standorten ähnlich regelmäßig und reichlich, sodass Naturverjüngung, natürlich in Abhängigkeit vom Schalenwildbestand, kaum ein Problem darstellt. In etwa alle drei Jahre tritt eine besonders starke Mast auf, wobei Individuen mit gut ausgebauter Krone aus dem herrschenden Bereich bis zu 160.000 Samen mit einer Keimfähigkeit von 50 – 70 % produzieren können. Die Bestäubung erfolgt durch verschiedene Insektenarten. Im September und Oktober reifen die Samen, erkennbar an der bräunlichen Verfärbung der Früchte nach dem Laubabfall und sie fallen im Zeitraum Oktober bis Dezember ab. Die Verbreitung der Samen erfolgt vorwiegend über den Wind.

Die Verbisspräferenz des Schalenwildes für die Ahornarten kann als sehr hoch eingestuft werden. Der Ahorn überlebt zwar sehr häufig den Verbiss, wird aber in seiner Höhenentwicklung behindert und kann dadurch den Konkurrenzkampf mit anderen Baumarten um den Einwuchs in die oberen Bestandesschichten verlieren. Entmischungstendenzen zugunsten von Fichte und Buche sind dann meist die Folge. In der Jugend eher eine Halbschattbaumart (kann lange Zeit im Bestandesschatten überleben) benötigen beide Baumarten später für zügiges Wachstum kräftige Auflichtungen, stellen dabei aber auch an die Nährstoff- und vor allem der Bergahorn auch an die Wasserversorgung - höhere Ansprüche.

Im Gegensatz zu Schattbaumarten wie Buche und Tanne steigt der Lichtbedarf der beiden Ahornarten mit zunehmendem Alter. Diese Schattentoleranz in den frühen Entwicklungsphasen lässt Naturverjüngung unter Schirm leicht gelingen. Kommt die Naturverjüngung zum geeigneten Zeitpunkt, muss man für ausreichend große Lichtschächte im Schirm sorgen. Lochhiebe und femelartige Öffnungen mit 20 – 40 m Durchmesser sollten für ein zufriedenstellendes Jugendwachstum reichen.

Die Zuwachsgrößen der beiden Ahornarten kulminieren in der Stangenholzphase. Ihr Höhen- und Volumenwachstum kann als sehr ähnlich bezeichnet werden. Ihre Wuchsüberlegenheit, vor allem gegenüber der Buche, reicht in der Regel nur bis ins schwache Baumholzstadium, spätestens ab dieser Phase wird die Konkurrenz durch Fichte und Tanne immer stärker und Pflegeeingriffe zu Gunsten des Ahorns immer notwendiger. Ahornkronen reagieren im Vergleich zur sehr plastischen Krone der Buche bei gleicher Höhe auf Veränderungen der Standraumverhältnisse

im Zuge von Durchforstungseingriffen geringer. Durch ihre im Alter stärker werdende Lichtbedürftigkeit fallen sie bei starker Kronenkonkurrenz zurück in den Zwischenstand und können auch bei nachträglicher Kronenfreistellung nicht mehr stark reagieren. Aufgrund dieses frühzeitigen Nachlassens der Reaktionsfähigkeit ist daher ein möglichst früher Zeitpunkt für die Erstdurchforstung erforderlich.

Für die Wertholzerziehung bietet sich ein **zweiphasiges Pflegekonzept** an, mit dem Ziel starkes, astfreies und möglichst farbkernfreies Stammholz zu produzieren.

1. Phase

Dichtstand für gute Astreinigung wird angestrebt. Da es sich bei den Ahornarten um sogenannte „Totastverlierer“ handelt, können durch entsprechenden Dichtstand astfreie Schäfte erreicht werden. In der Dickungsphase sollten daher nur extreme „Protzen“ und unerwünschte Baumarten entnommen werden. Auf keinen Fall sollte zu diesem Zeitpunkt eine Stammzahlreduktion angestrebt werden, da diese zu einer Verzögerung der Astreinigung führen würden. Ist aufgrund des Dichtstandes (zu weite Abstände zwischen den Bäumen) keine zufriedenstellende natürliche Astreinigung zu erwarten, sind Astungsmaßnahmen für die Qualitätsholzerzeugung unverzichtbar. Der Durchmesser des inneren, astigen Kerns und damit sein Anteil am Baumquerschnitt sollen möglichst klein sein. Die Krone kann sich nicht frei entfalten und deswegen wird das Dickenwachstum gebremst. Die Äste im unteren Kronenraum dunkeln aus und sterben ab.

2. Phase

Die Äste sind im Idealfall bis zur erwünschten Höhe am Stamm (je nach Standort 5 – 10 m) abgestorben und teilweise abgefallen. Jetzt gilt es, das Dickenwachstum des Stammes zum Aufbau der begehrten astreinen Schicht zu fördern. Dabei hilft uns die Tatsache, dass Kronendurchmesser und BHD des Baumes in einer engen funktionalen Beziehung zueinander stehen. Mit der Eingriffsstärke und den Durchforstungsintervallen formen Waldbewirtschafter*innen mittels Konkurrenzsteuerung die Kronengröße des Baumes und damit indirekt sein Dickenwachstum. In dieser Phase sollte sich die Kronenbasis nicht mehr stammaufwärts verlagern und die Kronenexpansion bis zur Ernte durch permanente Freistellung gewähr-

leistet sein. Bei 80 – 100 Z-Bäumen pro Hektar wird durch konsequente Kronenfreistellung das weitere Aststerben gestoppt und das Dickenwachstum beschleunigt.

Auf einer Versuchsfläche des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) zeigte das Kollektiv der Bergahorn-Z-Bäume nach sieben Vegetationsperioden einen mittleren jährlichen BHD-Zuwachs von knapp über 1 cm. Die erste Messung erfolgte im Alter 18 nach der Erstdurchforstung, die zweite Messung nach sieben Vegetationsperioden und zwei weiteren Eingriffen, wobei ausschließlich die Z-Bäume begünstigt wurden. Wenn man davon ausgeht, dass der Durchmesserzuwachs in dieser Größenordnung anhält, kann auf der konkreten Fläche mit einer Umtriebszeit von 70 Jahren gerechnet werden.



Versuchsfläche des BFW. In der Jugend vorwüchsiger Bergahorn-Kleintrupp (fünf Stück sternförmig auf 1,5 m Abstand gepflanzt) in einem Fichtengrundbestand nach neun Vegetationsperioden. Für die Wertholzerziehung sind Formschnitte und Astungen unumgänglich.

In Buchengesellschaften kann der Bergahorn als wertholzfähige Mischbaumart wesentlich zur Leistungssteigerung beitragen. Das wirtschaftliche Produktionsziel ist grundsätzlich Wertholz (Tischlerware, Furnierholz). Gruppen- bis horstweise Beimischung erleichtert die Pflege und Mischwuchsregulierung.

Beide Ahornarten können entweder als Mischbaumarten in einem Buchen- oder Eichengrundbestand - hier aufgrund der unterschiedlichen Umtriebszeit als **Zeitmischung** – oder als **Dauermischung** in einem Fichten- oder Edellaubbaum-Mischbestand zum Einsatz kommen. Der Anwuchserfolg ist selbst bei größeren Pflanzsortimenten sehr gut, entsprechender Frischezustand der Pflanzen und einwandfreie Pflanztechnik vorausgesetzt. Aufgrund ihrer Raschwüchsigkeit in der Jugend eignen sie sich zur Komplettierung lückiger Buchen-Naturverjüngungen, wobei neben dem Aspekt der Nachbesserung vor allem die ökonomische Verbesserung eine Rolle spielt. Bodenpflegliche Aspekte der leicht abbaubaren Streu und Stabilisierungseffekte im Nadelholz steigern zusätzlich ihre Bedeutung.

Grundsätzlich sind auch Reinbestände aus Spitz- oder Bergahorn möglich. Da sie sich gegenüber der Begleitvegetation äußerst konkurrenzstark zeigen, eignen sie sich gut für Erstaufforstungen und für größere Kahlflächen. Aufforstungen erfolgen entweder in Form von Reihenverbänden über die ganze Fläche oder auch als Teilflächenkultur (Trupp-Pflanzung). Bei der Trupp-Pflanzung wird die übliche Vorstellung, in Reihen zu pflanzen, verlassen, stattdessen werden mehr oder weniger dichte Pflanzengruppen nur mehr auf Teilen der Kulturfläche ausgebracht. Die Kulturbegründung findet somit nicht mehr auf der gesamten Fläche statt, sondern nur mehr im Bereich der künftigen Endbestandsbäume. Dadurch wird nicht nur eine günstige Verteilung der Z-Bäume, sondern auch eine optimale Ausnutzung der potenziellen Standfläche ermöglicht. Die Freiflächen, die sich zwischen den Trupps ergeben, können entweder für Naturverjüngung (Füllhölzer) oder für die Pflanzung dienender Baumarten (z.B. Hainbuche) genutzt werden. Teilflächenkulturen erlauben engere Verbände bei gleicher Gesamtpflanzenzahl wie bei einer flächigen Kultur: Die Miteinbeziehung von Naturverjüngung ermöglicht grundsätzlich geringere Pflanzenzahlen bei der Kultivierung. Mit diesen Methoden können sowohl Reinbestände als auch Mischbestände begründet werden. Reihen-

verbände mit 2000 - 3000 Pflanzen pro Hektar sind für eine überwiegend natürliche Astreinigung ausreichend, geringfügige Astungsmaßnahmen bei den Z-Bäumen sind wirtschaftlich vertretbar.

Eine Sonderform stellen weitständige, plantagenmäßige Reihenverbände dar. Hierfür wird besonders hochwertiges Pflanzmaterial mit Reihenabständen von 10-12 m und mit 1,5-3 m Abstand in der Reihe gepflanzt. Ein Neben-

Z-Bäume = Zukunftsbäume. Der waldbauliche Fokus liegt auf wenigen, ausgewählten Bäumen in einem Bestand. Sie werden bei Auslesedurchforstungen bewusst gefördert (zum Beispiel Konkurrenz entfernt) und damit optimal mit den natürlichen Ressourcen wie Licht, Wasser und Nährstoffen versorgt. So kann das Wachstumspotential dieser Elitebäume bestmöglich gefördert und wertvolles Sägeholz produziert werden.



Bei der Wertholzsubmission werden die wertvollsten Stämme versteigert und erzielen so Höchstpreise.

bestand scheint hier sehr angegraten, der sich entweder aus Naturverjüngung (vegetativ und/oder generativ) ergibt oder über Pflanzung eingebracht wird.

Das Holz der Ahornarten ist gekennzeichnet durch sehr gute technologische Eigenschaften, die für Produkte mit hoher Wertschöpfung geeignet sind. Bei der Wertholzsubmission 2020 in Oberösterreich war ein sogenannter Riegelahorn der teuerste bebotene Stamm mit über 5000 Euro pro Festmeter. Riegelahorn-Stämme sind eine Varietät des Bergahorns und zeichnen sich durch im Stamm gewellt verlaufende Fasern aus. Fällt das Licht auf die Schnittflächen, entsteht ein spezieller optischer Eindruck, der das Holz vor allem für die Furniererzeugung interessant macht.

4.6 Das Holz von Berg- und Spitzahorn

Michael Grabner

Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe,
Universität für Bodenkultur Wien

„Ein Holzgewächs von unschätzbarem Werte“, schreibt Bechstein (1821). Ahornholz ist sehr beliebt und wurde und wird umfangreich verwendet.

Unterscheidet sich das Holz der zwei Ahornarten?

Heutzutage wird im Holzhandel zumeist nicht zwischen diesen zwei Arten (und zum Teil auch nicht zwischen anderen Arten) unterschieden. Auch in der modernen Literatur über Holzeigenschaften und Holzverwendung findet sich die Trennung zwischen Berg- und Spitzahornholz zumeist nicht (Sell 1989, Wagenführ 1996, Grabner 2017). Auch in manch älteren bzw. historischen Büchern wird nicht auf mögliche Unterschiede eingegangen (Landolt 1866, Birnbaum und Werner 1877, Machts 1877, Gayer 1878, Burckhardt 1893, Krauth und Sales Meyer 1895). Jedoch können auch sieben historische Werke gefunden werden, die auf Unterschiede zwischen den Holzarten eingehen (Bechstein 1821, Welcker von Gontershausen 1854, Klippel 1855, Nördlinger 1860, Thon 1862, Pierer 1875, Jäger 1877).

Holzanatomisch gibt es keine eindeutigen Unterscheidungsmerkmale. Jedoch beschreibt Grosser (1977) mögliche Unterschiede: Der Bergahorn besitzt das hellste Holz – fast weiß; die Darrdichte bei $0,59 \text{ g/cm}^3$; die Holzstrahlen sind oft über 1 mm hoch und 5- bis 8-reihig. Der Spitzahorn hingegen ist etwas dunkler; gelblichweiß bis rötlichweiß und häufiger mit einem Braunkern; Die Darrdichte liegt bei $0,62 \text{ g/cm}^3$; die Holzstrahlen sind nicht über 0,6 mm hoch und 4- bis 5-reihig.

Die Holzeigenschaften

Bei den Ahornarten handelt es sich um Splintholzbäume, d.h. es wird kein Kernholz ausgebildet. Das Holz ist gelblichweiß, leicht vergilbend und seidig glänzend. Der Bergahorn (dessen Synonym „Weißer Ahorn“ ist) ist

üblicherweise als heller, fast rein weiß beschrieben. Die Holzstrahlen sind beim Bergahorn leicht rötlich gefärbt und in der Stammmitte kann es zu grünen Flecken kommen (Nördlinger 1860). Ahorn weist häufig einen dekorativen Riegelwuchs auf (d.h. durch Faserabweichungen unterschiedliche Lichtreflexe und dadurch eine wellige Struktur). Generell wird das Holz als dekorativ beschrieben. Die Jahrringe sind relativ schwer zu erkennen; dadurch ergibt sich eine schlichte Textur (wenn es nicht geriegelt ist). Nördlinger (1860) beschreibt die Jahrringe beim Bergahorn als „schön gerundet“ und beim Spitzahorn als „feinwellig“. Die Holzstrahlen glänzen; dadurch sind sie relativ gut im Radialschnitt zu erkennen. Die Gefäße des zerstreutporigen Holzes sind jedoch nur mit der Lupe zu erkennen.



An dieser Tischplatte aus Bergahorn im österreichischen Freilichtmuseum Stübing lässt sich sehr gut erkennen, wie die Oberfläche durch die Benutzung spiegelblank wird.



Das Holz des Bergahorns im Querschnitt. Es sind die kleinen, aber doch deutlichen radial verlaufenden Holzstrahlen zu erkennen.



Das Holz des Bergahorns im Radialschnitt. Die Textur ist schlicht; nur die Holzstrahlen sind als feine radial verlaufende Streifen zu erkennen.



Das Holz des Bergahorns im Tangentialschnitt. Auch hier ist die Textur schlicht – die Maserung durch die Jahrringgrenzen ist dezent und die kleinen Holzstrahlen sind zu erkennen.

Die Dichte des Holzes unterliegt immer einer großen Variabilität. Die modernen Werte der Darrdichte (absolut trocken) liegen ohne Unterscheidung der Arten bei 0,56 bis 0,62 g/cm³. Die Festigkeiten und die Steifigkeit liegen im Vergleich zu anderen Holzarten im Mittelfeld (Zugfestigkeit rund 140 MPa, E-Modul 12 GPa). Thon (1862) beschreibt es dennoch als „[...] fast so zähes Holz wie Esche.“

Das Ahornholz ist gut zu bearbeiten. Wobei hier sehr oft deutlich zwischen den zwei Arten unterschieden wird. Der Bergahorn wird hierbei wesentlich positiver beschrieben: Gleichmäßige Härte, lang- und feinfaserig, schnitzbar, drechselbar. Thon (1862) fasst für den Bergahorn zusammen: „Das Holz lässt sich unter dem Hobel spiegelglatt bearbeiten, nimmt eine feine Politur an, lässt sich gut beizen, ist dem Werfen und Aufreißen wenig unterworfen.“ Das Holz ist gut und schön spaltbar. Die Dauerhaftigkeit wird in historischen Werken als gut im Trockenen beschrieben – und dies vor allem gegenüber Insekten. In der modernen Literatur wird sie als gering beschrieben (Wagenführ 1996).

Der Spitzahorn ist lang- und grobfaserig, daher schwerer zu bearbeiten, aber dichter, fester und zäher (Klippel 1855).

Die Trocknung des Ahornholzes ist gut durchführbar, jedoch wie bei vielen hellen Holzarten muss auf mögliche Verfärbungen geachtet werden. Beim Dämpfen besteht die Gefahr von Fleckenbildung.

Die Brennbarkeit (Heizwert) wird als sehr gut (mit der Buche vergleichbar) beschrieben. Wobei auch die historischen Werke bereits darauf hinweisen, dass es zu schade ist, dieses Holz zu verheizen.

Die Holzverwendung

„Glattes Holz wird zu den gewöhnlichen, massiven Tischen verarbeitet, welchen keinen Anstrich oder Politur bekommen, wie man sie überall in den Gebirgsdörfern der Alpen sieht.“ schreibt Jäger (1877) über den Bergahorn.

Ahornholz hat zwei außergewöhnliche Einsatzgebiete: Musikinstrumente und Küchengeräte. Für Musikinstrumente wird es aufgrund der guten Be-

arbeitbarkeit und der schönen Optik genutzt (Brandstätter 2016). Bei Streich- und Zupfinstrumenten sind es: Boden, Zarge, Hals, Steg, Wirbelkasten, bei Schlaginstrumenten der Trommelkorpus; bei Holzblasinstrumente die Blockflöte und bei dem Klavier als Sichtfurnier.

„Ganze Dörfer in Deutschland nähren sich vom Verfertigen dergleichen Kannen, Schüsseln, Löffeln und Teller“, schrieb Bechstein (1821). Weitere Küchengeräte wurden beschrieben: Kochlöffel, Backtröge, Mulden, Schneid- und Hackbretter.

Bechstein (1821): „Es wird vorzüglich von Wagnern, Schreiner, Drechslern und Kannemachern und anderen feinen Holzarbeitern gesucht.“ Anwendungen waren beispielsweise auch: Radnaben, Schlittenkufen, Kutsch- und Wagenbäume, Rollen, Walzen, Dreschflegel, Schuhnägel, Gewehrschäfte, Spielwaren, Schnitzwerke, Billard- und Gehstöcke, Spindeln, Parkett und Treppen, aber auch Tische, Stühle und Schränke. Vor allem auch für Einlegearbeiten, wofür das Ahornholz auch zum Teil gefärbt wurde. Besonders das geriegelte Holz wurde gerne für Musikinstrumente und Möbel verwendet.

Heutzutage wird es vor allem für die Erzeugung von Möbeln, Musikinstrumenten und Parkett bzw. Treppen eingesetzt. Vor allem der Riegelahorn ist viel gesucht. Da Möbel und Parkett sehr stark den Modewellen unterliegen, hat die Bedeutung in letzter Zeit (gegenüber Eiche und Nuss) abgenommen.



Der Riegelahorn. Ein Bergahorn zeigt hier die bekannte Wuchsanomalie – die Fasern schwingen vor und zurück. Dadurch entstehen die bekannten Muster.

Fazit

Das Holz der zwei Ahornarten ist sehr wertvoll. Es wurde und wird hochwertig eingesetzt – z.B. im Musikinstrumentenbau. Die zwei Arten unterscheiden sich ein wenig: der Bergahorn ist heller (weiß) und feiner bearbeitbar; der Spitzahorn dagegen gelblichweiß, dichter und fester.

4.7 Krankheiten und Schädlinge

Thomas L. Cech, Gernot Hoch, Institut für Waldschutz, BFW

Die einheimischen Ahornarten gelten generell als ausgesprochen robust gegenüber lebensbedrohenden Schädlingen und Krankheiten, überregionale biotisch bedingte Kalamitäten sind bisher ausgeblieben. Davon abgesehen sind allerdings vor allem bei Berg- und Spitzahorn mehrere Krankheitserreger bekannt, die lokal Absterben verursachen können. Veränderte Umweltbedingungen (Klima!) können sowohl bei Pilzkrankheiten wie bei tierischen Schadfaktoren zum Auslöser von Epidemien werden, wobei die komplexen Wechselwirkungen zwischen abiotischen Faktoren, biotischen Faktoren und den betroffenen Baumarten für eine sichere Risikoanalyse meist nicht ausreichend geklärt sind. Noch weniger kalkulierbar ist das Risiko, das von nicht heimischen Schädlingen und Krankheiten ausgeht, die als eingeschleppte oder eingewanderte (invasive) Arten unsere Baumarten „entdecken“.

Die folgende steckbriefartige Zusammenstellung von Schädlingen und Krankheiten der beiden Ahornarten beschränkt sich auf bedrohliche Krankheitserreger, die schon in Zentraleuropa vorkommen oder die in nächster Zeit zu erwarten sind. Naturgemäß handelt es sich dabei nur um einen kleinen Ausschnitt des Spektrums möglicher Arten, und die beschriebenen Symptome ermöglichen aus diesem Grund keine sichere Differentialdiagnose.

***Cryptostroma*-Rußrindenkrankheit des Ahorn**

- Pilz - *Cryptostroma corticale*
- **Herkunft:** Nordamerika
- **Erstes Auftreten in Österreich:** 2004, zunehmendes Problem seit 2018 in einigen Städten der Osthälfte Österreichs sowie in sommerwarmen Regionen im Osten und Südosten Niederösterreichs
- **Betroffene Baumarten in Österreich:** Bergahorn, Spitzahorn
- **Folgen/Auswirkungen für den Baum:** Zurücksterben, Absterben, die Krankheit kann bestandesbedrohend sein.
- **Symptome/Diagnose:** Blattverluste und Zurücksterben zuerst einzelner Äste, danach der ganzen Krone; an Ästen und am Stamm flächiges Absterben der Rinde und Rindenablösung, darunter schwarze Flächen aus

Sporenmassen (beim Darüberstreichen bleibt ein schwarzer Staub am Finger), Befall eher älterer Bäume

- **Faktoren/Standorte, die das Auftreten begünstigen:** Klima - mehrere heiße Sommermonate, Trockenheit. Stadtklima begünstigt den Krankheitsausbruch. Die Pilzart ist latent vermutlich weit verbreitet, bleibt aber lange unauffällig im lebenden Holz verborgen. Unter den beschriebenen Temperaturbedingungen kommt es zur Ausbreitung im Holz und zum Befall der Rinde.

- **Ausbreitung:**
Natürlich: Verbreitung der Sporen durch Wind, Regen, Vögel und möglicherweise durch Eichhörnchen

Anthropogen: möglicherweise durch infiziertes Ahornholz

- **Vorbeugende Maßnahmen:** In von Sommerhitze und -trockenheit betroffenen Gebieten sollten Berg- und Spitzahorn bei Aufforstungen nur beigemischt werden, Bestandesbegründungen sollten mit diesen Baumarten aus Fortschutzgründen nicht erfolgen.
- **Kurative Maßnahmen:** Befallene Bäume, vor allem solche, wo schon großflächig sporulierende Läsionen am Stamm auftreten, sollten umgehend und konsequent entfernt und entsorgt werden, nicht zuletzt aus medizinischen Gründen (die Sporen können beim Aufenthalt im Wald zu schweren Lungenschäden führen).



Verticillium-Welke

- Pilz - *Verticillium dahliae* und *V. albo-atrum*
- **Herkunft:** unklar aufgrund zahlreicher Varianten und Hybriden, vermutlich teilweise Europa
- **Erstes Auftreten in Österreich:** vor 1900, bekanntes Problem seit 1900, österreichweit



- **Betroffene Baumarten in Österreich:** viele Laubgehölze, besonders häufig Bergahorn und Spitzahorn
- **Folgen/Auswirkungen für den Baum:** Absterben von Kronenteilen oder des gesamten Baumes
- **Symptome/Diagnose:** Blattwelke, abgestorbene Äste; im Querschnitt grünbraune ringförmige Verfärbungen; betroffen sind vorwiegend Jungpflanzen und jüngere Bäume
- **Faktoren/Standorte, die das Auftreten begünstigen:** stark gedüngte Böden, Temperaturen zwischen 15 und 28 °C
- **Ausbreitung:**
 Natürlich: Wurzelinfektion durch Dauerstadien (Sklerotien), Sporen
 Anthropogen: verseuchtes Pflanzgut, Bodenmaterial
- **Vorbeugende Maßnahmen:** Hier steht die Vermeidung der Verseuchung von Pflanzgut im Vordergrund, denn der Krankheitserreger kann bis zu 14 Jahren im Boden überdauern.
- **Kurative Maßnahmen:** Entsorgung symptomatischer Pflanzen, Bodenentseuchung mit mechanischen oder chemischen Mitteln, Bodentausch, Anpflanzung Verticillium-resistenter Baumarten am Standort

Phytophthora-Wurzelfäule und Stammfäule

- Pilzähnlicher Organismus - *Phytophthora* spp., mehrere Arten
- **Herkunft:** meiste Arten außereuropäischer Herkunft
- **Erstes Auftreten in Österreich:** unbekannt; problematisch seit 2016, lokal in Niederösterreich
- **Betroffene Baumarten in Österreich:** Bergahorn, Spitzahorn
- **Folgen/Auswirkungen für den Baum:** Zurücksterben, Absterben
- **Symptome/Diagnose:** Kronenverlichtung, Kleinblättrigkeit, Kronenvergilbung, Läsionen am Stamm mit schwarzem Saftfluss, eher bei alten Bäumen
- **Faktoren/Standorte, die das Auftreten begünstigen:** Staunässe, Muldenlagen, Bodenverdichtung
- **Ausbreitung:**
Natürlich: Bodenwasser oder frei fließendes Wasser (Überschwemmungen durch verseuchte Flüsse), Windverbreitung der Sporangien nur bei sehr wenigen Arten
Anthropogen: im Wurzelbereich verseuchtes Pflanzgut, im Wald deponierte Gartenabfälle, Erdmaterial aus dem urbanen Bereich, das in den Wald gelangt (Forststraßenbau), verseuchte Erde an Ketten und Räderwerk von Forstmaschinen
- **Vorbeugende Maßnahmen:** Phytophthora-freies Pflanzgut
- **Kurative Maßnahmen:** Behandlung individueller Bäume mit speziellen Düngern, die die Abwehrreaktionen der Bäume gegen Infektionsherde ankurbeln (Phosphit), Balancierung des Wasserhaushaltes (wo dies möglich ist)



Saftstreifenkrankheit des Zuckerahorns

- Pilz - *Davidsoniella virescens*
- **Herkunft:** Nordamerika
- **Erstes Auftreten in Österreich:** noch kein Nachweis in Österreich bzw. Europa
- **Betroffene Baumarten in Österreich:** Bergahorn, Spitzahorn
- **Folgen/Auswirkungen für den Baum:** Absterben
- **Symptome/Diagnose:** Blattverfärbung, Blattwelke, Holzverfärbung, Zurücksterben und innerhalb einiger Jahre Absterben des Baumes
- **Faktoren/Standorte, die das Auftreten begünstigen:** Wurzelstress (Wurzelaumbeengung), Staunässe, mechanische Schädigungen des Wurzelsystems
- **Ausbreitung:**
Natürlich: Insekten (Saft-saugende Arten) als Vektoren, Wurzelkontakte zwischen erkrankten und gesunden Bäumen
Anthropogen: Wunden im Ast- und Stammbereich, durch forstwirtschaftliche und andere Geräte; Einschleppungsgefahr über infiziertes Holz bzw. Holzprodukte
- **Vorbeugende Maßnahmen:** Vermeidung der Einschleppung mit Holz von Zuckerahorn mit charakteristischer streifenförmiger Verfärbung, Vermeidung von Verletzungen jeglicher Art
- **Kurative Maßnahmen:** phytosanitäre Maßnahmen bei Befall (konsequentes Entfernen und Entsorgen befallener Bäume)

Frostspanner

- **Insekten** (Schmetterlinge, Geometridae) - verschiedene, nicht näher verwandte Schmetterlingsarten, wie z.B. Kleiner Frostspanner (*Operophtera brumata*), Großer Frostspanner (*Erannis defoliaria*)
- **Herkunft:** Europa
- **Betroffene Baumarten in Österreich:** viele Laubgehölze, darunter auch häufig an Bergahorn und Spitzahorn
- **Folgen/Auswirkungen für den Baum:** Blattfraß durch die Raupen im Frühjahr; bei starkem Auftreten kommt es zu Kahlfraß; einmaliger Kahlfraß wird gut toleriert, der Baum treibt im Sommer wieder aus; bei aufeinanderfolgendem Kahlfraß und Folgeschädigung durch andere Faktoren kann es zum Absterben kommen
- **Symptome/Diagnose:** zunächst Lochfraß an jungen Blättern, später Fraß vom Blattrand bis zu den Blattnerven; charakteristische Spannerraupen;



Verpuppung im Boden; die Falter schlüpfen im Herbst bei kalten Temperaturen (Name!), flügellose Weibchen kriechen den Stamm empor

- **Faktoren, die das Auftreten begünstigen:** Die Populationen machen starke Dichteschwankungen durch, auf zwei bis drei Jahre mit starkem Fraß folgen mehrere der Latenz; Zusammenbruch der Massenvermehrung durch natürliche Gegenspieler, Nahrungskonkurrenz, Nahrungsqualität
- **Ausbreitung:** Weibchen bewegen sich nur kriechend – lokale Ausbreitung daher durch vom Wind vertragene junge Raupen
- **Vorbeugende Maßnahmen:** Schutz und Förderung natürlicher Gegenspieler; Leimringe zum Fang aufbaumender Weibchen zum Monitoring bzw. zum Schutz einzeln stehender Bäume
- **Kurative Maßnahmen:** Ausbringung von gegen freifressende Schmetterlingsraupen zugelassenen Pflanzenschutzmitteln (chemische oder biologische Präparate); im Wald in Österreich seit Jahrzehnten nicht mehr durchgeführt

Asiatischer Laubholzbockkäfer

- **Insekt** (Käfer, Cerambycidae) – Asiatischer Laubholzbockkäfer (*Anoplophora glabripennis*)
- **Herkunft:** Ostasien – prioritärer Quarantäneschädling in der EU (abgegrenzte Befallsgebiete in einigen EU-Mitgliedsstaaten)
- **Betroffene Baumarten in Österreich:** verschiedene Laubgehölze, Ahornarten gehören zu den bevorzugten Wirtsbaumarten



- **Folgen/Auswirkungen für den Baum:** Larve frisst unter der Rinde und im Holz, auch Bäume ohne Vorschädigung werden befallen; Stabilitätsverlust der Bäume, mehrjähriger Befall bringt Bäume zum Absterben
- **Symptome/Diagnose:** großflächige Larvengänge unter der Rinde, große ovale Larvengänge ins Holz, grobe Nagespäne, die z.T. ausgeworfen werden; kreisrunde Ausbohrlöcher (1-1,5 cm Durchmesser), Spechtaktivität; Käfer bis 3,5 cm groß, glänzend schwarz mit weißen Punkten und sehr langen Fühlern;
bei Verdacht Meldung an Pflanzenschutzdienst, Bestimmung von Larve oder Käfer durch nationales Referenzlabor (Quarantäneschädling)
- **Faktoren, die das Auftreten begünstigen:** Einschleppung mit Holz und Holzprodukten, insbesondere Verpackungsholz
- **Ausbreitung:** lokal durch fliegende Käfer; weitere Strecken durch Transport von befallenem Holz
- **Vorbeugende Maßnahmen:** Verhinderung der Neueinschleppung durch phytosanitäre Maßnahmen (z.B. für Verpackungsholz); Monitoring; strikte Quarantänemaßnahmen zur Verhinderung der Verschleppung aus Befallsgebieten
- **Kurative Maßnahmen:** Sofortige Fällung und bekämpfungstechnische Behandlung befallener Bäume; Einleitung von Bekämpfungsmaßnahmen unter Koordination des amtlichen Pflanzenschutzdienstes

Ungleicher Holzbohrer

- **Insekt** (Käfer, Scolytinae) – Ungleicher Holzbohrer (*Xyleborus dispar*)
- **Herkunft:** Europa
- **Betroffene Baumarten in Österreich:** verschiedene Laubgehölze, an Ahornarten manchmal bedeutend
- **Folgen/Auswirkungen für den Baum:** Brutanlage im Holzkörper frisch gefällter oder geschwächter Bäume; technische Entwertung des Holzes; starker Befall kann junge Bäume zum Absterben bringen, ansonsten Absterben von Ästen; kann besonders in forstlichen Kulturen und im Obstbau schädlich werden
- **Symptome/Diagnose:** kreisrunde, dunkel verfärbte, bohrmehlfreie Brutgänge im Holz, Auswurf von hellem, feinem Bohrmehl; dunkelbraune Käfer, weichhäutige Larven in den Gängen; andere Arten verursachen ähnliche Befallsbilder (darunter etwa der invasive *Xylosandrus crassiusculus*)
- **Faktoren, die das Auftreten begünstigen:** Vorschädigung der Bäume durch Trockenheit, Frost, Setzschock, etc.; bei hohen Populationsdichten können auch gesunde Bäume befallen werden
- **Ausbreitung:** Lokal durch fliegende Käfer; weitere Strecken durch Transport von befallenem Holz
- **Vorbeugende Maßnahmen:** Vermeidung der Vorschädigung durch abiotische Stressfaktoren
- **Kurative Maßnahmen:** bei beobachteter Schädigung befallenes Material entnehmen (Hygienemaßnahmen), mit Alkohol beköderte Fallen zum Monitoring



5. Vorkommen in Naturwaldreservaten und Generhaltungswäldern



5.1 Berg- und Spitzahorn in den österreichischen Naturwaldreservaten

Herfried Steiner

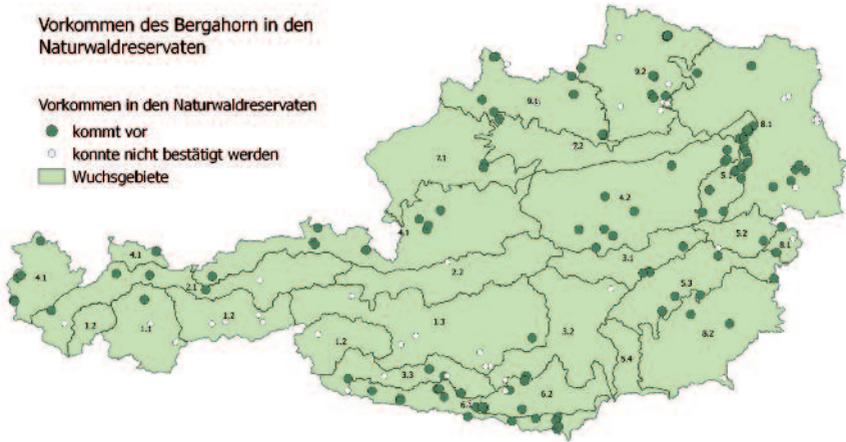
Institut für Waldbiodiversität und Naturschutz, BFW

Das Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) etabliert und betreut im Auftrag des Bundes das österreichische Naturwaldreservatenetz. Ziel des seit 1995 bestehenden Naturwaldreservateprogramms ist es, auf Basis privatrechtlicher Vereinbarungen mit den Waldeigentümern ausgewählte Waldflächen einer natürlichen Entwicklung zuzuführen. Dazu verzichten die Eigentümer*innen gegen ein Entgelt auf jegliche forstliche Nutzung. Nur die Jagd soll weiterbetrieben werden, mit dem Ziel, eine natürliche Verjüngungsdynamik der vorkommenden Waldbestände zu ermöglichen.

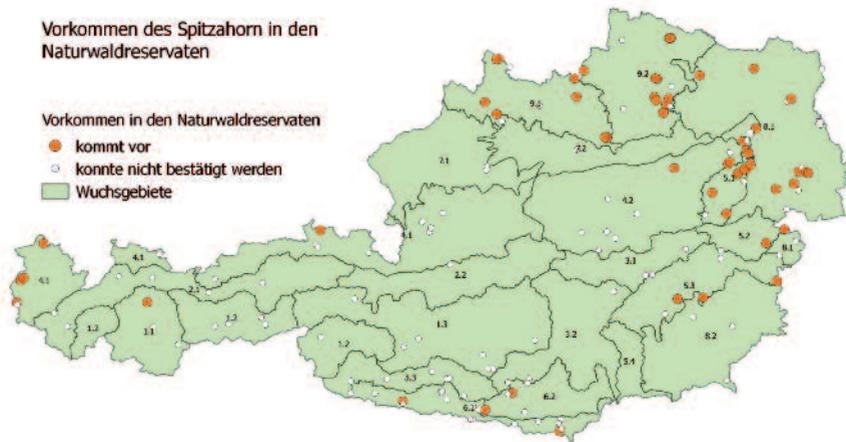
Um der vielfältigen Waldlandschaft Österreichs gerecht zu werden, wird bei der Auswahl der Flächen versucht, möglichst viele der in den Wuchsgebieten vertretenen Waldgesellschaften in das Naturwaldreservatenetz aufzunehmen. Aktuell



Naturwaldreservat
Kohlriedgraben-Lochnerhorn (Tirol)



Vorkommen des Bergahorns in den Naturwaldreservaten (Besonders eng benachbarte NWR werden nur als ein Symbol dargestellt). © BFW



Vorkommen des Spitzahorns in den Naturwaldreservaten. © BFW

umfasst das Naturwaldreservate-Netz 191 Reservate mit einer Gesamtfläche von 8.585 ha. Zur Dokumentation und Beobachtung der Artenzusammensetzung und Bestandesstruktur wurden seit dem Bestehen ca. 2.380 Vegetationsaufnahmen und 2.440 Stichprobenflächen erhoben sowie zahlreiche Begehungen durchgeführt.

Berg- und Spitzahorn spielen in Österreichs Wäldern hinsichtlich der Artendiversität eine tragende Rolle, nicht zuletzt, da in ihrem Gefolge zahlreiche weitere Organismen einen Lebensraum finden (Epiphyten, Insekten, Pilze, Schnecken, etc.). Im besonderen Maße gilt dies für Naturwaldreservate (NWR), da beide Arten aufgrund ihrer hohen Schattenverträglichkeit und Ökologie in der Lage sind, mit der Rotbuche zu koexistieren, und für ihren Fortbestand keiner waldbaulichen Intervention bedürfen.

Die Verbreitung der beiden Arten im NWR-Netz spiegelt deren ökologische Bedürfnisse in groben Zügen wider, wobei erwartungsgemäß die Verbreitungskarten der beiden Ahorn-Arten ein recht unterschiedliches Bild zeichnen.

Bergahorn

Der Bergahorn ist die häufigste Ahorn-Art im NWR-Netz und wurde bereits in 70 % der NWR bestätigt. Obwohl er in allen Hauptwuchsgebieten präsent ist, lassen sich doch Bereiche mit deutlich geringerer Häufigkeit erkennen. Dies sind die Innenalpen und ein Teil der Zwischenalpen sowie der äußerste Osten des Bundesgebietes im Weinviertel und entlang der March. Auch die enorme Höhenamplitude dieser Art wird im NWR-Netz evident. So kommt der Bergahorn von 160 m Seehöhe am Fuß des Leithagebirges mit baumförmigen Individuen bis auf 1700 m im Montafon vor. Dominant tritt der Bergahorn vor allem in den meist kleinflächig ausgebildeten Edellaubwäldern (Tilio-Acerion) mit Schwerpunkt in der montanen Stufe auf. Auf großer Fläche verbreitet ist die Art hingegen in den Buchen- und Fichten-Tannen-Buchenwäldern der NWR der Randalpen. Ein regelmäßiger Begleiter ist der Bergahorn ferner in basenreichen Fichten- und Fichten-Tannenwäldern (Abieti-Piceion) sowie edellaubbaumreichen Feuchtwäldern (Alnion incanae). Mit geringer Häufigkeit findet sich die Baumart allerdings auch in Eichen-Hainbuchenwäldern, Hopfenbuchen-Mannaeschenwäldern und in Vorwäldern der subalpinen Stufe.

Der Bergahorn beeindruckt mitunter durch seine Wuchsleistung. Der stärkste gemessene Bergahorn befindet sich im NWR Luxensteinwand (Niederösterreich) und erreicht einen Brusthöhendurchmesser von 181 cm bei einer Gesamthöhe von 32 m.

Spitzahorn

Dem Spitzahorn begegnet man im NWR-Netz mit etwa 30 % der Flächen deutlich seltener. Aufgrund seiner Wärmeansprüche konnte er nur bis in 970 m Seehöhe gefunden werden. Sein besonderer Bedarf nach einer kontinuierlichen Wasserversorgung manifestiert sich in seinem Vorkommensschwerpunkt über feinerdereichen Böden, wie beispielsweise Silikatstandorten. Die im NWR-Netz bestätigten Vorkommen befinden sich daher vor allem in der Böhmisches Masse, im Leithagebirge und den Randalpen. Obwohl im nördlichen Alpenvorland verbreitet, wird dies durch die geringe Ausstattung dieser Region mit Naturwaldreservaten im NWR-Netz nicht widerspiegelt.

Hinsichtlich seines Gesellschafts-Anschlusses zeigt der Spitzahorn eine deutlich geringere Amplitude. Ebenso wie der Bergahorn erreicht er seine höchste Stetigkeit in Edellaubwäldern (Tilio-Acerion), hier jedoch mit Schwerpunkt in der submontanen Stufe. Darüber hinaus wurde der Spitzahorn verbreitet in Buchen- und Buchenmischwäldern sowie in Eichen-Hainbuchenwäldern und vereinzelt in thermophilen Eichenwäldern angetroffen.

Das im Zuge der Probeflächenerhebung stärkste gemessene Individuum befindet sich auch bei dieser Art im NWR Luxensteinwand und besitzt einen Brusthöhendurchmesser von 90 cm und eine Höhe von 34 m.

Die Bergahorn-Borke eignet sich aufgrund ihrer Struktur und ihres Basenreichtums hervorragend für die Besiedelung durch Epiphyten, wie Moose und Flechten. Aber auch der Tüpfelfarn ist nicht selten auf alten Bergahornen zu beobachten. Diese „assozierten“ Arten sind ein wichtiges Merkmal für Artenvielfalt im Wald und leisten einen wichtigen Beitrag zur Biodiversität in den Bergwäldern.



5.2 Berg- und Spitzahorn in den österreichischen Generhaltungswäldern

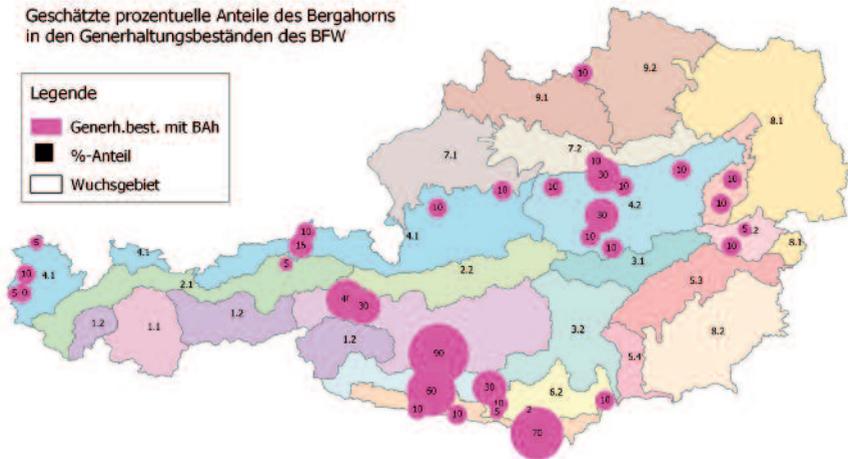
Generhaltungswälder sind das Instrument zur Erhaltung der waldgenetischen Ressourcen in ihrem ursprünglichen Ökosystem. Diese *in situ*-Generhaltung konzentriert sich auf die Bewahrung von entsprechend großen Populationen einer Baumart oder Baumherkunft über Generationen hinweg, um deren Anpassungspotential langfristig zu erhalten. Solche Wälder bilden eine „genetische Versicherung“, damit die Forstwirtschaft in Zukunft auch unter veränderten Umweltbedingungen auf genetisch vielfältige und somit stabile Baumpopulationen zurückgreifen kann. Das Institut für Waldbiodiversität und Naturschutz (Abteilung für Ökologische Genetik) des BFW betreut das österreichische Generhaltungsprogramm. Das österreichweite Netz an Generhaltungswäldern trägt damit einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der genetischen Vielfalt bei, die eine entscheidende Basis für stabile Wälder der Zukunft ist.

Einerseits bleiben bei dieser dynamischen Methode die natürlichen Selektionsprozesse, andererseits aber auch die gesamten ökosystemaren Eigenschaften des betroffenen Waldes erhalten. Im Vergleich zu *ex situ*-Erhaltungsmaßnahmen (Generhaltungsplantagen), ist die *in situ*-Generhaltung durch Generhaltungswälder die sicherste und auch ökonomisch einfachste Möglichkeit, eine Waldbaumpopulation lebensfähig zu erhalten. Voraussetzungen für die langfristige Erhaltung der ausgewählten genetischen Ressource sind die Naturverjüngung dieser Bestände sowie die Vermeidung von unerwünschtem Pollen- und Sameneintrag (z. B. aus benachbarten, nicht angepassten Populationen der gleichen Art).

Insgesamt sind derzeit in Österreich über 9.300 ha Wald der *in situ*-Generhaltung gewidmet. Es wurden 295 Generhaltungswälder in etwa 20 österreichischen Waldgesellschaften ausgewiesen, die zumeist mehrere Baumarten umfassen. Die österreichischen Generhaltungswälder sind in ein gesamteuropäisches Netz eingewoben (www.eufgis.org). Dieses Netzwerk ist seit 2011 aktiv und umfasst derzeit 2.360 Generhaltungswälder von 92 Baumarten in ganz Europa. Für alle diese Einheiten wurden einheitliche Kriterien für die Auswahl und regelmäßige Revision definiert.

Die Generhaltungswälder wurden ausschließlich im Wirtschaftswald eingerichtet. Durch gezielte waldbauliche Eingriffe sollen in diesen genetische Verluste vermieden und Naturverjüngung herbeigeführt werden. Lange Verjüngungszeiträume sollen dabei möglichst vielen Baumindividuen unterschiedlichen Alters sowie Zugehörigkeit zu unterschiedlichen Bestandeselementen (d.h. vertikaler und horizontaler Schichten) ermöglichen, ihre genetische Information an die nächste Baumgeneration weiterzugeben.

Die Auswahl der Generhaltungswälder erfolgt auf der Basis der natürlichen Waldgesellschaften sowie der Vitalität der örtlichen Population nach Meldung durch interessierte Waldbesitzer*innen und Begutachtung durch Mitarbeiter*innen des BFW. Waldgesellschaften, die infolge ihrer Seltenheit, ihres Relikt-Charakters, ihrer Lage am Arealrand oder auf Sonderstandorten besonders erhaltenswert sind, wurden nach Möglichkeit besonders berücksichtigt. Für die seltenen Baumarten Eibe, Speierling und Edelkastanie wurden eigene Generhaltungseinheiten geschaffen. Die Teilnahme am Generhaltungsprogramm ist für die Eigentümer*innen der Flächen freiwillig, entsprechende Förderinstrumente für Nutzungsentgang bzw. waldbauliche Behandlungen sollen künftig verfügbar werden.



Der Bergahorn kommt insgesamt in 112 Generhaltungswäldern in unterschiedlichem Mischungsverhältnis vor. Die Waldgesellschaften, in denen er in größerem Ausmaß vorkommt, sind Bergahorn- und Bergahorn-Eschen-Schluchtwälder, verbreitet ist er auch in den Fichten-Tannen-Buchenwäldern und Buchenwäldern anzutreffen. Hier wird er auch jeweils als Zielbaumart für die *in situ*-Generhaltung geführt. Vereinzelt kann Bergahorn auch in vielen anderen Waldgesellschaften vorkommen, etwa in Generhaltungswäldern im Eichen-Hainbuchenwald, Karbonat-Kiefernwald, sowie im tiefsubalpinen Fichtenwald und im Lärchen-Zirbenwald. Die Verbreitungsschwerpunkte des Bergahorns in den Generhaltungswäldern in Österreich ähneln damit jenen der Naturwaldreservate.

Der Spitzahorn ist, wie auch in den Naturwaldreservaten, in den Generhaltungswäldern seltener gefunden worden als der Bergahorn und tritt ausschließlich einzeln beigemischt auf. Insgesamt kommt er in elf Generhaltungseinheiten vor. Auffallend ist dabei die Bindung an den Lindenzwald (drei Vorkommen in dieser relativ seltenen Waldgesellschaft), daneben kommt er auch im Buchenzwald und Eichen-Hainbuchenwald vor, ein Vorkommen im Fichten-Tannen-Buchenwald wurde ebenfalls registriert. Derzeit sind aber noch keine Generhaltungswälder mit dem Spitzahorn als Zielbaumart ausgeschieden worden, was nun basierend auf den Ergebnissen des Projektes APPLAUS nachgeholt werden soll.



Ahornsirup aus Spitzahorn?

In früheren Zeiten wurde aus dem Ahornsirup gewonnen, der als Zuckerersatz diente. Warum nicht ausprobieren? Der ideale Erntebeginn zeigt sich beim Aufbrechen der Knospen. Nachttemperaturen unter 0 °C und warme Tage sind ideal für den Saftfluss.



6. Heimische Saatgutgewinnung

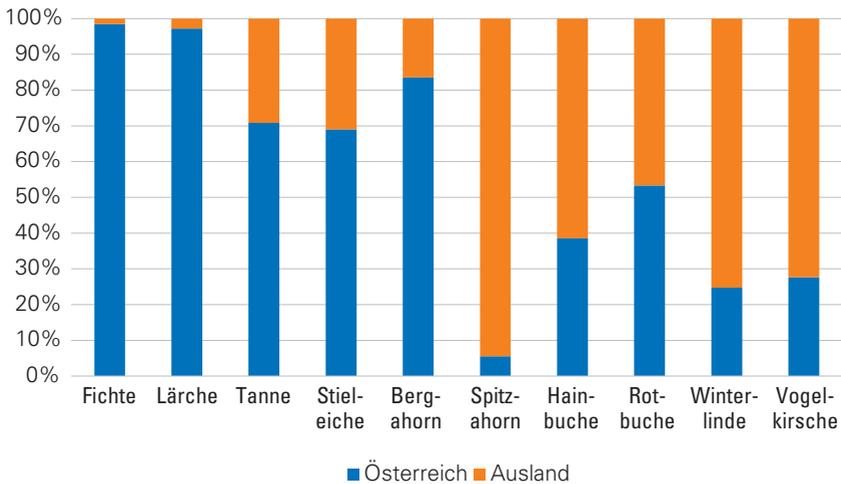
Der Erhalt der biologischen Vielfalt der Wälder ist ein Eckpfeiler, um deren Anpassung an den Klimawandel zu ermöglichen. Eine ausgewogene Baumartenmischung und eine hohe genetische Vielfalt innerhalb einer Baumart leisten ihren Beitrag dazu. Leider spielt in der Praxis Genetik und Herkunftswahl bei Bestandesbegründungen noch immer eine untergeordnete Rolle. Insbesondere bei den Mischbaumarten scheint das Bewusstsein für die große Bedeutung und das enorme Potential zur Anpassung an verschiedene Standorte und Umweltbedingungen häufig zu fehlen.

Dies hat in den letzten Jahren dazu geführt, dass besonders von den Mischbaumarten immer weniger heimisches Vermehrungsgut am Markt verfügbar ist – mit unbekanntem Folgen für die Stabilität und Leistungsfähigkeit der Wälder, da bei fremdländischem Material die lokale Anpassung an Klima und Boden nicht bekannt ist.



Ahornfrüchte

Bei zugekauftem Vermehrungsgut sind oft auch die Beerntungsmethoden fraglich, beispielsweise gibt es keine Sicherheit über die Qualität und Eigenschaften der Mutterbäume bzw. die Anzahl der beernteten Mutterbäume in der Saatgutmischung, sodass häufig auch eine geringe genetische Vielfalt dieses Materials zu befürchten ist. Darüber hinaus könnte durch Verwendung von nicht-heimischem Material das natürliche Muster der genetischen Vielfalt, das sich im Zuge der Wiederbewaldung nach den Eiszeiten über Jahrhunderte und Jahrtausende eingestellt hat, weitgehend zerstört werden.



Versorgung mit Pflanzgut aus Österreich und dem Ausland von zehn ausgewählten Baumarten, dargestellt als Mittel von 2012 - 2018. © Bundesamt für Wald

Die Versorgung mit heimischem Saatgut von Berg- und Spitzahorn, das über hohe genetische Vielfalt und optimale Anpassung verfügt, ist uns am Bundesforschungszentrum für Wald daher ein zentrales Anliegen. Insbesondere für Renaturierungsmaßnahmen mit Ahorn, etwa nach Bestandesumwandlungen von instabil gewordenen sekundären Nadelwäldern, ist die Wahl des richtigen Vermehrungsgutes wichtig, falls die potenziell natürlich vorkommenden Baumarten lokal bis regional bereits selten geworden sind und dort nicht mit Naturverjüngung gearbeitet werden kann. Falls jedoch Ahorn noch im menschlich stark überprägten Altbestand fruktifizierend vorhanden sein sollte, kann künstliche Bestandesbegründung trotzdem zur Ergänzung/Mischungsregulierung verwendet werden oder als Klimawandelanpassungsmaßnahme mit anderen Herkünften vermischt werden („assisted migration“).

Beim Bergahorn stammen im Durchschnitt etwa 85 % des Saatgutes für forstliche Zwecke aus heimischen Quellen, beim Spitzahorn sind es dagegen nur 5 %. Das Saatgut aus Österreich für Bergahorn kommt über-

wiegend aus Saatguterntebeständen, aber auch zu etwa 30 – 40 % aus Samenplantagen. Die Bedeutung der Bergahorn-Samenplantagen ist in den letzten Jahren gestiegen, da dort die Beerntungslogistik einfacher und günstiger ist. Besonders in schwächeren Samenjahren ist daher der Anteil des Bergahorn-Saatgutes aus Plantagen höher. Das österreichische Saatgut des Spitzahorns kommt derzeit nur aus Beständen (quellengesichert) und Saatguterntebeständen (ausgewählt, derzeit sind 2 Erntebestände zugelassen), da Spitzahorn-Plantagen bisher in Österreich noch nicht angelegt wurden.

Der Gesetzgeber unterscheidet bei den Anforderungen an die Beerntung (sogenannte „Kategorisierung des Vermehrungsgutes“) deutlich zwischen Berg- und Spitzahorn. Während der Spitzahorn laut forstlichem Vermehrungsgutgesetz zu den Baumarten mit bisher geringer wirtschaftlicher Bedeutung zählt, in der Kategorie 'quellengesichert' beerntet werden darf, ist die Saatgutgewinnung beim Bergahorn nur in den Kategorien „ausgewählt“ (Erntebestand) bzw. „qualifiziert“ (Plantagen) möglich (www.bundesamt-wald.at).

6.1 Erntebestände

Saatgut vom **Bergahorn** kann in Österreich in den Kategorien „ausgewählt“ oder „qualifiziert“ erworben werden. Das Saatgut der Kategorie „ausgewählt“ stammt aus Erntebeständen, das Saatgut der Kategorie „qualifiziert“ aus Samenplantagen. Alle Erntebestände werden eigens von Expert*innen des Bundesamtes für Wald begutachtet und müssen eine Reihe von Kriterien hinsichtlich ihrer Vitalität und Qualität erfüllen, um als beerntungswürdig befunden zu werden. Beim Bergahorn müssen mindestens 10 Bäume beerntet und entsprechende Einzelbaumproben am Bundesforschungszentrum für Wald hinterlegt werden.

Beim **Spitzahorn** ist auch eine Beerntung in der Kategorie „quellengesichert“ erlaubt, womit eine Zulassung der Beerntungsflächen durch das Bundesamt vorab nicht erforderlich ist. Bei dieser Kategorie reicht eine zeitgerechte Meldung der Beerntung bei der Bezirksforstinspektion. Die

Zahl der mindestens zu beerntenden Bäume liegt bei zehn Mutterbäumen, wobei sich diese lediglich innerhalb eines Herkunftsgebietes und einer Höhenstufe befinden müssen. Einzelbaumproben werden bei quellengesichertem Saatgut nicht an das Bundesforschungszentrum für Wald gesendet. Aktuell sind jedoch auch zwei Erntebestände für den Spitzahorn zugelassen, die somit der gesetzlichen Kategorie „ausgewähltes Saatgut“ entsprechen. Auch in den Erntebeständen gilt die Mindestanzahl von zehn beernteten Mutterbäumen pro Ernteeinsatz und es werden Einzelbaumproben an das Bundesforschungszentrum für Wald gesendet.

Die Liste mit den registrierten Erntebeständen wird laufend erweitert und ist auf der Webseite www.bundesamt-wald.at abrufbar. Ausführliche Informationen zu den jeweiligen Beständen und ihren Charakteristika sind auch auf der Website www.herkunftsberatung.at zu finden.

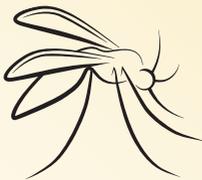


Spitzahorn

6.2 Samenplantagen

In Österreich sind insgesamt 72 forstliche Samenplantagen zugelassen, davon zehn für die Baumart Bergahorn. Für den Spitzahorn gibt es noch keine Plantagen, diese sollen jedoch, basierend auf den Ergebnissen des vorliegenden Projektes, in naher Zukunft angelegt werden. Aus Samenplantagen wird Saatgut in der Kategorie „qualifiziert“ produziert. Ein großer Vorteil bei Plantagen ist der leichtere Zugang zu den Mutterbäumen für Pflegemaßnahmen und Beerntung.

Pflanzgut für die Anlage einer Plantage kann aus vegetativem oder generativem Material gewonnen werden, daher unterscheidet man zwischen Klon- bzw. Sämlingsplantagen. Sämlingsplantagen werden aus Samen gezogen. In den meisten Fällen werden Samenplantagen aber als Klonsamenplantagen angelegt. In Klonsamenplantagen werden die ausgewählten Elitebäume durch Veredelung vermehrt und in mehrfacher Wiederholung ausgebracht. Die Jungbäume werden dabei in einem Abstand von etwa 8 x 8 m ausgepflanzt. Die Anordnung der Pflanzen wird dabei so gewählt, dass gleiche Kombinationen von Bestäubungspartnern nicht vorkommen, um die Zufallspaarung zu maximieren und die Inzucht zu minimieren. Für die Anlage einer solchen Klonsamenplantage geht man von einer Mindestzahl von 50 Klonen in jeweils fünffacher Wiederholung aus.



Hilfe bei Insektenstichen

Der frische Saft der Ahornblätter beruhigt Reizungen und kühlt Insektenstiche.



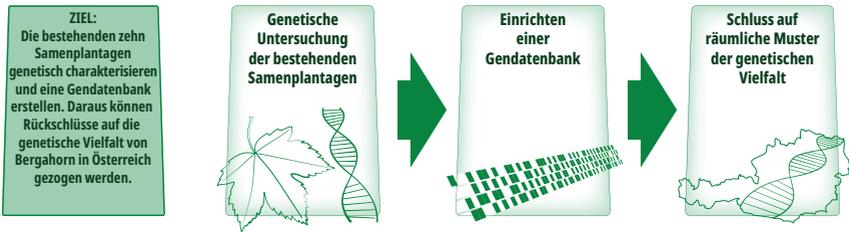
Luftbildaufnahme der Bergahorn-Klonsamenplantage P3 in Feldkirchen, Oberösterreich. Die Zahlen symbolisieren die Klonnummern der Mutterbäume und ihre Anordnung.

rechts oben: Beerntung der Plantage mit Hilfe einer Hebebühne

Eine der zehn österreichischen Bergahorn-Plantagen steht in Feldkirchen, Oberösterreich. Sie umfasst eine Fläche von 1,3 ha und beherbergt insgesamt 51 Klone mit jeweils vier Wiederholungen (204 Bäume). Sie wurde im Jahre 1994 angelegt und ist Teil des Bundesplantagenprogramms in Österreich. Die Koordination der Pflege der Plantage obliegt dem Land Oberösterreich und der Abteilung für Ökologische Genetik des BFW. Die Plantage liegt auf einer Seehöhe von 264 m und produziert Saatgut der Herkunft 7.1/sm. Die jährlichen Erntemengen schwankten in den letzten zehn Jahren zwischen 150 - 450 kg, wobei in zwei Jahren der Periode keine Beerntung durchgeführt wurde (2017 und 2019). Die Beerntung erfolgt mit einer Hebebühne im Pflückverfahren und wird mit Hilfe von ortsansässigen Landwirt*innen durchgeführt. Das Erntegut wird nach der Beerntung vorgetrocknet und anschließend so rasch wie möglich in die Klänge Arndorf (Österreichische Bundesforste AG) zur Reinigung, Aufbereitung und Einlagerung gebracht.

7. Ergebnisse des Forschungsprojekts 'APPLAUS'

7.1 Gendatenbank und genetische Vielfalt des Bergahorns in Österreich

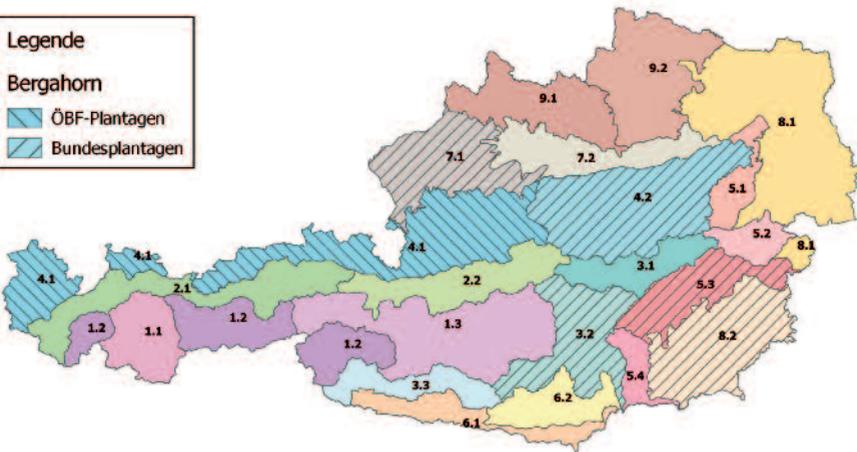


Im ersten Schritt wurden die zehn in Österreich bestehenden Samenplantagen für Bergahorn, welche sechs Wuchsgebiete abdecken und 520 Klone umfassen, beprobt und mit genetischen Markern (Mikrosatelliten) charakterisiert. Pro Klon wurde die Besammlung von zwei Rameten (Wiederholungen auf der Fläche) angestrebt. Die genetische Analyse der 972 Proben erfolgte mittels elf nuklearen Mikrosatelliten sowie einem Chloroplasten-Mikrosatellit. Um eine Vergleichsmöglichkeit mit anderen Studien zu ermöglichen, wurden dieselben Marker wie in Neophytou et al. (2019) verwendet.

Die Ergebnisse der Studie wurden in einer Datenbank dauerhaft abgespeichert (genetische Markerdaten, Auswertungen zur genetischen Vielfalt, GIS-Daten). Die Daten wurden dazu genutzt, die genetische Diversität in der Plantage zu bewerten. Weiters konnten daraus Rückschlüsse auf die genetische Vielfalt des Bergahorns in Österreich abgeleitet werden, da durch die Plantagenklone bereits ein großer Teil des natürlichen Verbreitungsgebietes abgedeckt ist. Durch die Studie wurden erstmals Daten generiert, die es erlauben, die Populationsstruktur und

Auszug aus dem Nationalen Register der Samenplantagen (Bundesamt für Wald) mit den zehn in Österreich zugelassenen Samenplantagen für Bergahorn, die im Projekt APPLAUS untersucht wurden. [* = Bundesplantagen]

Zulassungszeichen	Name der Plantage	Längen-grad	Breiten-grad	See-höhe	Fläche in ha	Anzahl Klone
B.Ah P1(4.1/tm)	ÖBf - Säusenstein: Nördliche Randalpen (Tiefelage)	15.07E	48.11N	295	1,25	40
B.Ah P2(4.1/mm)	ÖBf - Säusenstein: Nördliche Randalpen (Mittellage)	15.07E	48.11N	295	1,10	48
B.Ah P3(7.1/sm)	Feldkirchen*	14.02E	48.20N	264	1,30	51
B.Ah P4(4.2/sm, tm)	Pyhra*	15.42E	48.08N	341	1,54	43
B.Ah P5(4.2/mm)	Allentsteig*	15.20E	48.42N	534	1,23	55
B.Ah P6(8.2/sm)	Grambach*	15.28E	47.01N	345	1,60	50
B.Ah P9(3.2/mm)	Bergahorn Hartberg II*	15.58E	47.16N	330	1,10	55
B.Ah P10(5.3/mm, hm)	Bergahorn Aflenz*	15.14E	47.32N	717	1,50	68
B.Ah P11(5.3/sm-mm)	Bergahorn Tyrnau	15.23E	47.17N	570	0,95	50
B.Ah P12(3.2/tm)	Bergahorn Hartberg I*	15.58E	47.16N	330	0,72	60



Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs, welche durch die Bundesplantagen sowie Plantagen der Bundesforste (ÖBf AG) bereits mit hochqualitativem Bergahorn-Saatgut versorgt werden können.

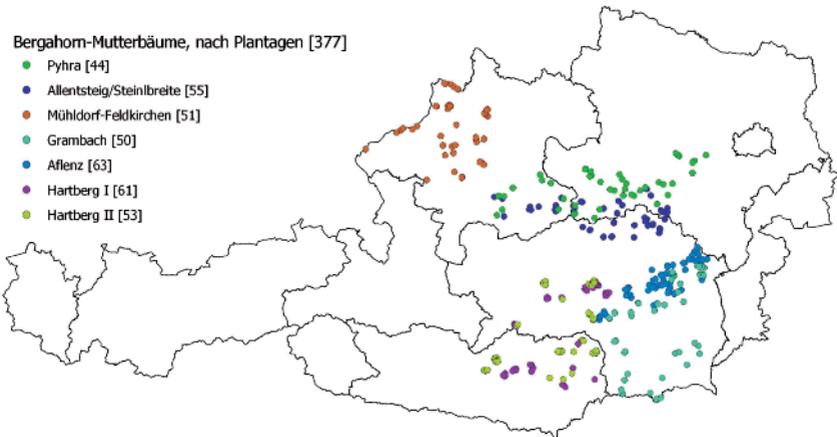
ein räumliches Muster der genetischen Vielfalt des Bergahorns in Österreich zu erstellen.

Gleichzeitig bildet die so erstellte Gendatenbank eine wichtige Grundlage, um künftig die Vorschriften des Forstlichen Vermehrungsgutgesetzes wirkungsvoll kontrollieren zu können. Dies bedeutet, dass mit den entwickelten genetischen Methoden die Identität und damit die korrekte Bezeichnung der Herkunft aus den österreichischen Samenplantagen laufend überprüft werden kann. Weitere Informationen dazu finden sich auf www.herkunftssicher.at.

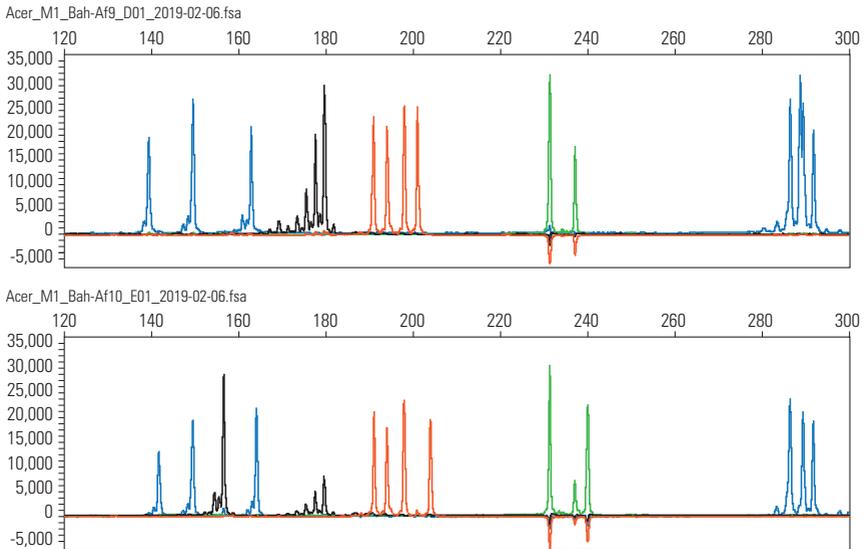
Ergebnisse

Aus den zehn Bergahornplantagen wurden insgesamt 972 Blattproben von Mutterbäumen gewonnen. Die Probenahme war gleichsam eine Revision der tatsächlichen Anzahl von Klonen in den Plantagen im Vergleich zu den Angaben im Nationalen Register der Forstlichen Samen-

Bergahorn-Mutterbäume BFW,
nach Beerntungseinheiten



Bergahorn-Mutterbäume nach Plantagen: Ursprüngliche Verbreitung der Klone der sieben Bundesplantagen im österreichischen Bundesgebiet.



Gegenüberstellung der Elektropherogramme von zwei Individuen (oben und unten), die sich klar durch die Lage der Peaks (entsprechen Genvarianten, d.h. Allelen) unterscheiden lassen können. Dargestellt sind die Ergebnisse einer Analyse mit fünf verschiedenen Markern (in blau (2x), schwarz, rot und grün). Weil der Bergahorn „tetraploid“ ist, können bis zu vier Varianten (Allele) vorkommen.

plantagen. Dabei trat meist eine geringere Anzahl von Klonen durch Ausfall auf, aufgrund von Nachpflanzungen waren lediglich in einer Plantage mehr präsent als angegeben. Insgesamt wurden mit unserer Methode nur 500 Klone anstelle von 520 im Nationalen Register gezählt. Wie aus der Anzahl der Blattproben ersichtlich, waren auch einige Klone nur noch in einer Wiederholung vertreten. In diesen Plantagen besteht die Gefahr, künftig Klone aus den Plantagen zu verlieren. Um dem entgegenzuwirken, sollte darauf geachtet werden, ausgefallene Individuen auf den Plantagen nachzubessern.

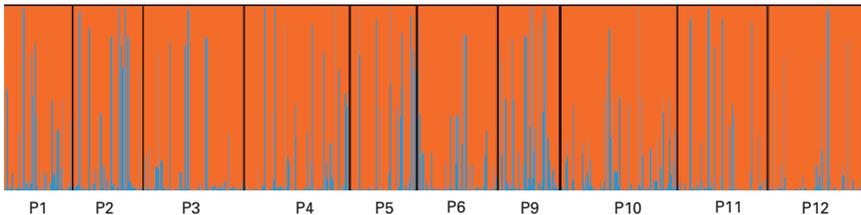
Die Ergebnisse der Untersuchung der genetischen Vielfalt innerhalb der gesammelten Klone zeigen, dass es keine deutliche Populationsstruktur in Österreich gibt. Die verwendeten Analysemethoden belegen, dass die

innerartliche, genetische Vielfalt sehr hoch und gleichzeitig auch homogen verteilt ist. Diese Ergebnisse sind für Bergahorn nicht unerwartet, da die Baumart häufig vorkommt und über sehr effektive Verbreitungsmechanismen verfügt, was sowohl die Pollen- als auch die Samenverbreitung betrifft. Auch die häufige Kultivierung im Forst hat dazu beigetragen.

Ähnliche Ergebnisse wurden auch von Neophytou et al. (2019) für Deutschland beschrieben: Auch dort war ein räumliches Muster der genetischen Vielfalt nur schwach ausgebildet. Im Vergleich zum deutschen Ergebnis ist die Population in Österreich genetisch noch einheitlicher, jedoch muss dabei natürlich auch das relativ begrenzte Gebiet, aus welchem die Plantagenklone stammen, berücksichtigt werden.

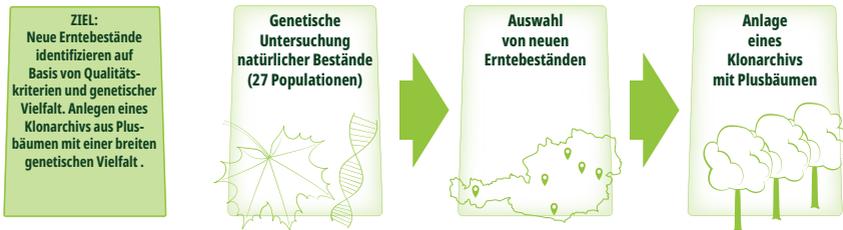
Hinsichtlich der genetischen Vielfalt des Chloroplasten-Genoms wurde in Österreich nur eine Variante gefunden, während in der gesamtdeutschen Probe zwei Varianten vorkommen. Die in Österreich detektierte Variante war auch die in Deutschland am häufigsten Angetroffene.

Von jedem Plantagenklon in Österreich sind die Koordinaten der Ursprungsbäume bekannt. Man sieht in der Abbildung, dass die Landesmitte durch die Klonsammlung gut repräsentiert ist. Die drei weiteren Plantagen der ÖBf AG decken ein ähnliches Gebiet ab. Lücken bestehen besonders im Westen, Waldviertel und im Osten Österreichs.



Ergebnis der genetischen Untersuchung der Populationsstruktur des Bergahorns in den zehn heimischen Saatgutplantagen. Jede Linie stellt die Zuordnung eines Plantagenbaumes anhand seines genetischen Profils zu einer bestimmten genetischen Gruppe dar. Es ist ersichtlich, dass es keine ausgeprägten Untergruppen innerhalb der österreichischen Plantagenklone gibt.

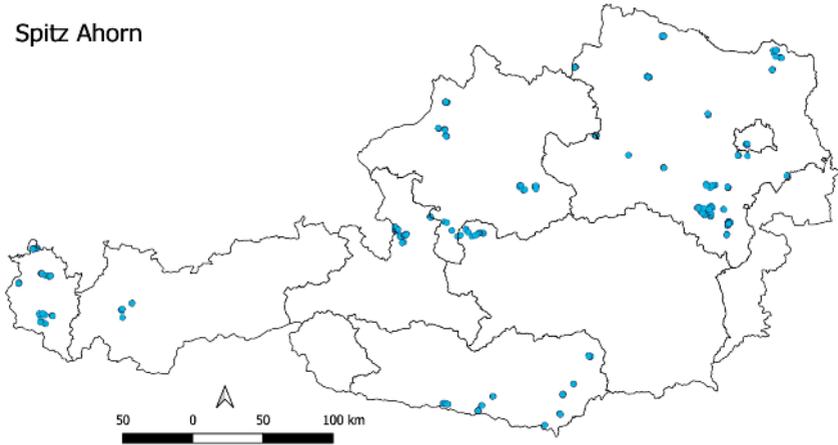
7.2 Genetische Vielfalt und Plusbaumauslese beim Spitzahorn



Im Jahr 2019 wurden in Österreich 869 Individuen vom Spitzahorn erfolgreich beprobt, weitere 264 Proben stammten aus dem Ausland. Die österreichischen Proben stammten aus dem gesamten nationalen Verbreitungsgebiet und wurden 27 Populationen zugeordnet. Dabei wurden die Proben teilweise über ein größeres Gebiet gesammelt und regional zu Populationen zusammengefasst. Der Großteil der Populationen war räumlich deutlich abgegrenzt. Auch der zum Beprobungszeitraum einzige zugelassene Saatguterntebestand SpAh1 (8.1/ko) wurde beerntet (Eigentümer: Stiftung Fürst Liechtenstein, Forstbetrieb Wilfersdorf). Die Proben aus dem Ausland stammten teilweise von Probekäufen in Baumschulen (ca. 100 Proben, zwei Herkünfte je aus Deutschland und Ungarn), sowie von Kollegen, die uns die Proben dankenswerterweise kostenlos zugeschickt haben (Bosnien, Estland, Finnland). Eine Übersicht über die gesammelten österreichischen Proben findet sich in der Tabelle Anzahl Spitzahorn-Proben, grafisch sind die Lokalitäten in der folgenden Abbildung (Seite 60) dargestellt.

Von jedem besammelten Individuum wurden drei Kambiumproben gewonnen. Sofern vom Eigentümer gewünscht, wurden die Wunden mit Wundverschlussmittel behandelt. Von jedem Probestamm wurden des Weiteren der Brusthöhendurchmesser gemessen, sowie Höhe, Stammform und Vitalität gutachtlich erhoben. Ein Mindestabstand von 30 m zwischen den Probebäumen wurde eingehalten, um zu verhindern, dass verwandte Individuen gesammelt wurden. Von jedem beprobten Baum

Spitz Ahorn



Lage der in APPLAUS beprobten Individuen bzw. Populationen für die Baumart Spitzahorn

wurde ein Foto gemacht und die GPS-Koordinaten erhoben. Im Feld wurde auch bereits festgelegt, ob der betreffende Baum als Plusbaum für das Klonarchiv geeignet ist (Plusbäume sind Bäume mit mehreren für den forstlichen Anbau günstigen Eigenschaften, wie schnelles Wachstum, Vitalität, Widerstandsfähigkeit und gerade Schaftform). Insgesamt nahm die Probensammlung von Spitzahorn über 60 Außendiensttage in Anspruch.

Die besammelten Individuen des Spitzahorn stellen eine repräsentative Stichprobe aus allen Teilen des österreichischen Verbreitungsgebietes dar. Die Proben wurden mittels genetischen Markern (Mikrosatelliten) untersucht. Diese wurden im Projekt speziell für die Baumart Spitzahorn entwickelt.

Auf der Basis der molekularbiologischen Untersuchungen war es möglich, die genetische Vielfalt zu beurteilen und eine Einteilung in Populationsgruppen vorzunehmen, die die natürlichen Muster der nacheiszeitlichen Einwanderung widerspiegeln. Diese Ergebnisse können in Folge wiederum für die Auswahl von Saatguterntebestände beziehungsweise für die Anlage eines entsprechenden Klonarchivs genutzt werden.

Anzahl der gesammelten Spitzahorn-Proben in natürlichen Beständen in Österreich sowie Anzahl der potentiellen Plusbäume. NWR = Naturwaldreservat							
Population	Bundesland	Anzahl der Proben	Anzahl potentielle Plusbäume	Population	Bundesland	Anzahl der Proben	Anzahl potentielle Plusbäume
Blasnitzen	Kärnten	9	5	Seebenstein	Niederösterreich	38	8
Frantschach	Kärnten	7	0	Tulln	Niederösterreich	3	0
Griffen	Kärnten	9	1	Falkenau	Oberösterreich	15	1
Illitsch	Kärnten	16	3	Landsberg	Oberösterreich	30	1
Sternberg	Kärnten	24	6	Marsbach (NWR)	Oberösterreich	20	1
Trögern	Kärnten	2	0	Mitterberg (NWR)	Oberösterreich	30	6
Vorderberg	Kärnten	24	6	Stauf (NWR)	Oberösterreich	30	2
Dobra (NWR)	Niederösterreich	30	9	Salzkammergut	Salzburg / Oberösterreich / Steiermark	30	1
Falkenstein	Niederösterreich	18	1	Tennengau	Salzburg	30	2
Freyensteiner Donauwald (NWR)	Niederösterreich	30	2	Zams	Tirol	20	0
Geißberg - Merkenstein (NWR)	Niederösterreich	30	4	Bezau	Vorarlberg	30	5
Grünbach	Niederösterreich	33	3	Bromatsreute (NWR)	Vorarlberg	9	1
Kardinalgraben (NWR)	Niederösterreich	40	6	Eichenberg	Vorarlberg	21	8
Kolmberg (NWR)	Niederösterreich	30	2	Freurüti (NWR)	Vorarlberg	10	0
Luxensteinwand (NWR)	Niederösterreich	32	7	Schruns	Vorarlberg	17	1
Mausoleum (NWR)	Niederösterreich	30	8	Zwurms (NWR)	Vorarlberg	20	2
Mühlgraben (NWR)	Niederösterreich	30	12	Schönbrunn	Wien	28	2
Pernitz	Niederösterreich	11	2	Summen		786	118



Spitzahorn-Plusbaum im Naturwaldreservat Mühlgraben – Höhe über 30m, BHD 65 cm

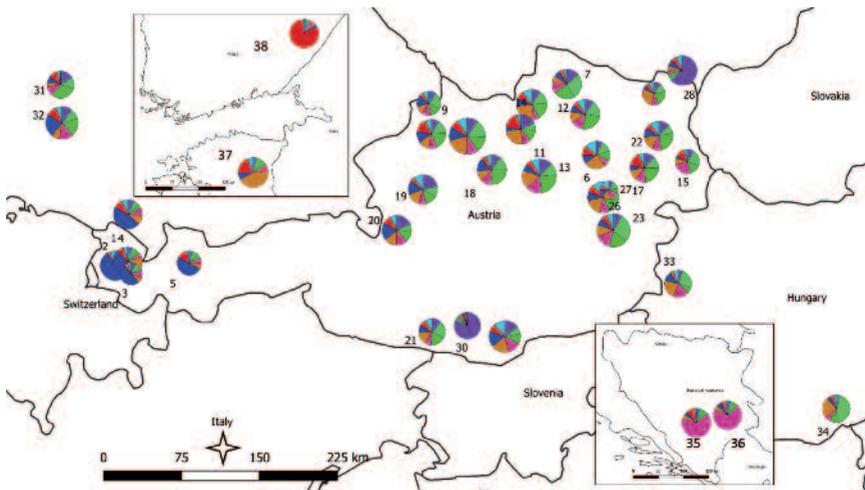
Das Klonarchiv sollte ca. 100 Klone aus dem gesamten Verbreitungsgebiet der Art in Österreich umfassen, und so ein Genreservoir und einen Querschnitt über die gesamte Bandbreite der genetischen Variation der Baumart Spitzahorn darstellen. Die notwendigen Veredelungsarbeiten (Pfropfung) wurden im Versuchsgarten Tulln durchgeführt.

Ergebnisse

Für die genetische Analyse der 869 Proben aus 27 Populationen kamen 15 Mikrosatelliten-Marker zum Einsatz. Aufgrund der zerstreuten Verbreitung wurden in einigen Regionen für die Auswertungen mehrere Vorkommen zu einer Population zusammengezogen.

Die Datenanalyse wurde mit individuenbasiertem Clustering mittels der Software STRUCTURE durchgeführt. Dabei werden die Proben basierend auf der Allelverteilung zwischen den Individuen in eine vordefinierte Anzahl von Gruppen unterteilt (die Gruppenanzahl wurde für den Datensatz mit neun als optimal bestimmt). Die statistischen Kenngrößen zur genetischen Vielfalt der Populationen wurden mit der Software GenAlex berechnet.

Die Ergebnisse der genetischen Untersuchungen an Spitzahorn zeigen, dass ein Großteil der untersuchten Bestände eine hohe genetische Vielfalt aufweist. Der entsprechende Kennwert lag im Schnitt bei 0.70 („erwartete Heterozygotie“, d.h. ist der Anteil der mischerbigen Individuen). Für eine Laubbaumart liegt dieser Kennwert im oberen Bereich. Auch im Vergleich des „Allelreichtums“ waren die heimischen Populationen generell einheitlich. Der Durchschnittswert lag bei etwa 5.1, kann aber nur als relativer Vergleichswert zwischen den Populationen bewertet werden und stellt keine Kenngröße an sich dar.



Ergebnisse der genetischen Vielfalt des Spitzahorns in Österreich, basierend auf den Daten von 27 natürlichen Populationen. Zum Vergleich wurden auch Proben aus Deutschland, Ungarn, Finnland, Estland und Bosnien-Herzegovina miteinbezogen. Dabei wurden die Individuen einer Population, basierend auf ihrem genetischen Profil Verwandtschaftsgruppen, zugeordnet. Die Verwandtschaftsgruppen sind durch gleiche Farbgebung erkenntlich.

Auffällig war die schnell erkennbare Differenzierung der Populationen aus dem Westen Österreichs (Vorarlberg, Tirol) sowohl bei den Werten der genetischen Vielfalt als auch bei der individuenbasierten Gruppenzuordnung. Die westösterreichischen Populationen waren in der letzteren Analyse stets deutlich vom Rest von Österreichs abgrenzbar und die genetische Vielfalt war etwas geringer als weiter östlich (0.70 vs. 0.73).

Diese Unterschiede in der genetischen Zusammensetzung in Westösterreich können als Hinweis auf unterschiedliche nacheiszeitliche Einwanderungswege gesehen werden. Generell war aber die Populationsdifferenzierung insbesondere in Ost- und Südösterreich nur schwach ausgebildet. Auch die Proben aus Deutschland und Ungarn unterschieden sich nur geringfügig in der genetischen Zusammensetzung von den ostösterreichischen. Hier kann davon ausgegangen werden, dass Spitzahorn

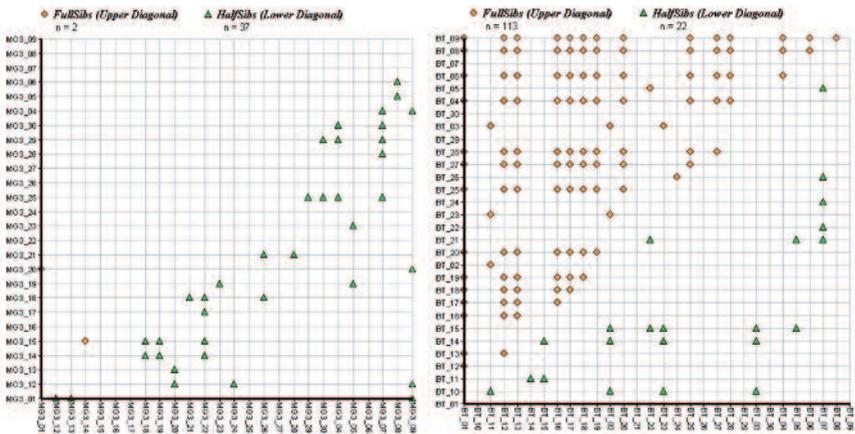
einst eine kontinuierliche Verbreitung hatte und bis heute einen großen Teil ihrer genetischen Vielfalt behalten konnte, obwohl die Art heute nur noch stark fragmentiert vorkommt.

Im Vergleich dazu waren die Populationen aus Bosnien-Herzegowina deutlich von den anderen mitteleuropäischen Populationen verschieden. Sie zeigten auch insgesamt die höchsten Werte der genetischen Vielfalt und könnten in Zukunft eine wichtige Genreserve darstellen. Im Kontrast dazu waren sowohl die Populationen aus Finnland sowie Estland genetisch verarmt, mit deutlich geringerer genetischer Vielfalt. Der Spitzahorn erreicht in Nordeuropa seine Verbreitungsgrenze, daher ist es nicht überraschend, dass an der Verbreitungsfrente eine gewisse „Verdünnung der genetischen Ressourcen“ feststellbar ist. Ähnliche Ergebnisse wurden auch schon von Rusanen et al. (2003) berichtet.

Auffallend waren allerdings zwei österreichische Populationen (Niederösterreich, Kärnten), die sich sowohl in der Populationszuordnung als auch in ihrer geringen genetischen Diversität stark von den übrigen Populationen unterschieden (erwartete Heterozygotie bei 0.64). Hier kann vermutet werden, dass die Populationen entweder künstlich begründet wurden und/oder von sehr wenigen Mutterbäumen abstammen. Um dies näher zu untersuchen, wurden mittels der Software COLONY die Verwandtschaftsverhältnisse innerhalb der beiden Population im Detail untersucht. Ein Teilergebnis davon ist in der Abbildung *Vergleich Verwandtschaftsstruktur* (Seite 65) dargestellt. Dabei zeigte sich im Vergleich zu natürlichen Populationen, dass in den beiden auffälligen Probestrukturen ein sehr starker Überhang an Vollgeschwistern vorhanden war.

Detaillierte Untersuchungen zeigten, dass die Ausgangspopulation bei der Bestandesbegründung weit unter zehn Mutterbäumen betragen hatte. Während in einem Fall eine künstliche Begründung festgestellt werden konnte, war in zweiten Fall eher ein ruderaler Ursprung der Population anzunehmen. Diese beiden Bestände schieden daher als Kandidaten für Erntebestand bzw. Generhaltungswald aus.

Dieses Beispiel aus Niederösterreich und Kärnten für Spitzahorn verdeutlicht, wie wichtig genetische Untersuchungen sein können, um derartige Phänomene nachweisen zu können. Daher sollte künftig, wann



Vergleich der Verwandtschaftsstruktur: natürlicher Bestand (links) und künstlich begründeter Bestand (rechts). Halbgeschwister (Ein Elternteil ident) sind grün, Vollgeschwister (beide Elternteile ident) sind orange dargestellt. Während der natürliche Bestand nur geringe Verwandtschaft innerhalb der untersuchten Population zeigt, überwiegen im gepflanzten Bestand die Vollgeschwister. In dem rechten Bestand wurde Vermehrungsgut verwendet, das nur sehr geringe genetische Vielfalt aufweist.

immer möglich, vor einer Erntezulassung auch eine Untersuchung der genetischen Vielfalt durchgeführt werden. Dies gilt insbesondere für die zerstreut vorkommenden Baumarten. Teilweise wird dies bereits vom Amt für Waldgenetik in Bayern routinemäßig durchgeführt und umgesetzt. Durch die Sammlung von Klonen in einer Region und die Anlage von Samenplantagen kann ebenfalls die Gewinnung von Vermehrungsgut aus genetisch verarmten Beständen für Österreichs Wälder vermieden werden.

Anlage eines Klonarchivs „Spitzahorn“

Die Auswahl der Plusbäume wurde so getroffen, dass sie hohen Qualitätskriterien (Wuchs, Vitalität) entsprechen, andererseits aber auch eine repräsentative Stichprobe der genetischen Vielfalt der Population vor Ort darstellen. Auf diese Weise wurden insgesamt 118 Plusbäume ausgewählt. Von 92 dieser 118 potenziellen Plusbäume konnten erfolgreich Edelreiser für die Anlage des Klonarchivs gewonnen werden. Dafür wurden



Gelungene Veredelung eines Spitzahorns im Versuchsgarten Tulln für die Anlage eines Klonarchivs

die Bäume zumeist von Baumsteigern erklettert. Unmittelbar darauf wurden die frischen Reiser im Versuchsgarten Tulln des BFW im Frühjahr auf geeignete Spitzahorn-Unterlagen veredelt (20 pro Klon), welche mittlerweile zum Großteil gut angewachsen sind. Die Pflanzung auf den Endstandort des Klonarchivs erfolgt im September 2021. Dieses Klonarchiv „Spitzahorn“ wird langfristig für die Anlage von Samenplantagen zur Verfügung stehen und stellt damit eine wichtige Genreserve für die Baumart Spitzahorn in Österreich dar.

Ahornblütensirup

- 3 - 4 Handvoll frische Ahornblüten (egal ob Berg- oder Spitzahorn)
- 2 Liter Wasser
- 1 kg Zucker
- 1 unbehandelte Zitrone (alternativ 1 Päckchen Zitronensäure)

Die Ahornblüten bei Schönwetter sammeln und die Stiele entfernen. Allerdings nicht waschen, sondern nur ausschütteln und gut verlesen, um die Tierchen zu entfernen.

Die Zitrone in schmale Scheiben schneiden und zusammen mit den Ahornblüten in ein großes Gefäß geben. Den Zucker im Wasser aufkochen. Das heiße Zuckerwasser über die Ahornblüten gießen. Das geschlossene Gefäß an einem kühlen Ort für zwei Tage ziehen lassen. Danach durch ein feines Sieb filtern und nochmals unter Rühren für 5 Minuten aufkochen. Heiß in saubere Flaschen füllen und sofort verschließen.

Schmeckt lecker auf Palatschinken oder mit Wasser verdünnt als Durstlöscher.

8. Zusammenfassung und Ausblick



Das Projekt APPLAUS hat sich zur Aufgabe gemacht, einen Beitrag zur Kenntnis und Erhaltung der genetischen, innerartlichen Vielfalt der Baumarten Berg- und Spitzahorn in Österreich zu leisten.

Beide Baumarten gelten als Hoffnungsträger für Klimawandelanpassung und Bestandesumwandlungen österreichischer Bergwälder. Waldbewirtschafteter*innen sind aufgefordert, mit hoher Fachkenntnis die Baumartenwahl an den jeweiligen Standort zu treffen. Beide Ahorn-Arten benötigen insbesondere durchlässige Böden mit guter Nährstoffversorgung. Sind die Standortansprüche nicht erfüllt, können sie nicht ihre optimale Leistung bringen und werden gegebenenfalls anfällig für Schwächeparasiten.

Unsere Ergebnisse der genetischen Analysen haben gezeigt, dass beide Arten eine hohe genetische Vielfalt in Österreich aufweisen. Gleichzeitig ist es aber wichtig, für die Zulassung und Evaluierung von Saatguternteeinsätzen seltener Baumarten molekulargenetische Begleituntersuchungen durchzuführen, um die Saatguternte in genetisch-verarmten Beständen zu vermeiden. Während der Bergahorn beinahe flächendeckend vorkommt, ist der Spitzahorn selten geworden und zeigt bereits erste genetische Effekte der Fragmentierung und genetischen Verarmung in einigen Populationen. Umso wichtiger ist es, auch künftig auf die Herkunft und die genetische Vielfalt bei der Produktion und Kauf von Vermehrungsgut zu achten.

Beim Bergahorn ist zudem weitere Forschung nötig, um eventuell trockenresistentere Klone beziehungsweise Herkünfte zu identifizieren. Beim Spitzahorn sollten die hochqualitativen, heimischen, genetischen Ressourcen künftig durch die Anlage von Samenplantagen besser genutzt werden.

Die Bedeutung der Samenplantagen für die Versorgung mit Vermehrungsgut bei diesen, aber auch vielen anderen Baumarten wird künftig weiter steigen, daher muss künftig weiter in die Pflege, die Verjüngung und Neuanlage, aber auch in die Forschung (Mechanismen der Saatgutproduktion, Pflanzenschutz, Resistenzzüchtung) investiert werden. Dies erscheint umso dringender in Anbetracht des Klimawandels.

9. Danksagung

Ein solches Projekt kann nur durch den Fleiß und den Enthusiasmus eines großen Teams durchgeführt werden. Die Leitung des Projektes oblag Dr. Heino Konrad. Dank gebührt zunächst Dr. Georg Frank und Mag. Herfried Steiner, die schon in den Vorbesprechungen und durch die Bereitstellung der Vorkommensdaten aus dem Programm der Naturwaldreservate einen sehr wichtigen Beitrag zum Projekt geliefert haben. Ing. Wilfried Nebenführ und Ing. Gerald Golesch führten die Außendienstarbeiten durch. Unterstützt wurden sie dabei von den Projektmitarbeiterinnen Desanka Lazic und Stefanie Pfattner, die auch die Laborarbeiten und einen Teil der Analysen durchgeführt haben. Das Projektteam wurde auch von Sophia Gruber in den Sommermonaten 2019 unterstützt. Das Team im Versuchsgarten Tulln - rund um Franz Henninger - hat die gesammelten Klone erfolgreich veredelt und sorgsam gepflegt und so für die Zukunft gesichert. Dank gebührt Johanna Kohl für das Layout dieser Broschüre und Karl-Manfred Schweinzer für das Korrekturlesen. Wir danken Petra Meisel und Thomas Thalmayr für wichtigen Input, um die Broschüre noch informativer zu gestalten.

Dem Projektbeirat wird für das Interesse und die wohlwollende Unterstützung des Projektes gedankt (DI Andreas Amann, DI Lukas Baumgartner, DI Christoph Jasser, DI Christian Matitz).

Weiterer Dank an DI Michael Brenn und Ing. Alexander Gaisbauer für wichtigen Input zu Bestandesbeerntungen und Plantagenbewirtschaftung.





10. Weiterführende Informationen

Alles zum Projekt APPLAUS für den Ahorn und die Broschüre als Download. www.die-ahorne.at

Klimastreifen zum Selbsterstellen. <https://showyourstripes.info>

Klimastatusbericht 2020 vom Climate Change Center Austria.
<https://ccca.ac.at/wissenstransfer/klimastatusbericht/klimastatusbericht-2020>

Detaillierte Beratersuche zu forstlichen Themen:
<https://www.klimafitterwald.at/beratersuche>

Baumartenampel, welche die Eignung verschiedener Baumarten in Österreich im Klima der Zukunft (von 2080 - 2100) zeigt.
<https://www.klimafitterwald.at/baumarten>

Die unabhängige Informationsplattform für forstliches Saat- und Pflanzgut in Österreich. www.herkunftsberatung.at

FORSTPRINT: Herkunftssicherheit für die Aufforstungen.
www.herkunftssicher.at

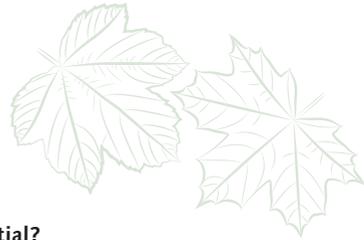
Bundesamt für Wald. www.bundesamt-wald.at

Naturwaldreservate. www.naturwaldreservate.at

Gesamteuropäisches Netz der Generhaltungswälder. www.eufgis.org



Wussten Sie, dass das Trojanische Pferd vermutlich aus Ahornholz gezimmert wurde?



11. Literatur

Kapitel Ahorn - ein Baum mit Zukunftspotential?

Schüler S., Züger J., Gebetsroither E., Jandl R. (2012): Wald im Klimawandel: Temperaturanstieg und sonst?? BFW-Praxisinformation Nr. 30.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) (2019): Praxishilfe Klima, Boden Baumartenwahl, Band 1.

https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/praxishilfe_baumarten_bf.pdf

Kapitel Informationen zum Ahorn

Barengo N. (2001): Spitzahorn *Acer platanoides*. In Projektförderung seltener Baumarten. Zürich.

Hoffmann E. (1960): Der Ahorn. Wald-, Park- und Straßenbaum. Leipzig: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.

Roloff A. (2008): Der Bergahorn – Baum des Jahres 2009. Faltblatt des Kuratoriums Baum des Jahres

Roloff A. & Pietzarka U. (1998): *Acer platanoides*. In Enzyklopädie der Holzgewächse (13th ed., p. 15). Tharandt: Institut für Forstbotanik und Forstzoologie und Forstbotanischer Garten der TU Dresden.

Schmidt O. & Roloff A. (2009): *Acer pseudoplatanus*. In Enzyklopädie der Holzgewächse (51st ed., pp. 1–24). Tharandt: Institut für Forstbotanik und Forstzoologie und Forstbotanischer Garten der TU Dresden.

Kapitel Verbreitung, Standortansprüche und Vergesellschaftung der Ahornarten

Caudullo G., Welk E., San-Miguel-Ayanz J. (2017): Chorological maps for the main European woody species. Data in Brief 12, 662-666. DOI: 10.1016/j.dib.2017.05.007

Meusel H., Jäger E., Rauschert S., Weinert E. (1978): Vergleichende Chronologie der zentraleuropäischen Flora, Bd. 2. Jena.

Kapitel Heimische Saatgutgewinnung

Konrad H., Wurzer C., Schüler S. (2021): Status quo und Zukunft der Versorgung mit forstlichem Saatgut in Österreich. In: Schwarzbauer, P., Teischinger, A. (Hrsg.) Herausforderungen durch Änderung der Ressourcenbasis im Wald. Schriftenreihe Studien zum Marketing Natürlicher Ressourcen. Im Druck.

Kapitel Waldbauliche Bedeutung

Röhrig E., Bartsch N., Von Lübke B. (2006): Waldbau auf ökologischer Grundlage. 7. Auflage Stuttgart.

Ruhm W., Englisch M., Starlinger F., Geburek T., Perny B., Neumann M. (2016): Mischbaumart Esche, Bergahorn und Vogelkirsche. BFW Praxisinformation Nr. 41: 19-23.

Höllerl S., Mosandl R. (2009): Der Bergahorn im Bergmischwald – unübertroffen in seinem Verjüngungspotential. LWF Wissen 62: 24 – 28.

Schmidt P. A. (2009): Der Bergahorn – eine typische Mischwald-Baumart süd-mittel-europäischer Bergwälder. LWF Wissen 62: 13 – 18.

Brosinger F., Schmidt O. (2009): Der Bergahorn in Bayern. LWF Wissen 62: 19 – 23.

Norgall A. (2011): Z-Baum-Auslese beim Bergahorn. AFZ-Der Wald 2: 22 – 25.

Kapitel Holzverwertung

Bechstein J.M. (1821): Forstbotanik, oder vollständige Naturgeschichte der deutschen Holzgewächse. Henningsche Buchhandlung Gotha.

Birnbaum K., Werner, G. (1877): Thiel's Landwirtschaftliches Konversations-Lexikon. Erster Band. Thiel, Straßburg.

Brandstätter B. (2016): Europäische Holzarten und ihre Verwendung im Musik-instrumentenbau. Bakkalaureatsarbeit an der Universität für Bodenkultur. 99 S.

Burckhardt H. (1893): Säen und Pflanzen nach forstlicher Praxis. Lintz'sche Buchhandlung, Trier.

Gayer K. (1878): Die Forstbenutzung. Wiegandt, Hempel & Parey, Berlin.

Grabner, M. (2017): WerkHolz. Eigenschaften und historische Nutzung 60 mittel-europäischer Baum- und Straucharten. Verlag Kessel, ISBN 978-3-945941-24-9, 160 S.

Grosser, D. (1977): Die Hölzer Mitteleuropas. Springer, Heidelberg. 208 S.

Jäger, H. (1877): Die Nutzholzplantagen und ihre Verwendung. Philipp Tohen, Hannover und Leipzig.

Klippel, H. (1855): Anleitung zur Kenntniss der Holzgewächse und zur Holzkultur für Besitzer minder ausgedehnter Holzungen und für den Landmann. Osnabrück. Kießling sche Buchdruckerei

Krauth T., Sales Meyer F. (1895): Die Bau- und Kunstzimmerei mit besonderer Berücksichtigung der äußeren Form. Seemann, Leipzig.

Landolt E. (1866): Wald: Seine Verjüngung, Pflege Und Benutzung. Friedrich Schultheß, Zürich.

Machts F. (1877): Der Landwirth als Forstmann. Populärer Waldbau. Erste Ausgabe. Wien. Pest. Leipzig, Hartleben.

Nördlinger H. (1860): Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Cotta, Stuttgart.

Pierer, H.A. 1875. Pierers Universal-Conversations-Lexikon. Erster Band. Spaarmann, Oberhausen und Leipzig.

Sell J. (1989): Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten. Baufachverlag Lignum Zürich.

Thon C.F.G. (1862): Die Holzbeizkunst oder Holzfärberei in ihrem ganzen Umfange. Neuer Schauplatz der Künste und Handwerke. 107. Band. Voigt, Weimar.

Wagenführ R. (1996): Holzatlas. Fachbuchverlag Leipzig, 688S.

Welcker von Gontershausen H. (1854): Die technischen Hölzer. Brönner, Frankfurt.

Kapitel Generhaltungswälder

Gesamteuropäisches Netz der Generhaltungswälder: www.eufgis.org

Geburek T., Müller F. (2006): Nachhaltige Nutzung von genetischen Waldressourcen in Österreich – Evaluierung bisheriger Maßnahmen und Perspektiven für zukünftiges Handeln. BFW Berichte 134. 36pp.

Koskela J., et al. (2012): Translating conservation genetics into management: pan-European minimum requirements for dynamic conservation units of forest tree genetic diversity. *Biological Conservation* DOI: 10.1016/j.biocon.2012.07.023.

Lefèvre F., Koskela J., Hubert J., Kraigher H., Longauer R., Orlík D. C., et al. (2013): Dynamic conservation of forest genetic resources in 33 European countries. *Conserv. Biol.* 27:373–384.

Schüler S., Konrad H. (2016): Dynamische Generhaltung in Europas Wäldern: Paneuropäische Konzepte nehmen Gestalt an. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, Zürich*, 167(6) : 326-332.

Kapitel Ergebnisse des Forschungsprojekts 'APPLAUS'

Jones O.R., Wang J. (2010): COLONY: a program for parentage and sibship inference from multilocus genotype data. *Molecular Ecology Resources* 10: 551-555.

Neophytou C., Konnert M., Fussi B. (2019): Western and eastern post-glacial migration pathways shape the genetic structure of sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) in Germany. *Forest Ecology and Management* 432: 83-93.

Pritchard J.K., Stephens M., Donnelly P. (2000): Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data. *Genetics* 155: 945–959.

Peakall R.; Smouse P.E. (2012): GenALEX 6.5: Genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics* 28: 2537–2539. doi:10.1093/bioinformatics/bts460.

Rusanen M., Vakkari P., Blom A. (2003): Genetic structure of *Acer platanoides* and *Betula pendula* in northern Europe. *Can. J. For. Res.* 33: 1110–1115.



Quellenverzeichnis Abbildungen

- U1 Thomas Maracek auf Alamy.com
- [4] Andrea Kodym, Gerald Schnabel
- [8] Lambert Weißenbacher
- [9] Marian Tomazej
- [11] Michael Brenn
- [12] Heino Konrad, Klemens Schmiedbauer
- [13] Heino Konrad, Klemens Schmiedbauer, Erik Szamosvari, Anna Maria Walli
- [15, 17] Gustav Hempel & Karl Wilhelm: Die Bäume und Sträucher des Waldes in botanischer und forstwirtschaftlicher Beziehung, Wien : E.D. Hölzel, 1889. - Band I – III.
- [26] Werner Ruhm
- [28] Marian Tomazej
- [30] Michael Grabner
- [32] Michael Grabner
- [34] Thomas Cech
- [35] Thomas Cech
- [36] Thomas Cech
- [38] Gernot Hoch
- [39] Gernot Hoch
- [39] Bundesamt für Wald
- [40] Gernot Hoch
- [41] Herfried Steiner
- [44] Lambert Weißenbacher
- [48] Alexander Gaisbauer
- [51] Heino Konrad
- [53] Alexander Gaisbauer
- [53] Bundesforschungszentrum für Wald
- [62] Heino Konrad
- [66] Heino Konrad
- U4 Marian Tomazej und Heino Konrad



PEFC zertifiziert

Das Papier dieses
Produktes stammt aus
nachhaltig
bewirtschafteten Wäldern
und kontrollierten Quellen

www.pefc.at

