Projekt Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten

Provenienzwahl und Pflanzgutbeschaffung für Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten

Dieser Bericht entstand im Rahmen des Projekts „Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten“. Er beschreibt das Vorgehen bei der Provenienzwahl für die Testpflanzungen und präsentiert die ausgewählten Provenienzen für die Testpflanzungen im fixen Design. Zudem wird ein Überblick über den aktuellen Stand der Saat- und Pflanzgutbeschaffung gegeben. Je nach Verfügbarkeit von Saatgut und Anzuchterfolg kann die hier präsentierte Auswahl an Provenienzen noch Änderungen erfahren.

Begriffe: Provenienz, Synonym Herkunft; Herkunftsregion (Synonym Herkunftsregion); NKS = Nationales Kataster der Samenerntebestände der Schweiz; KWB = Klimatische Wasserbilanz, SPL = Samenplantage.

Version v1, 27.11.2019, Esther R. Frei, Kathrin Streit, Peter Brang

Inhalt

Zusammenfassung ... 2
1 Einleitung ... 2
1.1 Projektziele ... 2
1.2 Aufbau dieses Berichts ... 3
2 Grundsätze der Provenienzwahl ... 3
3 Vorgehen bei der Provenienzwahl ... 4
3.1 Auswahl von Herkunftsregionen entlang eines Klimagradienten ... 4
3.2 Auswahl der Provenienzen innerhalb der Herkunftsregionen ... 5
3.3 Saat- und Pflanzgutbeschaffung ... 6
3.4 Pflanzenanzucht ... 9
4 Ausgewählte Provenienzen ... 9
4.1 Abies alba ... 9
4.2 Acer opalus ... 12
4.3 Acer platanoides ... 13
4.4 Acer pseudoplatanus ... 14
4.5 Cedrus atlantica ... 16
4.6 Corylus colurna ... 17
4.7 Fagus sylvatica ... 18
4.8 Juglans regia ... 20
4.9 Larix decidua ... 21
4.10 Picea abies ... 22
4.11 Pinus sylvestris ... 24
4.12 Prunus avium ... 25
4.13 Pseudotsuga menziesii ... 26
4.14 Quercus cerris ... 28
4.15 Quercus petraea ... 29
4.16 Quercus robur ... 30
4.17 Sorbus torminalis ... 31
4.18 Tilia cordata ... 33
5 Literatur ... 34
Anhang 1: Auswahl des Klimaparameters für den klimatischen Gradienten ... 39
Anhang 2: Implementierung des Klimagradienten in R und ArcGIS ... 40
Anhang 3: Aktennotiz über die Besprechung über die Risiken bei der Einfuhr von Douglasiensaatgut aus Oregon und Kalifornien ... 41
Anhang 4: Liste der ausgewählten Provenienzen ... 44
Anhang 5: Lieferanten Vermehrungsgut ... 52

Zusammenfassung

Die Klimaänderung wirkt sich auf die klimatische Eignung der Baumarten auf ihren heutigen Standorten aus. Im Projekt «Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten» wird das Potenzial von Baumarten getestet, unter unterschiedlichen Klimabedingungen zu überleben und zu gedeihen. Dazu wird untersucht, welche Umweltfaktoren das Gedeihen von 18 Baumarten mit jeweils 7 Provenienzen entlang von grossen Umweltgradienten bestimmen. Bei der Auswahl der Provenienzen wurden in einem ersten Schritt für jede Baumart in- und ausländische Herkunftsregionen innerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes bestimmt, die den Gradienten der klimatischen Wasserbilanz breit abdecken. Während inländische Herkunftsregionen möglichst den gesamten inländischen Klimagradienten mit sämtlichen biogeografischen Regionen und Höhenstufen umfassen sollten, wurden ausländische Herkunftsregionen vor allem im Bereich zwischen dem in der Schweiz herrschenden Klima und dem warm-trockenen Rand der Artverbreitung gesucht. In einem zweiten Schritt wurden die inländischen Provenienzen innerhalb dieser Herkunftsregionen in Zusammenarbeit mit den kantonalen und einigen privaten Forstbaumschulen ausgewählt. Geeignete ausländische Provenienzen wurden über eine artspezifische Literaturrecherche vorausgewählt, worauf Kontaktpersonen aus der Forschung, ausländische Saatgutkoordinatoren (EUFORGEN), weitere aus der Literatur identifizierte Ansprechpersonen und Saatguthändler angefragt wurden. Während die Auswahl der inländischen Provenienzen im Herbst 2018 weitgehend abgeschlossen und das Saatgut bzw. die Setzlinge für die Anzucht reserviert waren, zog sich die Wahl der ausländischen Provenienzen bis ins Frühjahr 2019 hin und ist für einige Arten und Nachlieferungen immer noch am Laufen. Das erste Saatgut für die Pflanzungen im Jahr 2020 wurde im Herbst 2018 ausgesät. Die meisten Arten sind bei Emme Forstbaumschulen AG in Anzucht. Zur Anzucht von *Quercus cerris* wurde die kantonale Forstbaumschule „Vivaio Lattecaldo“ im Tessin beauftragt und *Sorbus torminalis* sowie die ausländischen *Pinus sylvestris*-Provenienzen werden vom WSL-Versuchsgarten angezogen.

1 Einleitung

1.1 Projektziele

Die Klimaänderung hat Auswirkungen auf den Wald, insbesondere auf die klimatische Eignung der Baumarten auf ihren heutigen Standorten, was zukünftige Waldleistungen beeinflussen wird. So werden auf vielen Waldstandorten unter den klimatischen Bedingungen, welche gegen Ende des 21. Jahrhunderts erwartet werden, andere Baumarten besser wachsen als die, welche heute dort gedeihen. Im Projekt «Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten» wird das Potenzial von 18 Baumarten und jeweils 7 Provenienzen pro Baumart in verschiedenen biogeografischen Regionen und auf verschiedenen Höhenstufen getestet, mit dem Ziel, Erkenntnisse aus dem Programm «Wald und Klimawandel» zu prüfen, Beiträge zu Baumartenempfehlungen für die Praxis zu erarbeiten und eine langfristige Infrastruktur an koordinierten Testpflanzungen in der ganzen Schweiz für die praxisnahe Forschung aufzubauen.

Da das Hauptinteresse des Projekts im Baumartenvergleich liegt, werden viele Baumarten, aber jeweils nur wenige Provenienzen getestet. Die gewählten 18 Baumarten sind in Frei *et al.* (2018) beschrieben. Eigentliche Provenienzempfehlungen sind nicht das Ziel dieses Versuchs, denn dazu müssten mind. 20 Provenienzen pro Baumart getestet werden (König 2005). Dies ist angesichts der Platzbeschränkungen in den Versuchsflächen nicht möglich. Mit einer kleinen Anzahl Provenienzen ist es immerhin möglich, Hinweise auf die herkunftsbedingte Variabilität innerhalb der Baumart zu erhalten, wenn die Provenienzen den Klimagradienten der Vorkommen und allenfalls unterschiedliche Refugialgebiete gut repräsentieren.

1.2 Aufbau dieses Berichts

Dieser Bericht orientiert die Projektpartner über das Vorgehen bei der Provenienzwahl, den Ablauf der Saat- und Pflanzgutbeschaffung und präsentiert die für die Testpflanzungen im fixen Design ausgewählten Provenienzen, welche nun in Forstbaumschulen angezogen werden. Im Kapitel *Grundsätze der Provenienzwahl* werden die Auswahlkritierien vorgestellt, welche zur Provenienzwahl beigezogen wurden. Im Kapitel *Vorgehen bei der Provenienzwahl* wird die Auswahl von Herkunftsregionen, die Wahl geeigneter Provenienzen innerhalb dieser Regionen sowie der Ablauf der Saat- und Pflanzgutbeschaffung erläutert. Im Kapitel *Ausgewählte Provenienzen* wird die Auswahl der inländischen und ausländischen Provenienzen für jede Baumart erläutert. Ergänzend zum Bericht enthält die Tabelle „Provenienzen_Testpflanzungen.xlsx“ detaillierte Informationen zu den einzelnen Provenienzen.

2 Grundsätze der Provenienzwahl

Ausgangsbasis für die Provenienzwahl war ein Austausch mit Forschenden und PraxisvertreterInnen (Workshop vom 07.02.2018), bei dem folgende Grundsätze festgelegt wurden:

- Die Provenienzen sollen die innerartliche genetische Variation breit abdecken. Dies sollte dadurch erreicht werden, dass die Provenienzen grosse Bereiche der Umweltgradienten im Verbreitungsgebiet jeder Baumart abdecken (z.B. sehr trockene, mittlere und feuchte Standorte). Der abgedeckte Gradient sollte dabei bei jeder Baumart vom Klima der Schweiz bis zu den warm-trockenen Grenzen des Verbreitungsgebietes reichen, auf die Auswahl von Provenienzen aus allzu marginalen Gebieten soll jedoch verzichtet werden. Zudem sollten bei der Provenienzwahl verschiedene Refugialgebiete berücksichtigt werden.
- Die Anzahl der zu testenden Provenienzen pro Baumart wurde auf 7 festgelegt. Pro Versuchsfläche werden aber jeweils nur 4 der 7 Provenienzen jeder Baumart getestet. Während eine Provenienz als Referenz-Provenienz auf allen Versuchsflächen getestet wird, auf denen die jeweilige Baumart vorkommt, werden jeder Versuchsfläche 3 der übrigen 6 Provenienzen zufällig zugeteilt. Jede dieser 6 Provenienzen kommt somit nur in der Hälfte der Versuchsflächen einer Baumart vor. Dieser Kompromiss ermöglicht, die herkunftsbedingte Variabilität innerhalb der Baumart relativ breit abzudecken, ohne den Flächenbedarf pro Versuchsfläche zu vergrössern. Für die einzelnen Provenienzen reduziert sich allerdings die statistische Aussagekraft.
- Die im Versuch berücksichtigten Provenienzen sollten autochthon sein, um bei der Auswertung Klima-Umweltbeziehungen überprüfen zu können. Nur bei autochthonen Provienzen kann davon ausgegangen werden, dass sie an die lokalen Klimabedingungen gut angepasst sind.
- Wenn möglich sollten Provenienzen aus nach OECD-Richtlinien zertifizierten Samenerntebeständen ausgewählt werden. Dies erhöht die Chancen, qualitativ hochstehendes Saatgut zu erhalten.
- Wo möglich sollten bekannte Provenienzen berücksichtigt werden, die bereits forstlich angebaut und/oder wissenschaftlich untersucht wurden. Dies schafft die Möglichkeit, die späteren Versuchsergebnisse mit bereits publizierten zu vergleichen.

Die sich daraus ergebenden praktischen Folgerungen für die Provenienzwahl waren:

- Es sollten in- und ausländische Provenienzen berücksichtigt werden. Da angenommen werden kann, dass Schweizer Populationen an die Charaktistiken des Schweizer Klimas angepasst sind und dies grundsätzlich auch mit fortschreitendem Klimawandel bleiben, sollten bei in der Schweiz verbreiteten Baumarten 4-6 der Provenienzen aus der Schweiz stammen, die übrigen aus dem Ausland. Bei in der Schweiz weniger verbreiteten Baumarten (z.B. *Sorbus torminalis*) sollten mehr Provenienzen aus dem Ausland stammen.
- Die Schweizer Provenienzen sollten die ganze klimatische Bandbreite der Verbreitung in der Schweiz abbilden. Konkret bedeutet dies, dass möglichst alle biogeografischen Regionen und Höhenlagen berücksichtigt werden sollten.

- Die ausländischen Provenienzen sollten vor allem warm-trockene Gebiete der Artverbreitung repräsentieren (Ausnahme: gebietsfremde Baumarten ohne autochthone Vorkommen in der Schweiz. Dort sollten die gewählten Provenienzen die ganze Verbreitung der Baumart abdecken.)
- Die gewählten Samenerntebestände sollten möglichst gross sein und genügend weit voneinander entfernt liegen (rund 50 km Minimaldistanz). Saatgut sollte von mindestens 10 Samenbäumen pro Provenienz stammen (die Anzahl beernteter Samenbäume kann allerdings in der Praxis meist nicht überprüft werden).
- Bei Schweizer Provenienzen sollte das Vermehrungsgut aus Samenerntebeständen stammen, die im Nationalen Kataster der Samenerntebestände (NKS) enthalten sind (BAFU 2019), wenn möglich von ausgewählten, mindestens aber von quellengesicherten NKS-Samenerntebeständen[1].
- Für mögliche Ausfälle in der Anzuchtphase braucht es zusätzliches Vermehrungsgut, das als Reserve verwendet werden kann. Daher wird einerseits ca. 20% mehr Saat- und Pflanzgut angezogen als benötigt und andererseits wird Vermehrungsgut von zusätzlichen Provenienzen beschafft für den Fall, dass eine andere Provenienz ganz ausfällt. Daher werden pro Baumart 8 bis 9 Provenienzen angezogen. Vor der Auspflanzung ist zu entscheiden, welche der 7 Provenienzen im Experiment verwendet werden.
- Auf die Verwendung von Einzelbaumabsaaten, was quantitativ genetische Untersuchungen ermöglicht hätte, wurde verzichtet. Die Saatgutbeschaffung hätte von Grund auf organisiert und es hätten Einzelbäume beerntet werden müssen, was den finanziellen Rahmen des Projekts gesprengt und die Pflanzenproduktion um mindestens zwei Jahre verzögert hätte.

3 Vorgehen bei der Provenienzwahl

Nach Festlegung der Grundsätze der Provenienzwahl beim erwähnten Workshop im Februar 2018 wurde unter Einbezug von Expertenmeinungen eine Kenngrösse zur Charakterisierung der Klimagradienten bestimmt. Im Frühjahr und Sommer 2018 wurden dann mögliche Herkunftsregionen[2] entlang dieser Klimagradienten im In- und Ausland für jede Baumart bestimmt. Innerhalb dieser Regionen wurden dann Provenienzen ausgewählt und danach die Beschaffung von Saat- und Pflanzgut angegangen.

3.1 Auswahl von Herkunftsregionen entlang eines Klimagradienten

Da das Klima eines Standorts durch zahlreiche Faktoren charakterisiert ist, wurde eine Kenngrösse gesucht, mittels derer sich diese Komplexität reduzieren lässt. Idealerweise sollte das Klima durch eine einzige für das Baumwachstum relevante Kenngrösse beschrieben werden, die für ganz Europa (bzw. zur Auswahl von Douglasienprovenienzen auch für Nordamerika) räumlich hoch aufgelöst verfügbar ist. Die Kenngrösse sollte die für das Baumwachstum wichtigsten Parameter Temperatur und Trockenheit integrieren. Aufgrund einer Recherche nach Klimaparametern (siehe Anhang 1A) wurde die klimatische Wasserbilanz (KWB) ausgewählt, unter Einbezug einer Expertenmeinung (Besprechung mit Nick Zimmermann, WSL am 19.02.2019, siehe Anhang 1B). Die KWB ist die Differenz zwischen Niederschlag und potentieller Evapotranspiration, die aus Temperatur und Strahlungsdaten näherungsweise berechnet werden kann. Die KWB ist ein Mass für das Wasserangebot eines Standorts. Dieses Angebot wiederum beeinflusst die Artzusammensetzung von Wäldern sowie die Wuchsleistung und das Gedeihen von Waldbäumen. Eine negative KWB in einer bestimmten Zeitperiodebedeutet, dass die Verdunstung den Niederschlag übertrifft, was auf eine Trockenheitsperiode mit Wassermangel hinweist. Umgekehrt steht bei einer positiven KWB überschüssige Feuchtigkeit zur Verfügung. Mit diesem Ansatz wird darauf verzichtet, Bodeneigenschaften einzubeziehen, weil Bodeninformationen nur sehr lückenhaft verfügbar sind und es kaum Hinweise gibt, dass sich Baumpopulationen an die Variation der

[1] Ausgewählt = Samenerntebestände, die gemäss OECD-Vorgaben (Stammform, Holzqualität, Wuchsleistung, Gesundheitszustand, Populationsgrösse und weitere Kriterien) vom BAFU als ausgewählt eingestuft wurden. Quellengesichert = Samenerntebestände, von denen die folgenden minimalen Angaben zur Herkunft bekannt sind: Baumart, Gemeinde, Waldort, Grössenlage und Exposition.

[2] Provenienzregion (Synonym Herkunftsregion) = geografischer Raum mit ähnlichen ökologischen Bedingungen, wo Wald- und Samenerntebestände ähnliche phänotypische und genetische Merkmale aufweisen (gemäss OECD-Richtlinien für forstliches Vermehrungsgut). Der in diesem Bericht verwendete Begriff für das Vorgehen bei der Provenienzwahl definiert Herkunftsregion jedoch nur als Raum mit ähnlichen Klimabedingungen (KWB-Werten).

Bodeneigenschaften genetisch anpassen; der genetische Austausch verwischt die allfällige lokale Anpassung in jeder Generation wieder (Rohmeder & Schönbach 1959). Die KWB für die Wachstumsperiode (definiert als Monate mit einer Monatsmitteltemperatur > 5°C) wurde mit einer Auflösung von einem Quadratkilometer (1 km x 1 km Raster) je separat für die Schweiz, für Europa und für Nordamerika (autochthones Verbreitungsgebiet von *Pseudotsuga menziesii*) auf der Basis von gerasterten Niederschlags- und Temperaturdaten von CHELSA (Karger *et al.* 2017) sowie von Strahlungsdaten von WorldClim (Fick *et al.* 2017) in R Version 3.5.0 berechnet (R Core Team 2018) und anschliessend in ArcGIS visualisiert (Abbildung 1). Einzelheiten der Berechnung sind im Anhang 2 beschrieben.

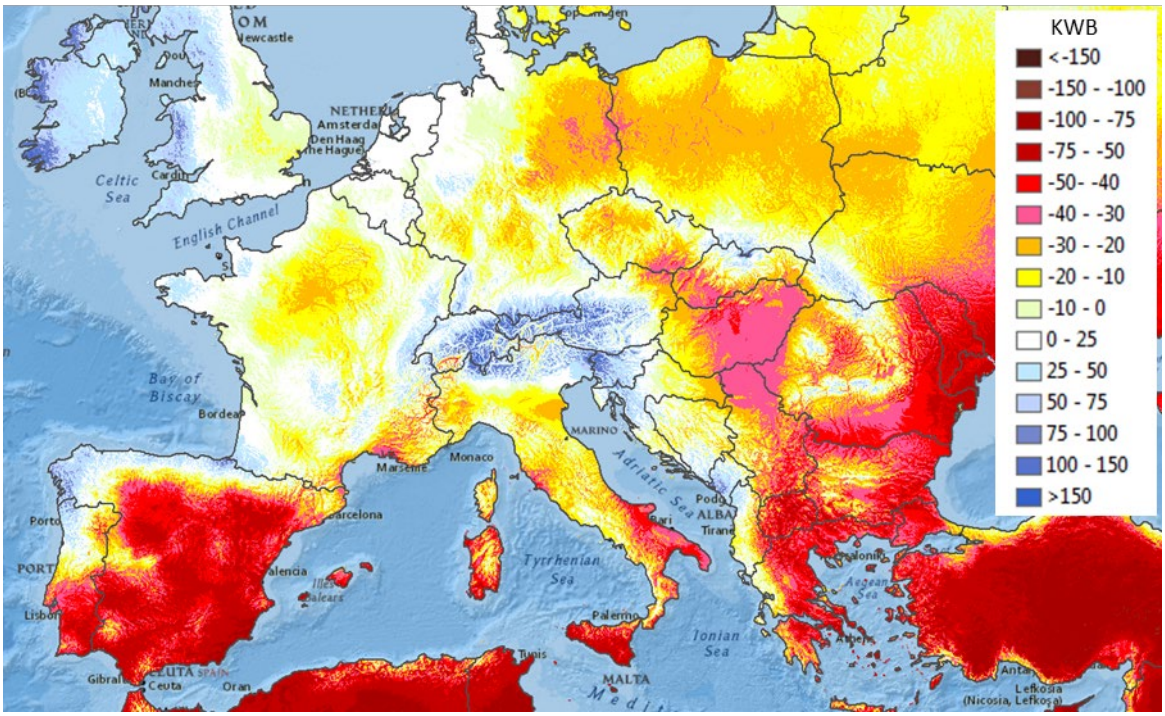

Abbildung 1. Mittlere Klimatische Wasserbilanz (KWB) während der Wachstumsperiode für Mittel- und Südeuropa

Zur Identifikation von potentiellen Herkunftsregionen wurde die KWB-Karte mit den Verbreitungskarten der Baumarten von EURFORGEN (EUFORGEN 2019) bzw. aus dem European Atlas of Forest Tree Species (de Rigo *et al.* 2016) verschnitten, soweit solche Karten verfügbar waren. Die daraus erzeugten Karten zeigen die Artverbreitung eingefärbt mit der jeweils lokal herrschenden KWB, womit sich auf einfache Weise Herkunftsregionen identifizieren lassen, die in einem gewünschten KWB-Bereich liegen und wo gleichzeitig die gesuchte Baumart vorkommt.

Bei Baumarten, die in der Schweiz weit verbreitet sind, wie z.B. *Abies alba*, sollten die inländischen Herkunftsregionen einen grösseren Bereich des Klimagradienten abdecken (mittlere bis tiefe KWB-Werte) und damit verschiedene biogeografische Regionen und Höhenstufen umfassen. Die ausländischen Herkunftsregionen wurden so gewählt, dass sie vor allem den warm-trockenen Rand der Artverbreitung abdecken (tiefe KWB-Werte) und wenn vorhanden verschiedene Glazialrefugien repräsentieren. Bei Baumarten, die in der Schweiz wenig verbreitet sind, wie z.B. *Acer opalus*, sollten die ausländischen Herkunftsregionen einen grösseren Bereich des Klimagradienten abdecken und neben dem warm-trockenen Rand auch das Zentrum der Artverbreitung umfassen.

3.2 Auswahl der Provenienzen innerhalb der Herkunftsregionen

Für die Auswahl der inländischen Provenienzen innerhalb jeder Herkunftsregion wurde auf das Nationale Kataster der Samenerntebestände (NKS) zurückgegriffen (BAFU 2019). In diesem Verzeichnis sind fast alle bekannten Samenerntebestände in der Schweiz für alle wichtigen Baumarten aufgelistet. Für einige Kantone, die

das NKS wenig nutzen und darin nur wenige Samenerntebestände erfasst haben, wurden zusätzlich Angaben aus dem kantonalen Verzeichnis der Samenerntebestände berücksichtigt (z.B. Graubünden, Tessin). Für jede Baumart wurden dann auf einer GIS-Karte die im NKS und in den kantonalen Katastern aufgeführten Provenienzen einer Karte der KWB für das Gebiet der Schweiz überlagert. Dies ergab einen Überblick über die Verteilung der Provenienzen in den verschiedenen klimatischen Bereichen im Verbreitungsgebiet einer Art innerhalb der Schweiz.

Die Suche nach geeigneten ausländischen Provenienzen basierte auf einer Literaturrecherche nach artspezifischer Provenienzforschung (siehe Kapitel «Ausgewählte Provenienzen»). Anschliessend und parallel dazu wurden Kontakte zu Forschenden aktiviert sowie nationale Saatgutkoordinatoren (EUFORGEN) und in der Literatur identifizierte Ansprechpersonen und Saatguthändler angefragt.

3.3 Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Nachdem für jede Baumart Herkunftsregionen und potenzielle Provenienzen bestimmt worden waren, wurde die Verfügbarkeit von Saat- und Pflanzgut abgeklärt. Anschliessend wurde das verfügbare Vermehrungsgut beschafft, beziehungsweise nach Alternativprovenienzen gesucht und in Einzelfällen die Beerntung von Saatgut von Provenienzen in Auftrag gegeben. Für die meisten Arten wurde dabei Saatgut beschafft. Nur für die sehr langsam wachsenden Nadelgehölze *Abies alba* und *Picea abies* wurden, wenn möglich, einjährige Sämlinge erworben.

Inländische Provenienzen

Die inländischen Provenienzen wurden in Zusammenarbeit mit den kantonalen und privaten Forstbaumschulen beschafft. An einer Samenernte-Koordinationssitzung der Schweizer Forstbaumschulen vom 31.08.2018 an der WSL wurde den Vertretern der Forstbaumschulen eine Liste der gewünschten Schweizer Herkunftsregionen mit den dazugehörigen GIS-Karten mit überlagerten Samenerntebeständen für jede Baumart vorgelegt. Aufgrund dieser Liste meldeten die Forstbaumschulen dem Projektteam im Herbst 2018 das bei Ihnen verfügbare Saat- und Pflanzgut. Dabei wurde Saatgut von 211 Provenienzen gemeldet. Aus den eingegangenen Meldungen wählte das Projektteam aufgrund der in Kapitel 2 genannten Kriterien die 72 Schweizer Provenienzen für das Experiment aus. Für einige Provenienzen, die bei den Forstbaumschulen nicht verfügbar waren, wurde im Herbst 2018 eine Samenernte durch die Forstbaumschule Emme oder durch die WSL durchgeführt.

Ausländische Provenienzen

Aufgrund der Rückmeldungen der kontaktierten Stellen im Ausland wurden für die Testpflanzungen geeignete Provenienzen ausgewählt und bei den jeweiligen Anbietern bestellt. Es wurde angestrebt, möglichst Saatgut gemäss OECD-Richtlinien zu beschaffen. Allerdings war das nicht bei allen Baumarten bzw. in allen Ländern möglich.

Für die Einfuhr jeder ausländischen Provenienz wurde bei der Kontrollstelle für forstliches Vermehrungsgut des BAFU (Ernst Fürst) eine Einfuhrbewilligung für die Schweiz beantragt. Diese Bewilligung musste zusammen mit den Ursprungsdokumenten der Sendung beiliegen, damit der Schweizer Zoll die Einfuhr zuliess. Saatgut von *Pinus sylvestris* aus Spanien, Bulgarien und der Türkei sowie Saatgut von *Pseudotsuga menziesii* aus den USA wurde von Phytopathologen an der WSL auf Befall von *Fusarium circinatum* (*Gibberella*) getestet. Diese beiden Baumarten können potentiell mit dem Breitbandspektrum-Pathogen *Fusarium circinatum* infiziert sein, welches Pechkrebs verursacht. Auf die Verwendung von *P. menziesii* Provenienzen aus Oregon und Kalifornien wurde schliesslich wegen der Einschleppungsrisiken verzichtet (siehe Anhang 3).

Stand der Beschaffung

Während die Auswahl der einheimischen Provenienzen im Herbst 2018 weitgehend abgeschlossen war und die Setzlinge bzw. das Saatgut für die Anzucht reserviert waren, zog sich die Provenienzwahl für die ausländischen Provenienzen bis ins Frühjahr 2019 hin und ist für einige Arten und Nachlieferungen noch immer im Gang.

Bis November 2019 wurden 57 ausländische und 72 inländische Provenienzen beschafft. Weiter wurde Saat- und Pflanzgut von 10 ausländischen und 2 inländischen Provenienzen angefragt.

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Anzahl ausländische und inländische Provenienzen in Anzucht sowie die angefragten Provenienzen. Die geografische Lage der Provenienzen in Europa ist in Abbildung 2 dargestellt, Abbildung 3 zeigt einen vergrösserten Kartenausschnitt mit den inländischen Provenienzen. Anhang 4 enthält eine Liste der ausgewählten Provenienzen.

Tabelle 1: Stand der Saat- und Pflanzgutbeschaffung (November 2019)

Baumart	Ausländische Provenienzen in Anzucht	Inländische Provenienzen in Anzucht	Ausländische Provenienzen angefragt	Inländische Provenienzen angefragt	Total
Abies alba	1	7	0	0	8
Acer opalus	2	3	1	0	6
Acer platanoides	4	4	0	0	8
Acer pseudoplatanus	4	7	0	0	11
Cedrus atlantica	5	0	0	0	5
Corylus colurna	2	0	3	0	5
Fagus sylvatica	3	6	2	0	11
Juglans regia	4	2	2	0	8
Larix decidua	3	5	0	0	8
Picea abies	1	7	0	0	8
Pinus sylvestris	4	5	0	0	9
Prunus avium	4	3	0	1	8
Pseudotsuga menziesii	4	4	0	0	8
Quercus cerris	4	2	0	0	6
Quercus petraea	3	5	0	1	9
Quercus robur	3	5	0	0	8
Sorbus torminalis	4	3	1	0	8
Tilia cordata	2	4	1	0	7
Summe	57	72	10	2	141

Bei 4 Baumarten liegt die Zahl der Provenienzen unter den 7 angestrebten Provenienzen pro Baumart. Es handelt sich um *Cedrus atlantica* und *Corylus colurna* (je 5 Provenienzen) sowie *Acer opalus* und *Quercus cerris* (je 6 Provenienzen). Es gelang bei diesen Baumarten nicht, genügend Provenienzen zu finden, wobei auf Reisen in potenzielle Herkunftsländer verzichtet wurde. Da auf jeder Versuchsfläche ohnehin nur 4 Provenienzen angepflanzt werden sollen, führt das Fehlen von 3 Herkünften nicht zu Leerstellen in der Pflanzung. In diesen Fällen werden die vier ausgewählten Provenienzen pro Baumart auf allen Versuchsflächen der jeweiligen Baumart ausgepflanzt und getestet.

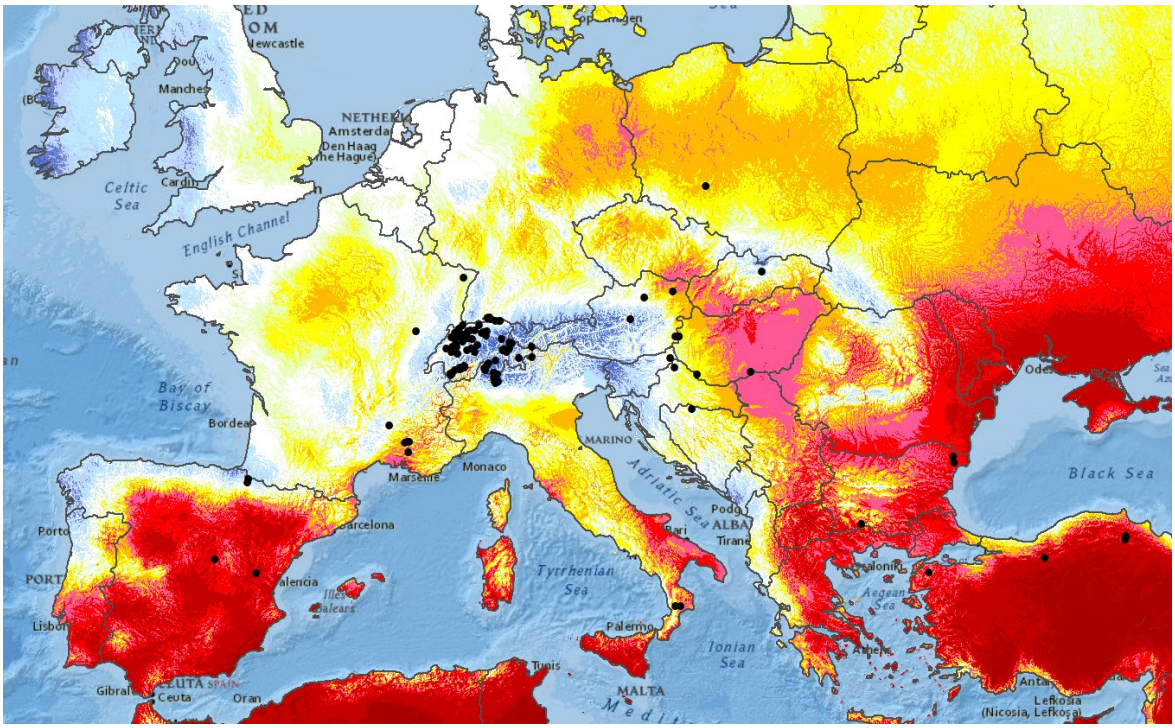

Abbildung 2. Gewählte ausländische Provenienzen aus Europa (schwarze Punkte) und klimatische Wasserbilanz (Farbskala siehe Abbildung 1).

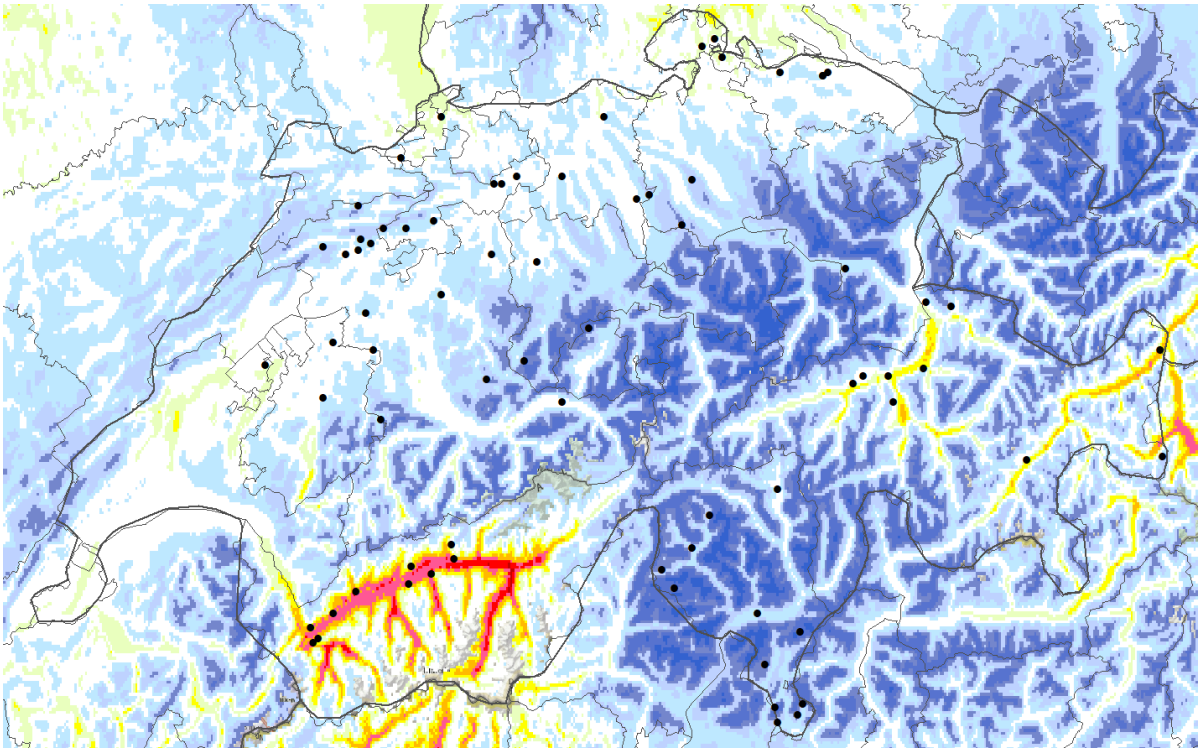

Abbildung 3. Gewählte inländische Provenienzen (schwarze Punkte) und klimatische Wasserbilanz (Farbskala siehe Abbildung 1).

3.4 Pflanzenanzucht

Die Pflanzen möglichst vieler Baumarten und Provenienzen werden in einer einzigen Forstbaumschule angezogen. Die Anzucht aller Baumarten unter gleichen Bedingungen ist aus wissenschaftlichen Gründen optimal, da dies gewährleistet, dass alle Pflanzen denselben Versuchsstart haben («common garden»-Bedingungen) und Unterschiede aufgrund unterschiedlicher Anzuchtbedingungen vermieden werden können. Für die grosse Mehrheit der Baumarten wurde die Emme-Forstbaumschulen AG mit der Aufzucht beauftragt, weil diese viele der ausgewählten Provenienzen im Sortiment führt, einige der ausgewählten Spezialprovenienzen beerntet hat und über genügend Kapazitäten verfügt. Ausnahmen bilden *Quercus cerris* und *Sorbus torminalis*, die bei der kantonalen Forstbaumschule im Tessin (Vivaio Lattecaldo) bzw. vom Versuchsgarten der WSL angezogen werden. Dabei waren vor allem die anspruchsvolle Anzucht und die entsprechende Anzuchterfahrung ausschlaggebend. Ausserdem werden alle ausländischen *Pinus sylvestris* Provenienzen an der WSL angezogen, da sie aus phytosanitären Gründen intensiv beobachtet werden müssen.

Die Pflanzen werden in drei Tranchen entsprechend den drei geplanten Auspflanzjahren angezogen. So steht jeweils im Herbst 2020, 2021 und 2022 die benötigte Anzahl an Setzlingen jeder Provenienz im gleichen Sortiment für die Auspflanzung zur Verfügung. Im Normalfall wird daher pro Jahr jeweils nur ein Drittel der Gesamtmenge an Samen pro Provenienz ausgesät. Lagerfähiges Saatgut wird als Gesamtmenge besorgt und bei derjenigen Forstbaumschule gelagert, wo die entsprechende Baumart angezogen wird. Nicht-lagerfähiges Saatgut (z.B. *Quercus* sp.) wird soweit möglich in drei Tranchen beschafft und angezogen. Wegen der aufwändigen Beschaffung und der Ungewissheit über die Saatgutverfügbarkeit in den kommenden Jahren wurde versucht, von nicht-lagerfähigem Saatgut zwei Tranchen in einem Jahr zu beschaffen und auszusäen, um so – in unterschiedlichen Altersklassen – ebenfalls drei Tranchen an Sämlingen zur Auspflanzung zu Verfügung zu haben.

4 Ausgewählte Provenienzen

In diesem Kapitel wird die Auswahl der inländischen und ausländischen Provenienzen für jede Baumart erläutert. Das Kapitel ist nach Baumarten gegliedert und innerhalb jeder Baumart in vier Unterkapitel unterteilt. Das Unterkapitel «Verbreitung und genetische Variabilität» enthält Informationen aus der Literatur über die Artverbreitung und die genetische Variabilität der Art. Im Unterkapitel «Gewählte inländische Herkunftsregionen» wird die Auswahl der inländischen Herkunftsregionen erläutert, wobei die vorgeschlagenen Herkunftsregionen in einer Tabelle aufgelistet werden. In dieser Tabelle sind zusätzlich der in dieser Region herrschende KWB-Bereich und der gewünschte Höhenbereich angegeben. Höhenbereiche wurden so gewählt, dass mit den inländischen Provenienzen sowohl Tief- als auch Hochlagen abgedeckt werden können. Im Unterkapitel «Gewählte ausländische Herkunftsregionen» wird die Auswahl der ausländischen Herkunftsregionen erläutert, wobei in einer Tabelle für jede vorgeschlagene Herkunftsregion der dort herrschende KWB-Bereich angegeben wird. Zuletzt werden im Unterkapital «Saat- und Pflanzgutbeschaffung» das konkrete Vorgehen und der aktuelle Stand bei der Beschaffung des Vermehrungsguts beschrieben.

4.1 Abies alba

Verbreitung und genetische Variabilität

Abies alba ist eine weitverbreitete Baumart in Zentraleuropa und in Teilen Süd- und Osteuropas, die einen grossen Höhenbereich abdeckt (ca. 500 – 2000 m ü. M.) mit Verbreitungsschwerpunkt in montanen und subalpinen Lagen. In der unter- und obermontanen Stufe bildet sie Mischbestände mit Buche, in der hochmontanen Stufe Mischbestände mit Fichte und in der subalpinen Stufe der Südalpen kann sie auch Reinbestände bilden (Muller *et al.* 2007). Die vier Glazialrefugien dieser Art befanden sich im südlichen Balkan und Griechenland, im nördlichen Apennin, in den Pyrenäen und im südlichen Italien (Cheddadi *et al.* 2014; Terhürne-Berson *et al.* 2004; Konnert & Bergmann, 1995).

Unter anderem als Folge der nacheiszeitlichen Rückwanderungsgeschichte weist *A. alba* eine ausgeprägte kleinräumige genetische Differenzierung auf (Konnert & Schirmer 2011). Zahlreiche Studien über die genetische Variation und Differenzierung im gesamten europäischen Verbreitungsgebiet zeigen die genetischen Besonderheiten der Weisstanne auf (z.B. Bergmann *et al.* 1990; Breitenbach-Dorfer *et al.* 1992; Konnert &

Bergmann 1995; Hussendörfer 1997). So hängen die arealspezifischen Genvarianten, welche nur in bestimmten Regionen vorkommen, häufig mit der Refugialgeschichte zusammen, ebenso wie die zu- bzw. abnehmenden Häufigkeiten bestimmter Genvarianten mit der geografischen Länge und/oder Breite. Letzteres bezieht sich auch auf die regionalen Unterschiede in der genetischen Diversität der Populationen. Im zentraleuropäischen Hauptverbreitungsgebiet der Tanne ist die genetische Differenzierung deutlich geringer als in kleineren Randvorkommen und durch Pflanzungen anthropogen beeinflusst (Konnert & Schirmer 2011). Bestätigt werden diese Resultate durch eine neuere experimentelle genökologische Studie, die nur geringe phänotypische Differenzierung zwischen 90 Schweizer Tannenprovenienzen, jedoch eine hohe phänotypische Variation innerhalb der Provenienzen fand, was darauf hinweist, dass die Weisstanne ein «adaptiver Generalist» ist, der sich wohl gut an ein warmes und trockeneres Klima anpassen kann (Frank *et al.* 2017).

Mittels Provenienzversuchen kann die phänotypische Reaktion von Provenienzen auf unterschiedliche Umweltbedingungen geprüft werden. Einerseits kann die phänotypische Antwort einer Herkunft auf unterschiedlichen Testflächen mit unterschiedlichen Umweltbedingungen als simulierte Antwort auf sich ändernde Bedingungen angesehen werden, andererseits zeigen Versuche mit mehreren Testflächen, wie gross die Plastizität (phänotypische Anpassungsspanne) von Herkünften ist (Matyas *et al.* 2009; Konnert & Schirmer 2011). Ein erster wichtiger Provenienzversuch mit *A. alba* wurde 1935 und 1936 in Dänemark ausserhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets angelegt. Auf 7 Versuchsflächen wurden 20 verschiedene Provenienzen getestet, die das ganze Verbreitungsgebiet (d.h. alle Refugialgebiete) sowie eine nicht-autochthone Provenienz aus Dänemark umfassen. Eine Zuwachsanalyse nach 35 Jahren ergab, dass die kalabrischen Provenienzen sowie die rumänische Provenienz die übrigen Provenienzen weit überragen (Larsen 1981). Im Jahr 1967 wurde bei Wien ein Herkunftsversuch mit 19 Weisstannenprovenienzen und mit je einer Provenienz von Tannenarten aus dem Mittelmehrraum angelegt (Mayer *et al.* 1980). Hier wuchsen die kalabrische Herkunft nach 12 Jahren am schnellsten, gefolgt von osteuropäischen, jugoslawischen und polnischen Herkünften und teilweise auch solchen aus den Nordalpen. Als Reaktion auf die 1970er Jahren immer häufiger auftretenden Schäden an einheimischen Weisstannen in Mitteleuropa («Tannensterben») wurden in den 1980er Jahren die internationalen IUFRO Tannenprovenienzversuche angelegt mit 11 Provenienzen aus Zentral- und Südeuropa, welche auf 27 Standorten in sieben Ländern angebaut wurden, unter anderem auch in der Schweiz (Kramer 1980; Wolf 1994; Commarmot 1995). In Süddeutschland wurden dabei auf 16 Versuchsflächen 42 deutsche und 17 europäische Provenienzen angebaut (Rütz *et al.* 1998; Wolf 1994). Die geringste Mortalität und höchste Wuchsleistung zeigen Herkünfte aus Rumänien und der Slowakei, die aus dem Refugialgebiet östlicher Balkan stammen, während Provenienzen aus Süd- und Westeuropa schwächer wuchsen und frostgefährdet sind (Konnert & Schirmer 2011). Im Jahr 2005 wurden dann die zweiten internationalen IUFRO-Provenienzversuche mit *A. alba* angelegt mit fünf verschiedenen Versuchsflächen und 17 Provenienzen, um mehr Informationen über die Variation in südosteuropäischen Provenienzen zu erhalten (Tabel 2000). Bis jetzt gibt es keine Gesamtanalyse und Synthese der Ergebnisse der IUFRO-Versuche, sondern nur Einzelauswertungen (Kapeller *et al.* 2012), die zum Teil ähnliche Ergebnisse zeigen wie der süddeutsche Provenienzversuch (Konnert & Schirmer 2011).

Allerdings sollten die Ergebnisse dieser Provenienzversuche aufgrund der kurzen Versuchsdauer mit Vorsicht bewertet werden. Obschon Provenienzen aus warmen und trockenen Regionen Süd- und Westeuropas in den neueren Provenienzversuchen insgesamt nicht so gut abschnitten, sind sie hinsichtlich des Klimawandels interessant. Ebenso sollte ein Augenmerk auf die sogenannten «Trockentannen» geworfen werden, d.h. marginale Provenienzen am Rande des trocken-subkontinentalen Alpeninneren, wie dem Wallis oder Vinschgau, die eine grosse genetische Diversität aufweisen (Hussendörfer 1997). Auf einigen Versuchsflächen des süddeutschen und der IUFRO-Provenienzversuche erzielten sie vergleichbare bis bessere Wuchsleistungen als lokale Provenienzen (Commarmot 1995, 1997; Konnert & Schirmer 2011).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Da *Abies alba* in der Schweiz weitverbreitet ist und breite Klimagradienten abdeckt (KWB-Range: < -50 – 175), wurde entschieden, vier bis fünf inländische Provenienzen zu verwenden. Die gewählten Herkunftsregionen sollen verschiedene biogeografische Regionen und Höhenstufen abdecken und dadurch unterschiedliche KWB-Bereiche repräsentieren (z.B. warm-trockene Tieflagenprovenienz aus dem Wallis («Trockentanne») bis feucht-kalte Hochlagenprovenienz aus den nördlichen Voralpen).

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Wallis	1000	1400	x	x	x	x	x	x	x			
2. Rheintal	400	800				x	x	x	x	x		
3. Jura Hochlagen	700	1300						x	x	x		
4. Mittelland Tieflagen	400	600						x	x	x		
5. Voralpen Hochlagen	1000	1800							x	x	x	x
6. Tessin	700	1300							x	x	x	x

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Die inländischen Provenienzen sollen durch wenige ausländische Provenienzen sollen aus warm-trockenen Regionen innerhalb des natürlichen Areals ergänzt werden. Diese sollen möglichst aus verschiedenen Glazialrefugien stammen. So werden folgende warm-trockene Herkunftsregionen definiert: Bulgarien, Mazedonien, Griechenland, Rumänien (südöstliche Verbreitungsgrenze) und Polen, Tschechien, Slowakei, Niederösterreich (östliche Verbreitungsgrenze). Provenienzen aus diesen Regionen entstammen dem Balkan-Glazialrefugium. Weiter wurden Kalabrien (südliche Verbreitungsgrenze, süditalienisches Glazialrefugium), Pyrenäen (südwestliche Verbreitungsgrenze, pyrenäisches Glazialrefugium) und Norditalien bzw. Südfrankreich (apenninisches Glazialrefugium) als Herkunftsregionen vorgeschlagen.

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Bulgarien, Griechenland, Mazedonien	x	x	x	x	x	x	x				
2.Rumänien		(x)	x	x	x	x	x				
3. Süditalien (Kalabrien)		(x)	x	x	x	x	x				
4. Frankreich, Spanien (Pyrenäen)			(x)	x	x	x	x				
5. Frankreich (Zentralmassiv, Alpes maritimes)		(x)	x	x	x	x	x				
6. Mittelitalien			(x)	x	x	x	x				
7. Tschechien, Slowakei, Polen, Niederösterreich			(x)	x	x	x	x				

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Aus den vorgeschlagenen sechs inländischen Herkunftsregionen konnte schliesslich Pflanzgut von sieben NKS-Provenienzen beschafft werden aus dem Wallis (Ochsenboden, Beauregard, Emme[3]), aus dem Rheintal (Känzeli, Chur, Rodels), aus den Jura-Hochlagen (Unterwald, Hägendorf, Emme), aus den Mittelland-Tieflagen (Hunze, Madiswil, Emme), aus den Voralpen-Hochlagen (Wasserfall, Marbach, Emme und Buchschachenboden, Röthenbach i.E., Lobsigen), aus dem Tessin (Piano delle Cascine, Onsernone, Lattecaldo). Aus den vorgeschlagenen ausländischen Herkunftsregionen konnte schliesslich nur Pflanzgut (1-jährige Sämlinge) von einer Provenienz aus Süditalien (Buturo-Taverna, Kalabrien, Allasia)[4] beschafft werden.

4.2 Acer opalus

Verbreitung und genetische Variabilität

Acer opalus ist eine mediterrane Baumart, die in der Regel als Strauch oder kleiner Baum wächst (Stocker 2013). Die Art ist resistent gegen Sommertrockenheit und im natürlichen Areal treten nur selten Schäden durch Winter- oder Spätfrost auf (Roloff *et al.* 2017). Bei *A. opalus* handelt es sich um eine sehr polymorphe Sammelart, die in weiten Teilen der collinen und montanen Stufe in Süd- und Südosteuropa vorkommt (Kunz 1969). In der Schweiz gibt es natürliche Vorkommen von *A. opalus* im Wallis, im Jura und in der Region Basel (Kunz 1969). Es wird angenommen, dass sich *A. opalus* aus Italien nach Frankreich ausgebreitet hat, von dort aus über das Rhonetal die Gegend von Genf erreichte und sich der Rhône nach bis ins Mittelwallis verbreitete, sowie von Frankreich her (Pontarlier) Richtung Jura und die Region Basel (Kunz 1969). Generell ist die Literatur über *A. opalus* eher spärlich und vor allem der Differenzierung in Unterarten gewidmet. Es wurden keine Hinweise auf Herkunftsstudien gefunden. Die Zuordnung zu übergeordneten Taxa wie auch die innerartliche Gliederung wird in der Literatur sehr unterschiedlich dargestellt, aber meist werden mehrere Unterarten beschrieben (Van Gelderen *et al.* 1994). Bei der Auswahl der Provenienzen wurde darauf verzichtet, sich auf eine der Unterarten zu beschränken.

Gewählte inländische Herkunftsregionen

In der Schweiz kommt *A. opalus* nur in den sehr trockenen Regionen Wallis und Jurasüdfuss sowie vereinzelt in der Region Basel vor. Aus diesen 3 Regionen soll je eine Provenienz gewählt werden.

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Wallis	400	1100	x	x	x	x	x	x	x			
2. Region Basel	250	600						x	x			
3. Jurasüdfuss	600	1100							x	x	x	

[3] Die inländischen Provenienzangaben werden folgendermassen aufgeführt: 1. Provenienzbezeichnung, 2. Gemeinde, 3. Lieferant (Provenienzliste, siehe Anhang 4; Liste der Lieferanten, siehe Anhang 5).

[4] Die ausländischen Provenienzangaben werden folgendermassen aufgeführt: 1. Provenienzbezeichnung, 2. Region/Provinz, 3. Lieferant (Provenienzliste, siehe Anhang 4; Liste der Lieferanten, siehe Anhang 5).

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Die drei inländischen Regionen sollen mit 4 – 5 ausländischen Provenienzen ergänzt werden, die das natürliche Areal der Art im Mittelmeerraum widerspiegeln.

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Spanien			(x)	x	x	x	x				
2. Südfrankreich		(x)	x	x	x	x	x				
3. Süditalien inkl. Sizilien		x	x	x	x	x	x				
4. Balkan			(x)	x	x	x	x				
5. Türkei		(x)	x	x	x	x	x				
6. Nord-Griechenland		x	x	x	x	x	x				

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Drei inländische Provenienzen wurden aus dem Wallis (Aven, Conthey, Emme), der Region Basel (Meistelberg, Liesberg, Emme) und vom Jurasüdfuss (Les Ecovots, Plagne, Lobsigen) beschafft. Die Beschaffung von ausländischen Provenienzen gestaltete sich schwierig, weil die Art nur bei wenigen Samenlieferanten im Angebot ist. Es konnten bis anhin je eine Provenienz aus Spanien (Gorraíz de Arce, Pyrenäen, El Serranillo) und Italien (Monte Caprello, Brescia, Peri) beschafft werden. Mindestens zwei Provenienzen fehlen noch.

4.3 Acer platanoides

Verbreitung und genetische Variabilität

Das natürliche Areal von *Acer platanoides* erstreckt sich von Teilen des Balkans über grosse Teile Mitteleuropas bis in die Pyrenäen und nach Südskandinavien. Die östliche Verbreitungsgrenze liegt im Ural (Caudullo & de Rigo 2016). *A. platanoides* hat eine breite ökologische Amplitude. Er hat eine grosse Wuchskraft und ist in der Jugend schattentolerant. Allerdings verträgt die Art längere Trockenperioden schlecht (Caudullo & de Rigo 2016). Dennoch ist die Trockenheitstoleranz grösser als bei *A. pseudoplatanus* (Zimmermann *et al.* 2015). In der Schweiz kommt die Art bis ca. 1300 m ü.M. vor.

In den wenigen Studien zu Provenienzunterschieden wurde genetische Differenzierung zum Teil bei Herkünften von der nördlichen Arealgrenze (Skandinavien) beobachtet (Kerr & Niles 1998), nicht aber bei südlicheren Provenienzen aus Frankreich (Lamarque *et al.* 2015). Die Differenzierung beschränkte sich dabei auf einzelne phänologische Merkmale, während sich die Provenienzen im Wachstum kaum unterschieden. Viele Studien zeigen zudem eine beträchtliche Differenzierung innerhalb der Populationen, was auf eine grosse genetische Variation hinweist (z.B. Eriksson *et al.* 2003).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Es gibt nur 18 inländische NKS-Provenienzen, die alle aus Tieflagen im Schweizer Mittelland stammen. Es wurden 4 inländische Herkunftsregionen bestimmt, aus denen Provenienzen ausgewählt werden sollten.

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Wallis	400	900	x	x	x	x	x	x	x			
2. Region Basel	250	600						x	x			
3. Mittelland, Zentral Ost	400	700						x	x	x		
4. Mittelland West	600	900						x	x	x		

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Die 3-4 inländischen Provenienzen sollen durch 3-4 ausländische Provenienzen ergänzt werden, die aus folgenden Herkunftsregionen stammen: Verbreitungszentrum (Ungarn) und warm-trockenen Regionen am südlichen (Italien) und westlichen Verbreitungsrand (West-Frankreich, Pyrenäen)

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Ungarn			x	x	x	x	x				
2. Mittelitalien		x	x	x	x	x	x				
2. Süditalien	x	x	x	x	x	x	x	x			
3. West-Frankreich, Pyrenäen		x	x	x	x	x	x	x			

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Die vier inländischen Provenienzen wurden aus den drei Regionen Wallis (Les Follatères/Fôret de la Lui, Fully, Emme), Basel (Bruderholzrain, Münchenstein und Armenbünten, Hägendorf, Emme) und aus dem Mittelland (Ebertswilerholz, Hausen am Albis, WSL) beschafft. Aus dem Ausland wurden 2 Provenienzen aus Frankreich (Morschwiller, Alsace, Vilmorin, und Rebouisse, Montagnes, ONF), eine aus Norditalien (Baraccone, Cuneo, Peri) und eine aus Ungarn (Zsédeny, Vas-Zalai-Hegyhát, Juhász) beschafft.

4.4 Acer pseudoplatanus

Verbreitung und genetische Variabilität

Acer pseudoplatanus kommt in der Regel auf nährstoffreichen, eher feuchten und schattigen Standorten vor. Auf trockenen Standorten fehlt er. *A. pseudoplatanus* wächst in der Regel in Mischbeständen (Pasta *et al.* 2016). Die Art ist in Mittel- und Osteuropa wie auch in den Gebirgen Südeuropas und in den Pyrenäen verbreitet. In den Atlantikregionen Frankreichs und entlang der Nordsee kommt der Bergahorn nicht natürlich vor, wurde aber verbreitet angepflanzt. *A. pseudoplatanus* deckt in der Schweiz einen grossen Höhenbereich ab und kommt bis in Hochlagen vor (bis 1800 m ü. M., im Wallis sogar bis 2000 m ü. M.; Gams 1925).

Süd- und südosteuropäische Herkünfte haben eine höhere genetische Diversität als mitteleuropäische, was unter anderem auf die Rückwanderung aus verschiedenen Glazialrefugien zurückzuführen ist (Bittkau 2003). Während südosteuropäische Provenienzen aus einem Glazialrefugium auf dem Balkan zurückgewandert sind, stammen

die westeuropäischen Herkünfte aus einem Refugialgebiet im Südwesten der Alpen. Die beiden Rückwanderungswege trafen sich in Mitteleuropa (Hoffmann 1960). Über Provenienzunterschiede wurden bereits zu Beginn des 20 Jh. berichtet (z.B. Engler 1905). Mehrere Provenienzversuche wiesen eine starke genetische Differenzierung nach. So zeigte zum Beispiel ein Versuch mit 45 Provenienzen aus verschiedenen europäischen Ländern, die an 10 Orten in Nord- und Westdeutschland getestet wurden, starke ökotypische Variationsmuster, die teilweise durch das Klima an den Herkunftsorten erklärt werden konnten. Das Höhenwachstum der am schnellsten wachsenden Arten lag dabei bis zu 30% über dem Durchschnitt (Kleinschmit & Kleinschmit 2009).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Da *A. pseudoplatanus* in der Schweiz weitverbreitet ist und breite Klimagradienten abdeckt, wurde entschieden, vier bis fünf inländische Provenienzen zu verwenden. Die gewählten Herkunftsregionen sollen verschiedene biogeografische Regionen und Höhenstufen abdecken und dadurch unterschiedliche KWB-Bereiche repräsentieren.

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Wallis	800	1200	x	x	x	x	x	x	x			
2. Rheintal	650	1300				x	x	x	x	x		
3. Nordschweiz	250	800					x	x	x	x		
4. Voralpen	900	1600							x	x	x	x
5. Mittelland	400	600					x	x	x	x		

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Als Ergänzung zu den inländischen Provenienzen sollen 2 bis 3 Provenienzen aus folgenden warm-trockenen ausländischen Herkunftsregionen gewählt werden: Ost-Rumänien, Ost-Polen (östliche Verbreitungsgrenze, Balkan-Glazialrefugium), Österreich, Slowakei (Zentrum der Verbreitung, Balkan-Glazialrefugium); Süditalien, Sizilien (südliche Verbreitungsgrenze, Westalpen-Glazialrefugium); Südfrankreich (südliche Verbreitungsgrenze, Westalpen-Glazialrefugium); Pyrenäen (westliche Verbreitungsgrenze, Westalpen-Glazialrefugium).

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Ost-Rumänien, Ost-Polen		(x)	x	x	x	x	x				
2. Österreich, Slowakei			(x)	x	x	x	x				
3. Süditalien inkl. Sizilien		(x)	x	x	x	x	x				
4. Südfrankreich		(x)	x	x	x	x	x				
5. Pyrenäen (Spanien, Frankreich)			(x)	x	x	x	x				

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Insgesamt wurde Saatgut von 7 inländischen Provenienzen beschafft aus dem Jura (Grenchenberg, Grenchen, Emme und Cuisinière, Cortébert, Lobsigen), dem Mittelland (Langholzhau, Arni/AG, WSL), der Nordschweiz (Tägerwiler Wald, Tägerwilen, Kressibucher), dem Rheintal (Waldhaus, Flims, Rodels), den Voralpen

(Weisstanngrat, Guggisberg, Lobsigen) und dem Wallis (Tschingere, Leuk, Emme). Ergänzend dazu wurde Saatgut von 4 ausländischen Provenienzen beschafft aus Norditalien (Lama, Forlì-Cesena, Peri), Süditalien (Soveria Mannelli, Cantanzaro, Allasia), Österreich (Niederfellabrunn, Niederösterreich, Herzog) und Spanien (Esteribar, Pirineo Axial, El Serranillo).

4.5 Cedrus atlantica

Verbreitung und genetische Variabilität

Die natürliche Verbreitung von *Cedrus atlantica* (Endl.) Batt. & Trab. ist stark fragmentiert und beschränkt sich auf Gebirge in Nordafrika, insbesondere in Marokko und Algerien, in einem Höhenbereich zwischen ca. 1300 und 2600 m ü. M., wo der jährliche Niederschlag zwischen 500 und 2000 mm und die Minimaltemperatur des kältesten Monats zwischen -8 und -1°C beträgt (Benabid 1994). Die Art benötigt ausreichend Niederschlag, verträgt aber Sommertrockenheit im adulten Zustand gut. Ausserdem erträgt sie kalte Wintertemperaturen. Sämlinge sind hingegen trockenheits- und frostanfällig (König 2012). *Cedrus atlantica* wurde bereits ab Mitte des 19. Jahrhunderts in den nördlichen Mittelmeerraum (Frankreich, Italien) und nach Bulgarien importiert und angepflanzt. Die grössten Pflanzungen ausserhalb der natürlichen Verbreitung von *C. atlantica* befinden sich in Frankreich (Bariteau *et al.* 2007). In den letzten 50 Jahren wuchs das forstliche Interesse an der Atlaszeder in Frankreich stetig, da sie unter relativ schwierigen Umweltbedingungen (Boden, Klima) fähig ist, in mediterranen Regionen Frankreichs wertvolle Ökosysteme zu bilden (Bariteau & Vauthier 2011). Seit 1987 sind folgende drei *C. atlantica* Provenienzen in Frankreich sogar als «getestet» ausgewiesen, da sie bezüglich Plastizitäts- und Höhenwachstums-Kriterien gut abschnitten: CAT-PP-01 Ménerbes, CAT-PP-02 Mont-Ventoux, CAT-PP-03 Saumon (Bariteau & Vauthier 2011, Bariteau *et al.* 2007). Zusätzlich gibt es rund 40 Samenerntebestände der Kategorie «ausgewählt». Diese werden alle in einer Herkunftsregion CAT-900-FRANCE zusammengefasst. In die Schweiz wurde *C. atlantica* zwar auch eingeführt, meist aber als Ornamental- oder Stadtbaum. Forstlich wurde *C. atlantica* nur vereinzelt und oft zusammen mit anderen gebietsfremden Baumarten zu Experimentierzwecken angepflanzt, wie im Exoten-Anbauversuch bei Romainmôtier im «Bois de Forel» (Adami 2013). In einer Umfrage wurden 16 Vorkommen von *Cedrus* sp. (*Cedrus atlantica*, *C. libani* und *C. deodara*) in der Schweiz gemeldet (Bürgi & Diez 1986).

Ergebnisse einer phylogeografischen Studie deuten darauf hin, dass es mehrere Glazialrefugien gab und dass die *C. atlantica* Populationen im marokkanischen Gebirge erst vor kurzem von einem Hauptrefugialgebiet im Hohen Atlas aus wiederbesiedelt wurden. Weitere mögliche, aber ungesicherte Glazialrefugien von *C. atlantica* sind das Rif-Gebirge in Algerien sowie Nordost-Tunesien (Cheddadi *et al.* 2009). Genetische Analysen zeigen sowohl eine grosse interspezifische (zwischen *C. atlantica* und *C. libani*) als auch intraspezifische (zwischen *C. atlantica* Provenienzen) genetische Differenzierung, was für Koniferen nicht unüblich ist (Bariteau *et al.* 1999). Bei Provenienzversuchen, die ab den 1970er Jahren von INRA Avignon in Frankreich etabliert wurden, wurden einerseits verschiedene Zedernarten (u.a. *C. atlantica* und *C. libani*) verglichen, was zeigte, dass die Atlaszeder später austreibt und daher weniger spätfrostgefährdet als die Libanonzeder ist (Bariteau & Vauthier 2011). Zudem ist *C. atlantica* in der Wuchsleistung *C. libani* oft überlegen. Andererseits zeigte ein Vergleich verschiedener *C. atlantica* Provenienzen, dass algerische Provenienzen resistenter gegenüber Sommertrockenheit sind als solche aus Marokko (Bariteau & Vauthier 2011). Eine zweite INRA-Provenienztestreihe, bei der mehrere *C. libani* Provenienzen mit mehreren *C. atlantica* Provenienzen (darunter die drei französischen Provenienzen) verglichen wurden, erwiesen sich die französischen Sekundär-Provenienzen als sehr wüchsig, aber der extrem trockene Sommer 2003 deutete darauf hin, dass *C. atlantica* Provenienzen an lange Sommertrockenheitsperioden weniger gut adaptiert sein könnten als *C. libani* Provenienzen (Ladjal *et al.* 2005; Bariteau & Vauthier 2011). Auch in Provenienzversuchen in Italien und Portugal stellten sich *C. atlantica* Provenienzen aus Algerien und Marokko als gut wüchsig heraus, zudem variierte die Austriebszeit zwischen marokkanischen Provenienzen (Carvalho *et al.* 2011; Fusaro 2011). Aus Mitteleuropa sind keine Provenienzversuche mit *C. atlantica* bekannt (König 2012).

Gewählte inländische Herkunftsregionen
Es gibt keine autochthonen Vorkommen von *C. atlantica* in der Schweiz.

Gewählte ausländische Herkunftsregionen
Das Projektteam bemühte sich mittels Forschungskontakten (Dr. Muhidin Seho, Bayrisches Amt für Waldgenetik) an autochthones Vermehrungsgut aus Algerien und Marokko zu gelangen. Doch zeigte sich, dass die Beschaffung von Saatgut aus dem natürlichen Areal in Nordafrika zurzeit unmöglich ist. Daher musste bei dieser Art auf Sekundär-Provenienzen aus Frankreich zurückgegriffen werden, wo *C. atlantica* schon seit langem in grossem Massstab angebaut wird. So wurden die drei getesteten französischen *C. atlantica* Provenienzen ausgewählt (CAT-PP-01 Ménerbes, CAT-PP-02 Mont-Ventoux, CAT-PP-03 Saumon) und zwei zusätzliche ausgewählte Provenienzen in mind. 50 km Distanz innerhalb der Herkunftsregion CAT-900-FRANCE (ganz Frankreich).

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Algerien	(x)	x	x	x							
2. Marokko	(x)	x	x	x							
3. mediterranes Frankreich				x	x	x	x				

Saat- und Pflanzgutbeschaffung
Das Vorhaben, einjährige Sämlinge zu beschaffen, wurde aufgegeben, unter anderem auch, da *C. atlantica* Sämlinge unter guten Keimbedingungen gut anwachsen. Aus der vorgeschlagenen Sekundär-Herkunftsregion Frankreich konnte schliesslich Saatgut von folgenden zwei getesteten *C. atlantica* Provenienzen beschafft werden (CAT-PP-01 Ménerbes und CAT-PP-02 Mont-Ventoux), sowie von drei zusätzlichen ausgewählten Provenienzen der Herkunftsregion CAT-900-FRANCE (CAT-900-007 Bédoin, CAT-900-013 Mirabel, CAT-900-022 Ventouret). Alle 5 Provenienzen wurden von Vilmorin bezogen. Mindestens zwei Provenienzen fehlen noch.

4.6 Corylus colurna

Verbreitung und genetische Variabilität
Das Verbreitungsgebiet von *Corylus colurna* erstreckt sich vom Balkan (Rumänien, Bulgarien, Serbien, Bosnien, Albanien, Griechenland) bis in den Kaukasus, wobei die Baumart hauptsächlich auf einer Höhenstufe von 300-800 m ü. M. wächst. Die Verbreitungsgrenze befindet sich vermutlich im Nordiran, jedoch wurde der Baumhaselbestand im Kaukasus grösstenteils durch Raubbau vernichtet, wie es teilweise auch in anderen Ländern des Verbreitungsgebiets geschah. Die nördlichsten Vorkommen befinden sich in den rumänischen Karpaten bei Oravita, die nordwestliche Verbreitungsgrenze liegt in Bosnien bei Konjic (Richter 2014).

Die Baumhasel ist häufig auf skelettreichen, trockenen Böden zu finden, auf feuchteren, nährstoffreicheren Böden ist sie nicht konkurrenzfähig. Wird sie gepflanzt und gefördert, ist sie auch für nährstoffreiche Böden sehr geeignet. So ist sie überall in Europa ein beliebter Stadtbaum und wird daher auch von Baumschulen angeboten, jedoch in der Regel als «Stadtbaum-Provenienz». Autochthones Saatgut bekommt man kaum, denn in Beständen fruktifiziert die Baumhasel weniger stark und nicht jedes Jahr. Da die Baumhasel in den Herkunftsländern durch Kahlschlag bedroht ist, müsste man für den Erhalt der genetischen Vielfalt Saatgutplantagen der Baumhasel einrichten (Seho *et al.* 2016).

Gewählte inländische Herkunftsregionen
Es gibt keine autochthonen Vorkommen von *C. colurna* in der Schweiz.

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Land / Region	KWB-Klassen										
	< -75	-75 - -50	-50 - -40	-40 - -30	-30 - -20	-20 - -10	-10 - 0	0 - 25	25 - 50	50 - 75	> 75
1. Türkei, Bolu			x	x	x	x					
2. Rumänien, Westkarpaten					x	x	x	x			
3. Bulgarien, Balkan Kette					x	x					
4. Serbien, Südosten			x	x	x	x	x				
5. Bosnien						x					
6. Südkaukasus (Georgien, Armenien, etc.)									x	x	x
7. Iran, El Burz Mountains			x	x	x	x	x				

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Autochthones Saatgut konnte bisher lediglich aus der Türkei (Bolu, Ana Orman) und Bulgarien (Byala, Forstamt Byala via Petia Nikolova, WSL) bezogen werden. Wir versuchen weiterhin Saatgut aus Serbien und Bosnien zu erhalten (Forschungskontakt zu Dr. Muhidin Seho). Noch schlechtere Chancen bestehen für Saatgut aus Rumänien, dem Südkaukasus und dem Iran. Voraussichtlich muss die Anzahl Provenienzen von sieben auf vier reduziert werden.

4.7 Fagus sylvatica

Verbreitung und genetische Variabilität

Die Buche ist eine der bedeutendsten und am weitesten verbreiteten Laubbaumarten in Europa. Ihr natürliches Verbreitungsgebiet erstreckt sich von Sizilien bis Südskandinavien und von Nordspanien bis in die nördliche Türkei, wobei sie in den südlichen Teilen des Verbreitungsgebiets normalerweise nur in erhöhten Lagen vorkommt (1200 – 2000 m ü. M. in Sizilien; Ellenberg 1996). Sie ist zwar betreffend Bodentyp anspruchslos und erträgt starke Winterkälte, benötigt aber ein feuchtes Klima mit relativ gleichmässig über das Jahr verteilten Niederschlägen (Houston *et al.* 2016). Bezüglich Trockenheitsresistenz scheint eine gewisse genetische Variabilität dazu zu führen, dass südeuropäische Provenienzen von *F. sylvatica* Trockenheit besser ertragen (Packham 2012, Bolte et al. 2016). In der Schweiz ist *F. sylvatica* im Jura, im Mittelland, in den Voralpen und im Tessin weit verbreitet. Sie kommt ausserdem im Rhone- und im Rheintal vor und besiedelt in der Schweiz tiefe und mittlere Lagen bis ca. 1200 – 1400 m ü. M. (im Tessin höher bis zur Waldgrenze). Die postglaziale Ausbreitung von *F. sylvatica* erfolgte einerseits vom südlichen Balkan über das Dinarische Gebirge zu den Ostalpen und weiter über die vorgelagerten Mittelgebirge und die deutsch-polnische Tiefebene bis nach Südskandinavien. Die zweite Ausbreitungsroute verlief vom südlichen Apennin über die West-Alpen zu den Pyrenäen und nach Nordspanien sowie über Frankreich nach Norden bis auf die Britischen Inseln (Huntley & Birks 1983). Im Allgemeinen ist die genetische Variabilität innerhalb von Populationen deutlich grösser als zwischen den Populationen (Wolf & Braun 1996), wobei die Variabilität zwischen Populationen in mediterranen Regionen tendenziell grösser ist als in kontinentalen Regionen (Comps *et al.* 1991).

Unterschiede in einzelnen Merkmalen zeigten sich in verschiedenen Provenienzversuchen (Rohmeder & Schönbach 1959; König 2005). Erste Provenienzversuche, die bereits anfangs 20. Jahrhundert mit mehreren schweizerischen und dänischen Provenienzen durchgeführt wurden, zeigten, dass nördliche Provenienzen an eine kürzere Vegetationsperiode angepasst sind und später austreiben (Burger 1933). In den 1980er Jahren wurde eine Serie von internationalen IUFRO-Buchenherkunftsversuchen mit 15 Versuchsflächen in vier europäischen Ländern gestartet. Es wurden 188 Provenienzen aus dem ganzen Verbreitungsgebiet der Buche

verwendet mit dem Ziel, die genetische Variation der Buche auf Artebene zu analysieren (Muhs 1988). Diese Versuche wurden in den 90er und 2000er Jahren erweitert. Sie bestätigten die phänologische Differenzierung entlang der Breitengrade (früheres Austreiben von südosteuropäischen Buchen) und es wurden Differenzierungen in anderen Merkmalen gefunden, die auf lokale Adaptation hindeuten (Von Wuehlisch 2004).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Da die Art in der Schweiz weit verbreitet ist und somit auch schon relativ grosse klimatische Gradienten abdeckt, wurden 5 inländische Herkunftsregionen ausgewählt, die verschiedene biogeografische Regionen und Höhenstufen abdecken.

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Unterwallis	600	1200	x	x	x	x	x	x	x			
2. Rheintal, Prättigau	500	1000				x	x	x	x	x	x	
3. Nordost-CH, nördl. TG	400	800					x	x	x	x		
4. Mittelland zentral	300	700						x	x	x		
5. Tessin	900	1400							x	x	x	x

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Als Ergänzung zu den inländischen Provenienzen sollen 2-3 Provenienzen von den trocken-wärmsten Verbreitungsgrenzen gewählt werden, wobei wenn möglich beide Glazialrefugien berücksichtigt werden. Daher wurden folgende Herkunftsregionen bestimmt: Süditalien (südliche Verbreitungsgrenze, apenninisches Glazialrefugium), Spanien, Pyrenäen (westliche Verbreitungsgrenze, apenninisches Glazialrefugium), Bayern (Verbreitungszentrum, Balkan-Glazialrefugium), Ost-Bulgarien, Nord-Griechenland (südöstliche Verbreitungsgrenze, Balkan-Glazialrefugium).

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Süditalien (Kalabrien, Sizilien)	x	x	x	x	x	x	x	x			
2. Spanien (Pyrenäen, Nordspanien)		x	x	x	x	x	x	x			
3. Slowakei, Ungarn			x	x	x	x	x				
4. Bayern					x	x	x	x			
5. Ost-Bulgarien		x	x	x	x	x	x	x			
6. Nord-Griechenland		x	x	x	x	x	x				

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Aus den vorgeschlagenen fünf inländischen Herkunftsregionen konnte schliesslich Saatgut von 6 Provenienzen aus dem Unterwallis (Le Grand Dévaloir, Saillon und Le Cotentin, Martigny, eigene Beerntung durch das Projektteam der WSL im Herbst 2018), dem Rheintal (Bonaduz, Rodels), der Nordostschweiz (Buechberg, Diessenhofen, Kressibucher), dem zentralen Mittelland (Weidhusgraben, Wohlen bei Bern, Lobsigen) und dem Tessin (Monte Bar, Capriasca-Cagiallo, Lattecaldo) beschafft werden. Ausländische Provenienzen konnten aus

der Slowakei (Sološnica, Stredoslovenská oblast, Lesy SR), aus Ungarn (Bánokszentgyörgy, Göcseji Bükktáj, Juhász) und aus Frankreich (Forêt de Lestelas, Pyrénées centrales, ONF) beschafft werden. Anfragen für Saatgut aus Italien blieben bislang erfolglos.

4.8 Juglans regia

Verbreitung und genetische Variabilität

Das natürliche Verbreitungsgebiet von *Juglans regia* reicht von den östlichen Mittelmeerländern bis nach Zentralasien, ist aber nicht genau bekannt. Der Nussbaum war bereits früh eine wichtige Kulturpflanze und wurde bereits vor 6000 Jahren nach Italien eingeführt. In die Schweiz gelangte der Nussbaum vermutlich durch die Römer, es dürfte demnach in der Schweiz keine autochthonen Nussbaumbestände geben.

Es gibt laut NKS 10 Samenerntebestände in der Schweiz, wovon drei Samenplantagen (SPL) sind. Die wohl bedeutendste SPL ist der Nussbaumprovenienzversuch, der 1984 in Obfelden ZH angelegt wurde. Dieser wurde durch Prof. J.-P. Schütz initiiert und wird durch Hansjörg Lüthy betreut. Dort stocken Nussbäume aus Pakistan (Kanshian, Malam Jabba und Manshi), aus Indien (Dachigam, Kangan, Lolab-Tal, Athmugam, Chika und Patika), aus Kirgistan (Ken Kolok, Ak Bulak, OrJanah, Ak Terek und Kurgan Jaz) und aus Bhutan (Bschimna; Lüthy 2005). Der Nussbaum ist genetisch sehr variabel. Bereits in den 80er Jahren wurde in China eine Gendatenbank für diese wichtige Kulturpflanze eingerichtet (Roloff *et al.* 2017). Die genetische Variabilität des Nussbaums wurde 4 genetischen Clustern zugeordnet (Kirgistan, westliches und südliches Zentralasien, östliches Zentralasien, nordöstliches China; Pollegioni *et al.* 2014).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Nordwestschweiz, Jurasüdfuss	450	600							x	x	x	
2. Tessin	350	1011							x			

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Die gewählten ausländischen Herkunftsregionen sollten neben der warm-trockenen Region in Ungarn ausserhalb der natürlichen Verbreitung die vier Regionen der genetischen Cluster im mutmasslichen Ursprungsgebiet von *J. regia* umfassen.

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Westliches und südliches Zentralasien	x	x	x	x	x	x	x	x			
2. Kirgistan		x	x	x	x	x	x	x			
3. China			x	x	x	x	x				
4. Ungarn					x	x	x	x			

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Aus der Schweiz entschieden wir uns einerseits für eine Provenienz aus der Region Jurasüdfuss (Chänelmoos, Selzach, Emme), die unter dem Namen Thunstetter Traubennuss bekannt ist. Andererseits wurde Saatgut aus

der Region Tessin (Ponte Aquilesco, Blenio, Emme) beschafft. Aus dem Ausland erhielten wir lediglich eine nicht-autochthone Provenienz aus Ungarn (Somogy/210m, Juhász). Provenienzen aus Dachigam und Chika (beide Indien) und Ak Bulak (Kirgistan) stammen aus der SPL in Obfelden. Es fehlt noch mindestens eine Provenienz.

4.9 Larix decidua

Verbreitung und genetische Variabilität

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Lärche erstreckt sich über den gesamten Alpenbogen bis in die Sudeten und die hohe Tatra. Bestandesbildend ist die Lärche nur in kontinentalem Klima. Es wurden verschiedene Herkunftsversuche durchgeführt, unter anderem internationale IUFRO-Herkunftsversuche, die 1944 und 1958/1959 gestartet wurden (König 2005). Dabei wurde in verschiedenen Herkunftsversuchen gezeigt, dass Lärchen aus den westlichen Verbreitungsgebieten ihren östlichen Artgenossen in Wuchsleistung unterlegen sind, wogegen ihre Stammform besser zu sein scheint (Kobliha *et al.* 2013). Des Weiteren sind Tieflagenprovenienzen den Hochlagenprovenienzen in der Wuchsleistung überlegen (Schober 1967). Für ihre überragende Wuchsleistung beliebt sind Lärchen aus den Sudeten sowie der Tatra (Schober 1958). Ein weiteres Thema der Lärche ist ihre Anfälligkeit auf Stammkrebs; auch hier scheinen Lärchen aus den östlichen Alpen anfälliger zu sein als solche aus den westlichen (König 2005).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. GR kontinentale Hochalpen	1100	2200				x	x	x	x	x		
2. Rheintal	700	1400					x	x	x	x		
3. Wallis	1000	2200			x	x	x	x	x	x		
4. Tessin	700	1000					x	x	x	x	x	x

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Alpen Ost Österreich									x	x	x
2. Slowakei, Tatra, Karpatenlärche	650	1900				x	x	x	x	x	
3. Tschechei oder Polen, Sudetenlärche	650	1500					x	x	x	x	
4. Zentralpolen, Polenlärche	180	650				x	x				

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Es wurde Saatgut von 4 inländischen Provenienzen beschafft aus den kontinentalen Hochalpen (Guarda Val, Madulain, Rodels), dem Rheintal (Crusch, Cazis, Rodels), dem Wallis (Ban des Aiguilles, Martigny, Emme und Boviriwald, Eggen, Leukerbad, Emme) und dem Tessin (Cimalmotto/Bosco di Quadrella, Campo, Lattecaldo). Ergänzend dazu wurde Saatgut von 3 ausländischen Provenienzen beschafft aus Österreich (Lä38(4.2/hm: 1200-

1450m), Kohlmannalm, Steiermark, SLFG), der slowakischen Tatra (Vysoké Tatry, Slowakei, Lesy SR) und den polnischen Sudeten (Prudnik, Sudeten, Nadleśnictwo Prudnik).

4.10 Picea abies

Verbreitung und genetische Variabilität

Die natürliche Verbreitung von *Picea abies* umfasst einerseits die hochmontan-subalpine Stufe in den Alpen und den Karpaten, andererseits grosse boreale Gebiete in Nord- und Osteuropa (Schmidt-Vogt 1977, 1991). Die Fichte hat eine grosse klimatische Toleranz von eher kontinentalen zu maritimen Klimata. Allerdings erträgt sie Sommertrockenheit schlecht (Caudullo *et al.* 2016). Die Fichte ist die ökonomisch wertvollste Baumart in Europa. Dank ihrer grossen ökologischen Amplitude und ihrer guten Wuchsleistung unter unterschiedlichen Standortbedingungen wird die Art daher seit dem 19. Jahrhundert weit über ihr natürliches Areal hinaus bis an die Grenzen ihrer ökologischen Nische angebaut (Schmidt-Vogt 1977, 1991). In der Schweiz ist *P. abies* zusammen mit *L. decidua* oder *P. cembra* bestandesbildend in der subalpinen und teils in der hochmontanen Stufe. Ausserdem ist die Art ausserhalb ihrer natürlichen Verbreitung weitverbreitet in Rein- und Mischbeständen in der obermontanen Stufe und darunter in Mittelland und Jura (Ellenberg 1996). Es wird angenommen, dass *P. abies* die letzte Eiszeit in vier Glazialrefugien überdauerte: Nord-Zentral Russland, Karpaten und Transsilvanische Alpen, Dinarische Alpen und Apenninische Halbinsel. Während die heutigen nord-osteuropäischen Fichten aus dem russischen Refugium einwanderten, wanderten die Fichten in Zentral- und Südosteuropa aus den anderen drei Refugien ein (Schmidt-Vogt 1977, 1991).

Erste Provenienzversuche mit *P. abies* wurden Ende des 19. Jahrhunderts in Österreich (Cieslar 1893) und in der Schweiz (Engler 1899) durchgeführt, wo genetische Adaptation an verschiedene Höhenstufen nachgewiesen wurde (König 2005). Wichtige internationale Provenienzversuche im 20. Jahrhundert waren die drei IUFRO-Fichtenprovenienzversuche, die zwischen 1938 und 1972 starteten und eine grosse Anzahl an Provenienzen auf verschiedenen Testflächen in 11 bis 14 Ländern enthielten (Krutzsch 1992). Ein letzter grosser Provenienzversuch wurde von Nather und Holzer 1978 in Österreich mit 480 österreichischen und 60 ausländischen Provenienzen angelegt (Nather und Holzer 1979; Schueler *et al.* 2013). Generell zeigen die Provenienzversuche, dass *P. abies* eine grosse genetische Variabilität aufweist. Die ausgeprägten Anpassungen verschiedener Provenienzen sind bedingt durch Unterschiede in lokalen Klimabedingungen. Während die älteren Versuche Provenienzunterschiede in verschiedenen Merkmalen vor allem auf Unterschiede in klimatischen Bedingungen des Herkunftsorts zurückführten, zeigen neuere Versuche, dass die grosse genetische Variabilität von *P. abies* durch eine Vielzahl von Faktoren mitbeeinflusst wird, unter anderem auch durch die Glazialrefugien und nacheiszeitlichen Einwanderungsrouten (König 2005).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Aufgrund der grossen Verbreitung von *P. abies* in der Schweiz sollen die gewählten Herkunftsregionen verschiedene biogeografische Regionen und Höhenstufen und verschiedene KWB-Bereiche abdecken (z.B. warm-trockene Tieflagenprovenienz aus dem Wallis bis feucht-kalte Hochlagenprovenienz aus den nördlichen Randalpen).

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Nördl. Randalpen	800	1800							x	x	x	x
2. Nördl. Jura	800	1300							x	x	x	
3. Mittelland Tieflagen	400	700						x	x	x		
4. Rheintal	1200	1800				x	x	x	x	x		
5. Unterengadin, Puschlav	1200	1800			x	x	x	x	x			
6. Wallis	600	1400	x	x	x	x	x	x	x			
7. Tessin, Misox	1000	1800							x	x	x	x

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Aufgrund der grossen Verbreitung von *P. abies* in der Schweiz sollen vorwiegend inländische Provenienzen verwendet werden, die durch wenige ausländische Provenienzen aus warm-trockenen Regionen innerhalb des natürlichen Areals ergänzt werden. Diese umfassen Gebiete an der südöstlichen Verbreitungsgrenze (Bulgarien, Mazedonien, Griechenland, Rumänien), an der südlichen Verbreitungsgrenze (Apennin, Südalpen) und im Zentrum der Verbreitung (Österreich, Tschechien).

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Bulgarien, Mazedonien, Griechenland		x	x	x	x	x	x				
2. Rumänien		x	x	x	x	x	x	x	x		
3. Tschechien, Slowakei, Österreich (Wien)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4. Italien (Apennin)			x	x	x	x	x	x			
5. Südalpen (VS), Aosta (I), Rhône-Alpes (F)		x	x	x	x	x	x				

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Es wurde Saatgut von 7 inländischen Provenienzen beschafft aus dem Mittelland (Pleerwald West, Burgdorf, Emme), dem nördlichen Jura (Morille-Est, Evilard, Emme), den nördlichen Randalpen (Gschwänt-Fachsboden, Alpnach, Emme), dem Rheintal (Cuora, Seewis, Rodels), dem Wallis (La Grande Zour, Montana, Emme), dem Unterengadin (Alp Sielva, Val Müstair, Müstair, Rodels) und dem Tessin (Vacarisc, Fusio, Lattecaldo). Ergänzend dazu wurden einjährige Fichtensämlinge aus Österreich (Fi57(9.2/tm:500-750m), Münichreith, Niederösterreich, Murauer) beschafft.

4.11 *Pinus sylvestris*

Verbreitung und genetische Variabilität

Die Waldföhre ist von Zentraleuropa bis weit nach Russland hinein beheimatet. Das Verbreitungsgebiet wird ergänzt durch kleinflächige Vorkommen in West- und Südosteuropa. Obwohl diese Vorkommen klein sein, leisten sie einen bedeutenden Beitrag zur genetischen Variabilität der Art. Als wirtschaftlich wichtige Art wurde sie in vielen Herkunftsversuchen auf unterschiedliche Eigenschaften (Wuchsleistung, Schaftform, Trockenheitsresistenz) hin getestet (Burger 1931). Dabei wurde zum Beispiel gezeigt, dass die bosnischen Waldföhren am resistentesten auf Trockenheit reagieren (Taeger *et al.* 2014). Zudem wurden die glazialen Refugien auf der Basis von genetischen Studien separiert, wobei sich insbesondere die west- und südeuropäischen Refugien von den restlichen unterscheiden (Sinclair *et al.* 1999).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1.Wallis Rhonetal	600	1900		x	x	x	x	x				
2. Kont. Hochalpen GR	1100	1800					x					
3. Tieflagen Mittelland	400	700							x	x		
4. Jura	600	1000							x	x		
5. Bündner Rheintal	600	800				x	x	x	x	x		

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Türkei südlich des Koroglu Daglari	x	x	x								
2. Spanien Castilla – la Mancha		x	x	x	x						
3. Bulgarien, Grenzgebiet zu Griechenland	x	x	x	x	x	x					
4. Deutschland, Region um Berlin				x	x						

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Die fünf inländischen Provenienzen stammen aus den fünf Regionen Wallis (Bublet, Leuk, Emme), kontinentale Hochalpen (Compet, Martina, Rodels), Mittelland-Tieflagen (Ibrig, Würenlingen, Emme), Jura (Droit des Ecorcheresses, Souboz, Emme) und Rheintal (Föhreli, Fläsch, Rodels). Zwei der vier ausländischen Provenienzen stammen aus der Türkei (Kartal Ormanları Şifalısu Mevkii, Bolu Aladağ und Karaköy Gölköy, Amasya Vezirköprü, Said Dagdas[5]), eine Provenienz aus Spanien (Alto los Poyales, Camarena de la Sierra, El Seranillo) und eine Provenienz aus Bulgarien (Dospat, FSCS Sofia). Auf eine Provenienz aus Deutschland wurde verzichtet.

[5] Dr. Said Dağdaş arbeitet ist Leiter der Abteilung Waldpflege im Departement Waldbau in der türkischen Generaldirektion für Forstwirtschaft. P. Brang lernte ihn 2018 auf einer IUFRO-Forschungstagung kennen, wo er seine Hilfe anbot bei der Beschaffung der türkischen Provenienzen.

4.12 *Prunus avium*

Verbreitung und genetische Variabilität

Prunus avium wächst bevorzugt auf nährstoff- und basenreichen Böden. Die Vogelkirsche toleriert aber ein breites Spektrum an Standortbedingungen und ist im Vergleich zu anderen Laubbaumarten sehr trockenheitstolerant. *P. avium* kommt in artenreichen Mischlaubwäldern und an Waldrändern vor, bildet normalerweise aber keine Bestände (Welk *et al.* 2016). Das natürliche Verbreitungsareal von *P. avium* umfasst weite Teile Mitteleuropas, Teile des nördlichen Mittelmeerraums und Vorderasiens (Diez 1989). Die Verbreitung ist durch Pflanzungen stark anthropogen beeinflusst. Zudem ist die Abgrenzung von Provenienzen erschwert, einerseits durch die häufige Hybridisierung zwischen *P. avium* und kultivierten Süsskirschen. Andererseits weist die Vogelkirsche eine starke Tendenz zur vegetativen Vermehrung mittels Wurzelbrutbildung auf. Bäume desselben Genotyps konnten teilweise bis in einem Abstand von 80 m nachgewiesen werden (Ducci & Santi 1997). Dadurch besteht die Gefahr, dass sich geerntete Samen genotypisch nur wenig unterscheiden. So setzt zum Beispiel Frankreich stark auf die Verbesserung der genetischen Ressourcen in SPL. Um die genetische Variation zu erhöhen, werden dazu oft SPL mit Mutterbäumen aus ökologisch und geografisch weit entfernten Regionen angelegt (Ducci & Santi 1997). Dieses in Europa empfohlene Handeln birgt den Nachteil der genetischen Durchmischung natürlicher Vorkommen, weshalb einige Forstgenetiker von dieser Praxis abraten (Ducci & Santi 1997), während andere betonen, dass eine Beschleunigung evolutionärer Prozesse bei der Anpassung an den Klimawandel wichtig ist (Lefèvre *et al.* 2014). Beim Ernten von Samen in natürlichen Vorkommen wird empfohlen, dass die Samenbäume mindestens 100 m voneinander entfernt sind (Vaughan *et al.* 2007) und dass eine grössere Anzahl an Samenbäumen beerntet wird (Blanc-Jolivet & Degen 2014). Herkunftsversuche wurden in verschiedenen Ländern durchgeführt. Dabei zeigten sich oft Unterschiede zwischen lokalen und anderen Provenienzen (Kleinschmit & Kleinschmit 2009).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

P. avium ist in der Schweiz weit verbreitet und kommt in verschiedenen Regionen und KWB-Bereichen vor. So ist die Art im Mittelland, Rheintal, Wallis und Tessin weitverbreitet. Es sind aber nur wenige Bestände im NKS verzeichnet. Es sollen daher ca. 4 Provenienzen aus verschiedenen inländischen Herkunftsregionen gewählt werden.

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Tessin, Misox	300	600							x	x	x	x
2. Mittelland	300	500					x	x	x	x		
3. Nordostschweiz	400	800					x	x	x	x		
4. Jura	700	1100							x	x	x	
5. Unterengadin	1300	1400			x	x	x	x	x			
6. Wallis	400	700	x	x	x	x	x	x	x			

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Als Ergänzung zu den inländischen Provenienzen sollen 3-4 Provenienzen aus warm-trockenen Herkunftsregionen gewählt werden.

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Nord/Nordost-Türkei, nördl. des Koroglu Daglari, Südufer Schwarzes Meer	x	x	x	x	x	x	x				
2. Ost-Rumänien	x	x	x	x	x	x	x	x			
3. Ungarn (Region Budapest, Nordost-Ungarn)		x	x	x	x	x	x				
4. Tschechien				x	x	x	x				
5. Niederösterreich (Region Wien)				x	x	x	x				
6. Frankreich Region Paris (Picardie)					x	x					
7. Italien Aosta, Melfi, Torino		x	x	x	x	x					

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Aus den 6 vorgeschlagenen inländischen Herkunftsregionen konnte schliesslich Saatgut von 4 Provenienzen aus folgenden drei Regionen beschafft werden: Tessin (Arzo, Mendrisio, Lattecaldo), Jura (Bännli/Winterhalden, Riedholz, Emme und La Joux, Romont, Lobsigen) und Nordostschweiz (Schaaren, Diessenhofen, Ernte durch WSL). Dazu konnten zwei ausländische Provenienzen aus Ungarn (Bordány, Duna-Tisza Közi Homok, Juhász) und Norditalien (Boschi di Carrega, Parma, Peri) beschafft werden. Es fehlt noch mindestens eine weitere Provenienz.

4.13 Pseudotsuga menziesii

Verbreitung und genetische Variabilität

Die Douglasie ist von der Westküste Nordamerikas bis in die Rocky Mountains heimisch. Es werden die zwei Unterarten «Küstendouglasie» (*P. menziesii* var. *menziesii*) und «Inlanddouglasie» (*P. menziesii* var. *glauca*) unterschieden, die an unterschiedliche Klimaverhältnisse angepasst sind. Entlang der Küste herrscht ein maritimes Klima mit niederschlagsreichen, milden Wintern und relativen kühlen und trockenen Sommern. In den Rocky Mountains hingegen ist das Klima kontinental geprägt mit langen, kalten Wintern und heissen und trockenen Sommern. Das Areal von *P. menziesii* var. *menziesii* erstreckt sich von Britisch Kolumbien bis nach Mittelkalifornien, das Areal der kontinentalen Varietät erstreckt sich sogar bis in die Berge Mexikos. Die Höhenverteilung ist von der geografischen Breite abhängig. Im Norden wächst die Douglasie auf Meereshöhe und steigt in Kalifornien bis in Höhen von 2300 m ü.M., im Landesinnern sogar bis 3260 m ü.M. (Hermann & Lavender 1990).

Die Douglasie wurde bereits im 19. Jahrhundert nach Mitteleuropa eingeführt. In Europa wird sie vor allem in Frankreich, Deutschland und im Vereinigten Königreich verbreitet angebaut und ist aufgrund ihrer Wüchsigkeit und der guten Holzqualität inzwischen die am weitesten verbreitete nicht-heimische Baumart in Europa (Schmid *et al.* 2014). Dies gilt auch für die Schweiz, wo die Douglasie seit dem 19. Jahrhundert vorwiegend im Mittelland angepflanzt wurde. Nur *P. menziesii* var. *menziesii* hat sich ausserhalb des natürlichen Areals durchgesetzt, weil die Inlanddouglasie sehr anfällig auf Nadelschütten ist (Stauffer 1992).

Die Douglasie kann – wie auch viele Arten der Gattung *Pinus* – vom hochvirulenten Pilz *Fusarium circinatum* (Breitspektrumpathogen, teleomorph: *Gibberella circinata*), befallen werden, der die Baumkrankheit Pechkrebs (engl. pitch canker) verursacht. Pechkrebs führt zu absterbenden Trieben und Krebswucherungen am Stamm, die das Wachstum vermindern und schliesslich zum Absterben der Bäume führen (Gordon *et al.* 2006). Das bekannte

Infektionsgebiet von *Fusarium circinatum* umfasst u.a. Teile Kaliforniens. Der Schadorganismus kommt aber auch in Spanien und der Türkei stellenweise vor. Die Verbreitung des Pilzes über längere Strecken geschieht hauptsächlich durch den Handel mit Saatgut (Storer *et al.* 1998). Wenn der Pilz einmal in der Umwelt etabliert ist, ist es nahezu unmöglich, ihn wieder auszurotten, da er in abgefallenen Nadeln und im Boden unter kühlen Bedingungen mehrere Jahre überdauern kann (Storer *et al.* 1998).

Feldversuche im natürlichen Verbreitungsgebiet zeigen eine kleinräumige genetische Differenzierung und klinale Gradienten in Abhängigkeit der geografischen Länge/Breite und Höhenlage für quantitative Merkmale (zusammengefasst in Stauffer 1992; Campbell 1979; Konnert *et al.* 2018). In den 1970er Jahren initiierte die IUFRO in mehreren europäischen Ländern Provenienzversuche mit autochthonen Provenienzen aus Britisch Kolumbien, Washington und Oregon sowie europäischen Sekundärprovenienzen. Die IUFRO organisierte im Hinblick auf die Provenienzversuche in den Jahren 1966, 1968 und 1969 Beerntungen von 180 autochthonen Provenienzen im natürlichen Herkunftsgebiet der Art in Britisch Kolumbien, Washington, Oregon und Kalifornien (Kleinschmit & Bastien 1992). Erste Ergebnisse dieser Herkunftsversuche deuten darauf hin, dass sich bei deutschen Provenienzen eine gewisse Anpassung gegenüber den nordamerikanischen Ursprungsprovenienzen ausgebildet hat (Kleinschmit 1974). Im Allgemeinen konzentrierten sich die europäischen Provenienzversuche auf die Wuchsleistung und die Holzqualität. Dabei zeigte sich, dass die wertvollsten Provenienzen für den Anbau in West- und Mitteleuropa aus einem Gebiet von der Olympia Halbinsel bis zu den Cascade Mountains im Norden von Washington stammen. Ausserdem schnitten Provenienzen von Vancouver Island gut ab (Koenig 2005). Im Projekt REINFFORCE wurden insgesamt 12 *P. menziesii* Provenienzen untersucht. Davon werden 3 Provenienzen auf allen entlang der Atlantikküste gelegenen Versuchsflächen getestet, nämlich je eine Provenienz aus Washington, Oregon und Kalifornien (Orazio *et al.* 2013). Die kalifornischen Provenienzen waren bei diesem Versuch den Provenienzen aus Oregon und Washington sowohl bezüglich Überlebensraten als auch bezüglich Plastizität in den ersten Jahren überlegen, was angesichts des raschen Klimawandels einen Vorteil bedeuten könnte (Lupi 2016). In der Schweiz wurden keine breitangelegten Provenienzversuche mit Douglasien durchgeführt mit Ausnahme des Tessins und des Kantons Waadt (Geyer & Brang 2019), die aber nicht als repräsentativ für den Rest der Schweiz betrachtet werden können. Daher müssen sich Herkunftsempfehlungen für die Schweiz weitgehend auf Provenienzversuche im umliegenden Ausland abstützen (Stauffer 1992; Konnert *et al.* 2018).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Bei den sogenannten „inländischen“ Provenienzen handelt es sich um Samenernten aus schon vor mehreren Jahrzehnten in der Schweiz etablierten Douglasien-Beständen. Es ist nicht im Detail untersucht, ob sich diese Bestände im Laufe der Zeit zumindest teilweise an die lokalen Gegebenheiten in der Schweiz angepasst haben. Es kann aber zumindest vermutet werden, dass solche Anpassungen stattgefunden haben.

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. zentrales Mittelland	400	600						x	x	x	x	
2. Jura	800	1300							x	x	x	
3. Voralpen	800	1500							x	x	x	x
4. Nordschweiz	300	600					x	x	x	x		

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Land / Region	KWB-Klassen										
	< -75	-75 - -50	-50 - -40	-40 - -30	-30 - -20	-20 - -10	-10 - 0	0 - 25	25 - 50	50 - 75	> 75
1. nördl. Washington (Küste, Tiefland)					x	x	x	x			
2. mittl. Washington (Küste, Tiefland)				x	x	x	x	x			
3. südl. Washington (Küste, Tiefland)			x	x	x	x					
4. südl. Washington (Küste, mittl. Höhenlage)				x	x	x	x				
5. mittl. Oregon (Küste, mittl. Höhenlage)		x	x	x	x						
6. südl. Oregon (Küste, mittl. Höhenlage)	x	x	x	x							
7. nördl. Kalifornien (Küste, hohe Höhenlage)	x	x	x								

Aufgrund erster Resultate von REINFFORCE, die darauf hindeuten, dass kalifornische Provenienzen den nördlichen Provenienzen überlegen sein könnten (Lupi 2016), was angesichts des raschen Klimawandels von Vorteil sein könnte, wollte das Projektteam, bei der Auswahl von autochthonen *P. menziesii* Provenienzen möglichst den gesamten Klimagradienten der Art entlang der nordamerikanischen Pazifikküste abdecken. Die Absicht, Provenienzen aus Oregon und Kalifornien einzubeziehen, erwies sich allerdings im Verlauf der Provenienzsuche als schwierig realisierbar, weil nur der Bundesstaat Washington offiziell als *Gibberella*-frei gilt, was den Import von Saatgut unproblematisch macht. In den südlicher gelegenen Staaten Oregon und Washington ist die Situation bezüglich *Gibberella* hingegen unklar. Eine Einfuhr von Saatgut in die Schweiz wäre nur unter engmaschiger phytosanitärer Kontrolle möglich und vertretbar, um eine potentielle Einschleppung von *Gibberella* zu verhindern. Da dies im Rahmen des Projekts Testpflanzungen sehr aufwändig und in der Forstpraxis kaum realisierbar wäre, wurde letztlich auf die Verwendung von *P. menziesii* Provenienzen aus Oregon und Kalifornien verzichtet (ausführliche Erläuterungen siehe Anhang 3).

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Die Beschaffung von autochthonem Douglasien-Saatgut wird immer schwieriger, da die Tendenz in Nordamerika stark in Richtung von SPL geht. Samenernten in natürlichen Beständen werden hingegen immer seltener durchgeführt. Saatgut von autochthonen Provenienzen wird üblicherweise seit Jahrzehnten von der WSL importiert und an die Forstbaumschulen weiterverkauft. Dabei wurde in der Regel eine Auswahl von etwa 6 Provenienzen aus dem Bundesstaat Washington eingesetzt, die für das Schweizer Mittelland empfohlen werden (Stauffer 1992). Es wurden 4 inländische Provenienzen aus den Regionen Jura (Vorberg, Biel BE, Emme), Nordschweiz (Douglashau/Bruderhau, Tägerwilen, Kressibucher), Voralpen (Willbrig, Willisau Stadt, Emme) und Mittelland (Manzeberg, Gränichen, Emme) ausgewählt. Zusätzlich wurden 4 ausländische Provenienzen ausgewählt (Snoqualmie, Washington; Glacier, Washington; Mineral, Washington und Randle, Washington, alle Silvaseed).

4.14 *Quercus cerris*

Verbreitung und genetische Variabilität

Das natürliche Verbreitungsgebiet von *Quercus cerris* befindet sich in Mittel- und Osteuropa und Kleinasien, insbesondere in der submontanen Stufe des italienischen Apennins, aber auch im südlichen Österreich, in Ungarn, Kroatien, im Balkan, in Syrien, Libanon und der Türkei. In Westeuropa kommt die Zerreiche nicht natürlich vor, wird aber manchmal gepflanzt. *Q. cerris* wird oft als Niederwald bewirtschaftet, da sie sich sehr gut vegetativ verjüngt. Die Holzqualität unterscheidet sich je nach Provenienz (besser bei südlichen und östlichen Provenienzen), sie ist jedoch schlechter als bei den anderen europäischen Eichenarten (Roloff *et al.* 2017). Zerreichen kreuzen sich nicht mit den anderen europäischen Eichenarten, da sie genetisch weiter von ihnen

entfernt sind. An der südlichsten Spitze des Tessins gibt es vermutlich autochthone Vorkommen der Zerreiche (Projekt Förderung seltener Baumarten, ETH).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Region	Höhe ü. M. min.	Höhe ü. M. max.	KWB-Klassen									
			< -50	-50 - -40	-40 - -30	-30 - -20	-20 - -10	-10 - 0	0 - 25	25 - 50	50 - 75	> 75
1. Tessin	300	600								x	x	x

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Land / Region	KWB-Klassen										
	< -75	-75 - -50	-50 - -40	-40 - -30	-30 - -20	-20 - -10	-10 - 0	0 - 25	25 - 50	50 - 75	> 75
1. Süditalien (Sizilien, Calabria, Gargano etc.)			x	x	x	x					
2. Norditalien (Ligurien)							x	x	x		
3. Ungarn (nördlich, westlich, alternativ westliches Rumänien)			x	x	x	x					
4. Bulgarien (Schwarzmeerküste)	x	x	x	x							
5. östliches Kroatien			x	x	x	x	x				
6. Griechenland (Dytiki Makedonia)		x	x	x							
7. Türkei (Canakkale)	x	x	x	x	x						

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Aus dem Tessin wählten wir 2 Provenienzen (Pianacce, Cademario und Mte Generoso, Castel San Pietro, beide Lattecaldo). Aus dem Ausland wurden folgende 4 Provenienzen beschafft: Süditalien (Decollatura, Catanzaro, Allasia), Ungarn (Soproni-Dombvidék, Juhász), Bulgarien (C02-QCE-02-3-006-1-2, Dabovnik, FSCS Sofia) und Türkei (Karadag/ 390m, Canakkale, Saïd Dagdas). Es gelang bisher nicht, eine norditalienische Provenienz zu beschaffen. Es fehlt noch mindestens eine Provenienz.

4.15 Quercus petraea

Verbreitung und genetische Variabilität

Das natürliche Verbreitungsgebiet von *Quercus petraea* erstreckt sich praktisch über den ganzen europäischen Raum bis in die Türkei und nach Russland. Davon ausgenommen sind lediglich grosse Teile der iberischen Halbinsel. In der Schweiz ist die Traubeneiche vorwiegend in tiefen Lagen (kolline und submontane Höhenstufe) beheimatet, besonders dort, wo die Buche an Konkurrenzkraft verliert (wie im Jura und Tessin, sowie in den tiefsten Lagen des Mittellandes).

Mit der wirtschaftlich wichtigen Buche wurden viele Provenienzversuche durchgeführt. Dabei haben zum Beispiel die südeuropäischen Herkünfte empfindlicher auf Spätfrost reagiert (Liepe 1993). Durch den Klimawandel dürfte die Traubeneiche von ihrer südlichen Verbreitungsgrenze zurückweichen. Bei einem Herkunftsversuch wurden Traubeneichen an ihrer südlichen Verbreitungsgrenze und auf weiteren Standorten getestet, dabei reagierten sie sehr stark auf den Teststandort (grosse Plastizität), während die Herkunft der Traubeneiche einen geringeren Einfluss auf die Klimasensitivität hatte (geringe Differenzierung; Sáenz-Romero *et al.* 2017).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Region	Höhe ü. M. min.	Höhe ü. M. max.	KWB-Klassen									
			< -50	-50 - -40	-40 - -30	-30 - -20	-20 - -10	-10 - 0	0 - 25	25 - 50	50 - 75	> 75
1. Tessin	400	700								x	x	x
2. Mittelland, West	400	600						x	x	x		
3. Jura	400	700						x	x	x		
4. Mittelland, Ost	360	600						x	x	x		
5. Vor- Zwischenalpen: Wallis, Luzern, Interlaken, Weesen, Rheintal	600	700						x	x	x	x	x

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Land / Region	KWB-Klassen										
	< -75	-75 - -50	-50 - -40	-40 - -30	-30 - -20	-20 - -10	-10 - 0	0 - 25	25 - 50	50 - 75	> 75
1. Türkei, Griechenland, Mazedonien, Bulgarien	x	x	x	x							
2. Ungarn		x	x	x	x						
3. Frankreich Zentrum kontinental		x	x	x	x	x					
4. Deutsch-polnisches Grenzgebiet östlich von Berlin		x	x	x	x						

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Wir konnten Saatgut von 5 inländischen Provenienzen aus dem Tessin (Serpiano/Monte S. Giorgio, Brusino Arsizio und Cavergno/Ronchi, Cevio, Lattecaldo), dem Jura (Bannwald, Olten, Emme), den Vor- und Zwischenalpen (Gonda, Falera, Rodels) und dem Mittelland (Mammerner Wald, Mammern, Kressibucher) beschaffen. Die Provenienz Ober Eichelried, Galm im Mittelland West konnte leider nicht beerntet werden. Aus dem Ausland konnten wir 3 Provenienzen beschaffen aus der Türkei (Amasya Vezirköprü, Çorakdere Köyü, Saïd Dagdas), aus Ungarn (QUPE-12-121160/285m, Magyarlak, Juhász) und aus Frankreich (QPE105, Sud Bassin Parisien, ONF).

4.16 Quercus robur

Verbreitung und genetische Variabilität

Das Verbreitungsgebiet der Stieleiche (*Quercus robur*) und das Verbreitungsgebiet der Traubeneiche (*Q. petraea*) überlappen sich grossflächig. Weil die beiden Arten sich untereinander kreuzen und es oft schwierig ist, ein Individuum morphologisch einer Art zuzuordnen, werden Traubeneiche und Stieleiche oft verwechselt. Genetisch unterscheidet sich die Stieleiche stärker von der Traubeneiche und der Flaumeiche als die letzteren beiden Arten voneinander (Rellstab *et al.* 2016).

Sowohl für die Traubeneiche als auch für die Stieleiche wurden zwei unterschiedliche eiszeitliche Refugien nachgewiesen (Apennin und Balkan), und aus beiden wanderten Eichen in die Schweiz ein (Finkeldey & Mátyás 2003). Durch den grossräumigen Genfluss über die weitfliegenden Pollen gibt es wenig genetische Differenzierung zwischen Herkünften. Die Standortsbedingungen zeigen einen grösseren Einfluss auf das

Baumwachstum (grosse Plastizität) als die Herkunftsregionen (geringe Differenzierung). Die grosse Plastizität der Eichen beruht auf einer hohen genetischen Vielfalt, welche die lokale Anpassung durch natürliche Selektion ermöglicht (Sperisen *et al.* 2016).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Region	Höhe ü. M. min.	Höhe ü. M. max.	KWB-Klassen									
			< -50	-50 - -40	-40 - -30	-30 - -20	-20 - -10	-10 - 0	0 - 25	25 - 50	50 - 75	> 75
1. Mittelland Ost	400	600							x	x	x	x
2. Mittelland West	400	600						x	x	x		
3. Juranordfuss	300	550						x	x	x		
4. Tessin	300	600							x	x	x	x

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Land / Region	KWB-Klassen										
	< -75	-75 - -50	-50 - -40	-40 - -30	-30 - -20	-20 - -10	-10 - 0	0 - 25	25 - 50	50 - 75	> 75
1. Kroatien, Bosnien-Herzegowina (Grenzgebiet, Slawonien)					x	x	x	x	x		
2. Italien Turin				x	x	x	x	x	x		
3. Griechenland, Mazedonien, Albanien		x	x	x	x	x	x				
4. Bulgarien NO, Rumänien Süden und Osten		x	x	x	x	x	x				
5. Österreich NO									x	x	x

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Wir haben 5 inländische Provenienzen ausgewählt aus dem Mittelland Ost (Schwesterrain, Tägerwilen, Kressibucher), aus dem Mittelland West (Les Râpes/Les Moilles, Morens FR, Emme), aus den Voralpen (Bois de Monteynan, Marly, Emme), vom Juranordfuss (Schachen, Aristau, WSL) und aus dem Tessin (Bolle di Magadino/Bograsso, Gordola, Lattecaldo). Aus dem Ausland konnten wir 3 Provenienzen beschaffen aus Kroatien (Ljeskovače, Nova Gradiška, Slawonien, Hrvatski šumarski institute), Italien (Monte Fontane, Verona, Peri) und Bulgarien (C02-QRO-02-3-003-1-2, Bezvoditsa, FSCS Sofia).

4.17 Sorbus torminalis

Verbreitung und genetische Variabilität

Sorbus torminalis ist eine submediterrane Baumart, die in West-, Mittel- und Südeuropa weitverbreitet ist. Sie kommt ausserdem auf dem Balkan in Kleinasien und im Kaukasus und in den nordafrikanischen Gebirgen vor (Aas 2011). Als konkurrenzschwache Art ist *S. torminalis* aber insgesamt selten und beschränkt sich in der Regel auf Störungsflächen und Waldränder (Aas 2011). Die Verbreitungsschwerpunkte liegen in Frankreich im Pariser Becken und im Elsass sowie auf dem Balkan (Nicolescu *et al.* 2009). Die Schweiz liegt am Rand des Verbreitungsgebiets. *S. torminalis* kommt hier insbesondere in der Region Basel, im Jura, am Jurasüdfuss und in der Region Schaffhausen bis auf etwa 700 m ü. M. vor (Kutzelnigg 1994).

S. torminalis vermehrt sich gut über Samen, aber auch sehr gut vegetativ. Weiter hybridisiert er oft mit *S. aria*, was teilweise zur Ausbildung von lokalen Kleinarten führen kann (Aas 2011). Sowohl die Differenzierung zwischen Populationen als auch die genetische Diversität innerhalb der Populationen von *S. torminalis* ist relativ hoch, was allerdings möglicherweise zumindest teilweise auf frühere Waldbaumethoden zurückzuführen ist, welche *S. torminalis* stärker begünstigten (Angelone *et al.* 2007).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Wegen der relativen Seltenheit von *S. torminalis* in der Schweiz sollen nur 2-3 inländische Provenienzen eingesetzt werden. Aufgrund der Verbreitung der Art in der Schweiz handelt es sich dabei um die für die Schweiz relativ trockenen Regionen Basel, Schaffhausen und Jurasüdfuss.

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Mittelland: SH, TG, BL	400	800					x	x	x	x		

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Die inländischen Provenienzen sollen durch 4-5 ausländische Provenienzen ergänzt werden. Diese sollen nach Möglichkeit aus Herkunftsregionen stammen, die einerseits das Zentrum der Artverbreitung, welches in Frankreich und auf dem Balkan liegt, anderseits warm-trockene Regionen innerhalb des Areals von *S. torminalis* abdecken (Südspanien, Südfrankreich, Italien, Grenzgebiet Moldawien/Rumänien, Polen).

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Frankreich (z.B. Pariser Becken)					x	x	x				
2. Südfrankreich (Region Marseille)				x	x	x	x				
3. Ostfrankreich (Region Elsass)					x	x	x	x	x		
4. Ost-Spanien (Region Barcelona)				x	x	x	x				
5. Italien (Region Apulien)			x	x	x	x	x				
6. Grenzgebiet Moldawien/Rumänien		x	x	x	x	x	x				
7. Ungarn			x	x	x	x					
8. Polen				x	x	x					

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Aus der Schweiz konnten zwei Provenienzen (S Niederbipp mit Mutterbäumen aus Schaffhausen, Niederbipp, Emme und Gwölb, Schaffhausen, WSL) beschafft werden. Die autochthone Provenienz Gwölb wurde durch das Team des WSL Versuchsgartens im Oktober 2018 beerntet. Zusätzlich wurde die Provenienz Geissberg im Oktober 2018 vom Testpflanzungsteam beerntet. Bei dieser Provenienz (Geissberg, Schaffhausen, WSL) handelt es sich um eine SPL, die aus Mutterbäumen von unterschiedlichen Elsbeerenvorkommen im Kanton Schaffhausen angelegt wurde. Dieses Saatgut sollte nur verwendet werden, wenn nicht genügend autochthone Provenienzen beschafft werden können. Aus den ausländischen Herkunftsregionen konnten zwei Provenienzen aus dem Schwerpunkt des Verbreitungsgebiets in Frankreich (Valay, Île de France, ONF und Boulogne, Alsace/Lorraine,

ONF) beschafft werden. Drei weitere Provenienzen stammen aus warm-trockenen Gebieten an der westlichen und südlichen Verbreitungsgrenze in Spanien (Alcarrias, Alcarrias, El Serranillo) und Italien (Monte Sedea, Marostica, Peri) sowie aus Polen (Syców Arboretum mit Mutterbäumen aus der Region Poznan, Poznan, Leśne).

4.18 *Tilia cordata*

Verbreitung und genetische Variabilität

Reinbestände bildet die *Tilia cordata* nur auf Spezialstandorten (Blockschutthalden) oder in Osteuropa (Polen, Baltikum, Russland). Als beigemischte Baumart ist sie aber in Europa zwischen dem 40. und dem ca. 63. Breitengrad weitverbreitet und fehlt nur auf grossen Teilen der iberischen Halbinsel.

Winter- und Sommerlinde hybridisieren untereinander und sind morphologisch oft schwer zu unterscheiden. Ihre Populationen sind räumlich genetisch differenziert. Linden sind selbstfertil, trotzdem ist Inzucht kaum ein Problem. Embryos von weiter auseinanderliegenden Individuen sind grösser und überleben öfters als Embryos aus Selbstbefruchtung (Andrea R. Pluess, Nebenbaumarten, unveröffentlicht).

Gewählte inländische Herkunftsregionen

Region	**Höhe ü. M. min.**	**Höhe ü. M. max.**	**KWB-Klassen**									
			< -50	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Tessin	400	1000								x	x	x
2. Voralpen Hochlagen	600	1100								x	x	x
3. Mittelland	300	650						x	x	x		

Gewählte ausländische Herkunftsregionen

Land / Region	**KWB-Klassen**										
	< -75	**-75 - -50**	**-50 - -40**	**-40 - -30**	**-30 - -20**	**-20 - -10**	**-10 - 0**	**0 - 25**	**25 - 50**	**50 - 75**	**> 75**
1. Romania: Muntii Mcinului		x	x	x							
2. Ungarn: NW Budapest		x	x	x	x						
3. Frankreich, Île de France					x	x					
4. Bulgarien Razgrad			x	x	x						
5. Ukraine nördl. von Moldawien				x	x	x					

Saat- und Pflanzgutbeschaffung

Bei den inländischen Provenienzen haben wir uns für die 4 Provenienzen aus dem Tessin (Scudellate, Breggia, Lattecaldo), den Voralpen (Freilichtmuseum Ballenberg, Hofstetten bei Brienz, Emme und Murg Allmeind, Quarten, WSL) und dem Mittelland (Senseau, Wünnewil-Flamatt, Emme) entschieden. Aus dem Ausland konnten wir bisher Provenienzen aus Ungarn (Zsédeny, Vas-Zalai-Hegyhát, Juhász) und Frankreich (TCO130 OUEST, Île de France, Vilmorin) beschaffen. Es fehlt noch mindestens eine Provenienz.

5 Literatur

Aas, G. (2011) Die Elsbeere (*Sorbus torminalis*) – Biologie, Ökologie und Diversität. In: *Beiträge zur Elsbeere*, LWF Wissen 67.

Adami, M. (2013) *Zedernpflanzungen in der Romandie. Eine Studie im Forschungsprojekt «Gastbaumarten»*. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 13 S.

Angelone, S., Hilfiker, K., Holderegger, R., Bergamini, A., Hoebee, S.E. (2007) Regional population dynamics define the local genetic structure in *Sorbus torminalis*. *Molecular Ecology* 16: 1291-1301.

BAFU (2019) *Nationaler Kataster der Samenerntebestände NKS*. Webseite: https://www.nks.admin.ch

Bariteau, M., Vauthier, D. (2011) Main results from the French cedar comparative field test network. In: Besacier, Ch., Ducci, F., Malagnoux, M., Souvannavong, O. (Eds.*): Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources*. CRA SEL, Arezzo and FAO-Silva Mediterranea, Rome, Italy: 61-64.

Bariteau, M., Vauthier, D., Pomery, J., Rei, F., Royer, J. (2007) Les meilleures provenances de cèdres pour le reboisement en France méditerranéenne. *Forêt-entreprise* n°174-Mai 2007.

Bariteau, M., Panetsosm, K. P., M'Hirit, O., Scaltsoyannes, A. (1999) Variabilité génétique du cèdre de l'atlas en comparaison avec les autres cèdres méditerranéens. *Forêt méditerranéenne* 20:4, décembre 1999.

Benabid, A. (1994) Biogéographie, phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti). Le cèdre de l'Atlas. Actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 27 (Spécial): 62–76.

Bergmann, F., Gregorius, H.R., Larsen, J.B. (1990) Levels of genetic variation in European silver fir (*Abies alba*). *Genetica* 82: 1-10.

Bittkau, C. (2003) *Charakterisierung der genetischen Variation europäischer Populationen von Acer spp. und Populus tremula auf der Basis der Chloroplasten-DNA. Rückschlüsse auf die postglaziale Ausbreitung und Differenzierung forstlicher Provenienzen*. Diss. TU München, 127 S.

Blanc-Jolivet, C., Degen, B. (2014) Using simulations to optimize genetic diversity in *Prunus avium* seed harvests. *Tree Genet. Genomes* 10(3): 503-512.

Bolte, A., Czajkowski, T., Cocozza, C., Tognetti, R., de Miguel, M., Psidova, E., Ditmarova, L., Dinca, L., Delzon, S., Cochard, H., Raebild, A., de Luis, M., Cvjetkovic, B., Heiri, C., Muller, J. (2016). Desiccation and Mortality Dynamics in Seedlings of Different European Beech (*Fagus sylvatica* L.) Populations under Extreme Drought Conditions. *Front Plant Sci* 7: 751.

Breitenbach-Dorfer, M., Pinsker, W., Hacker, R., Müller, F. (1992) Clone identification and clinal allozyme variation in populations of *Abies alba* from the Eastern Alps (Austria). *Pl Syst Evol* 181: 109-120.

Burger, H. 1931. Einfluss der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften forstlicher Holzgewächse. III. Mitteilung: Die Föhre. *Mitteilungen der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen* 16: 153-230.

Burger, H. (1933) Dänische und schweizerische Buchen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 84: 46-52.

Bürgi, A., Diez, C. (1986) Übersicht über den Exotenanbau in der Schweiz aufgrund einer Umfrage vom Herbst/Winter 1984/85. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 137: 833-851.

Campbell, R. K. (1979) Genecology of Douglas-fir in a watershed in the Oregon Cascades. *Ecology* 60(5): 1036-1050.

Carvalho, J., Loureiro, A., Bariteau, M. (2011) Provenances trial of *Cedrus atlantica* Manetti in north-eastern Portugal. In: Besacier Ch., Ducci F., Malagnoux M., Souvannavong O. (Eds.): *Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources*. CRA SEL, Arezzo and FAO-Silva Mediterranea, Rome, Italy: 65-67.

Caudullo, G., Tinner, W., de Rigo, D. (2016) *Picea abies* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e012300+

Caudullo, G., de Rigo, D. (2016) *Acer platanoides* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e019159+

Cheddadi, R., Birks, H. J. B., Tarroso, P., Liepelt, S., Gömöry, D., Dullinger, S., … Laborde, H. (2014) Revisiting tree-migration rates: *Abies alba* (Mill.), a case study. *Vegetation History and Archaeobotany* 23(2): 113-122.

Cheddadi, R., Fady, B., François, L., Hajar, L., Suc, J.-P., Huang, K., Demarteau, M., Vendramin, G. G., Ortu, E. (2009) Putative glacial refugia of *Cedrus atlantica* deduced from Quaternary pollen records and modern genetic diversity. *Journal of Biogeography* 36: 1361-1371.

Commarmot, B. (1997) Anbauversuch mit kalabrischen Tannen in verschiedenen Höhenlagen – erste Ergebnisse. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 148(5): 353-365.

Commarmot, B. (1995) Internationaler Weisstannen-Herkunftsversuch: Entwicklung der Herkünfte bis zum Alter 12 auf der Versuchsfläche Bourrignon im Schweizer Jura. In *Ergebnisse des 7. IUFRO Tannen-Symposium der WP S. 1.01-08, «Ökologie und Waldbau der Weisstanne»* (pp. 59-68).

Comps, B., Thiebaut, B., Merzeau, D. (1991) Genetic variation in European beech stands. In: Müller-Strack, G., Ziehe, M. (Eds.): *Genetic variation in European populations of forest trees*. Sauerländer, Frankfurt am Main.

de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., San-Miguel-Ayanz, J. (2016) The European Atlas of Forest Tree Species: modelling, data and information on forest tree species. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e01aa69+.

Diez, C. (1989) Der Waldkirschbaum – Porträt einer Baumart. *Wald und Holz* 70(9): 780-795.

Ducci, F., Santi, F. (1997) The distribution of clones in managed and unmanaged populations of wild cherry. *Can. J. For. Res*. 27(12): 1998-2004.

Ellenberg, H. (1996) *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. 5th ed. Ulmer, Stuttgart, 1096 pp.

Engler, A. (1905) Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.). *Mitteilungen der Schweizerischen Zentralanstalt für das Forstliche Versuchswesen* 8: 225–236.

Eriksson, G.; Black-Samuelsson, S.; Jensen, M.; Myking, T.; Rusanen, M.; Skroppa, T.; Vakkari, P.; Westergaard, L. (2003) Genetic variability in two tree species, *Acer platanoides* L. and *Betula pendula* Roth, with contrasting life-history traits. *Scand. J. Forest Res*. 18(4): 320-331.

European Forest Genetic Resources Programme (2019) Species Distribution Maps. Online: http://www.euforgen.org/species/.

Fick, S.E. and R.J. Hijmans (2017) WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37: 4302–4315.

Finkeldey, R., and G. Mátyás, G. (2003) Genetic variation of oaks (*Quercus* spp.) in Switzerland. 3. Lack of impact of postglacial recolonization history on nuclear gene loci. *Theoretical and Applied Genetics* 106: 346-352.

Frank, A., Sperisen, C., Howe, G.T., Brang, P., Walthert, L., St. Clair, J.B., Heiri, C. (2017) Distinct genecological patterns in seedlings of Norway spruce and silver fir from a mountainous landscape. *Ecology* 98(1): 211-227.

Frei, E.R., Streit, K., Brang, P. (2018) *Baumartenwahl für Testpflanzungen*. Version 2, 19.3.2018. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 13 S. https://www.wsl.ch/fileadmin/user_upload/WSL/Projekte/testpflanzungen/Dokumente_deutsch/Baumartenwahl_Testpflanzungen_V2.pdf

Fusaro, E. (2011) *Cedrus atlantica* and *Cedrus libani* provenances tests. Synthesis of the research carried out in Italy. In: Besacier Ch., Ducci F., Malagnoux M., Souvannavong O. (Eds.): *Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources.* CRA SEL, Arezzo and FAO-Silva Mediterranea, Rome, Italy: 68-74.

Gams, H. (1925) *Aceraceae*. In: Hegi, G. (Hrsg.): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Bd. V/1. Parey Verlag, Berlin, Hamburg, 262–280.

Geyer, J., Brang, P. (2019) Ertragskundliche Versuchsfläche Bois de Forel – Auswertung der Waldinventur 2018 und Jahrringstudie zur Trockenheitstoleranz von Atlaszeder, Douglasie und Schwarzföhre. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. 52 S.

Gordon, T.R., Kirkpatrick, S.C., Aegerter, B.J., Wood D.L., Storer A.J. (2006) Susceptibility of Douglas fir (Pseudotsuga menziesii) to pitch canker, caused by *Gibberella circinata* (anamorph = *Fusarium circinatum*). *Plant Pathology* 55: 231–237.

Hermann, R.K., Lavender, D.P. (1990) *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco - Douglas-fir. Pp. 527-540 in: Burns, R.M., Honkala, B.H. (techn. coords.): *Silvics of North America*, Vol. 1, Conifers. Agric. Handbook 654. U.S. Dept. of Agric., For. Serv., Washington, D.C., U.S.A.

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

Houston Durrant, T., de Rigo, D., Caudullo, G. (2016) *Fagus sylvatica* and other beeches in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston, Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e012b90+

Huntley, B., Birks, H.J.B. (1983) *An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0–13000 years ago*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hussendörfer, E. (1997) Untersuchungen über die genetische Variation der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) unter dem Aspekt der in situ Erhaltung genetischer Ressourcen in der Schweiz. *Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins* 83: 151 S.

Kapeller, S., Schueler, S., Huber, G., Božič, G., Wohlgemuth, T., Klumpp, R. (2012) Provenance Trials in Alpine Range. In: Cerbu, G., Hanewinkel, M., Gerosa, G. Review and Perspectives for Applications in Climate Change in Management Strategies to Adapt Alpine Space Forests to Climate Change Risks. *InTechOpen*, London, pp. DOI: 10.5772/56283.

Karger, D.N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E., Linder, H.P., Kessler, M. (2017) Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data* 4: 170122.

Kerr, G., Niles, J. (1998) Growth and provenance of Norway maple (*Acer platanoides*) in lowland Britain. *Forestry* 71(3): 219-224.

Kleinschmit, J., Kleinschmit, J.R.G. (2009) Genetics and Tree Breeding. In: Spiecker, H.; Hein, S.; Makkonen-Spiecker, K.; Thies, M. (Red.), *Valuable Broadleaved Forests in Europe*. Brill, Leiden, The Netherlands, 45-60.

Kleinschmit, J., Bastien, J.C. (1992) IUFRO's role in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) tree improvement. *Silvae Genet*. 41: 161-173.

Kleinschmit, J., Racz, J., Weisgerber, H., Dietze, W., Dimpflmeier, R. (1974) Ergebnisse aus dem internationalen Douglasien-Herkunftsversuch von 1970 in der Bundesrepublik Dcutschland. *Silvae Genetica* 23(6): 167-176.

Kobliha, J., Stejskal J., Lstibůrek, M., Marušák, R., Slávik M. (2013) Selection of European larch provenances based on productivity and economic values. *Journal of Forest Science* 59(11): 424–435.

König, A.O. (2005) Provenance reserach: evaluating the spatial pattern of genetic variation. In: Geburek T., Turok J. (Eds.), *Conservation and Management of Forest Genetic Resources in Europe*, Arbora Publishers, Zvolen, pp. 685.

König, A.O. (2012) *Cedrus atlantica*. In: *Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie*. 60. Erg. Lfg. Weinheim: Wiley-VCH. Band III-1.

Konnert, M., Alizoti, P., Bastien, J.-C., Chakraborty, D., Cvjetkovic, B., Klisz, M., Kroon J., Mason, B., Neophytou, C., Schueler, S., van Loo, M., Westergren, M., Andonovski, V., Andreassen, K., Brang, P., Brus, R., Đodan, M., Fernández, M., Frýdl, J., Karlsson, B., Keserű, Z., Kormutak, A., Lavnyy, V., Maaten, T., Matti, R., Mihai, G., Monteverdi, M.C., Perić, S., Petkova, K., Popov, E., Stojnic, S., Tsvetkov, I. (2018) *European provenance recommendations for selected non-native tree species – WG2 Report*. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria. 53 S.

Konnert, M., Bergmann, F. (1995) The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, *Pinaceae*) in relation to its migration history. *Plant Systematics and Evolution* 196: 19–30.

Konnert, M., Schirmer, R. (2011) Weißtanne und Küstentanne – Herkunftsfragen und weitere genetische Aspekte. *LWF Wissen* 66: 20–27.

Korpec, S., Paule, L. (1984) Beitrag zum Studium der geografischen Variabilität der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) aufgrund eines Provenienzversuches mit tschechoslowakischen und polnischen Provenienzen. *Silvae Genet* 33: 177-182.

Kramer W. (1980) Vorschlag für einen internationalen Herkunftsversuch von Weißtanne (*Abies alba* Mill.). In: Mayer H (ed.) 3. *Tannen-Symposium*. Vienna: Österreichischer Agrarverlag.

Krutzsch, P. (1992) IUFRO's role in coniferous tree improvement: Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Silvae Genet*. 41: 143-150.

Kunz, R. (1969) Zur Verbreitung des schneeballblättrigen Ahorns (*Acer Opalus* Miller) im untern Birstal und im Gebiet um Basel. Festschr. Leibundgut. *Beih. Z. Schweiz. Forstverein* 46: 281-288.

Kutzelnigg, H. (1994) *Sorbus*. In: Hegi, G. (Hrsg.): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Wien, 328-385.

Ladjal, M., Huc, R., Ducrey, M. (2005) Drought effects on hydraulic conductivity and xylem vulnerability to embolism in diverse species and provenances of Mediterranean cedars. *Tree physiology* 25: 1109-1117.

Lamarque, L.J., Lortie, C.J., Porte, A.J., Delzon, S. (2015) Genetic differentiation and phenotypic plasticity in life-history traits between native and introduced populations of invasive maple trees. *Biol. Invasions* 17(4): 1109-1122.

Larsen, J.B. (1981) Waldbauliche und ertragskundliche Erfahrungen mit verschiedenen Provenienzen der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) in Dänemark. *Forstw. Centralblatt* 100: 275-286.

Lefèvre, F., Boivin, T., Bontemps, A., Courbet, F., Hendrik D., Durand-Gillmann, M., Fady, B., Gauzere, J., Gidoin, C., Karam, M.-J., Lalagüe, H., Oddou-Muratorio, S., Pichot, C. (2014) Considering evolutionary processes in adaptive forestry. *Annals of Forest Science* 71: 723-739.

Liepe, K. (1993) Growth-chamber trial on frost hardiness and field trial on flushing of sessile oak (*Quercus petraea* Liebl). *Ann. For. Sci.* 50 (Supplement): 208-214.

Lupi, E. (2016) Performance of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) provenances from California in France and other Atlantic Europe regions; opportunities and risks in a changing climate context. Masterarbeit, Universität Freiburg.

Lüthy, H. (2005) Nachzucht und Anbau des Nussbaums als Waldbaum. *Wald und Holz* 86(6): 49-53.

Matyas, C., Nagy, L., Ujvari Jarmay, E. (2009) Genetic Background of Response of Trees to Aridification at the Xeric Forest Limit and Consequences for Bioclimatic Modelling. In: Strelcova K., Matyas, C., Kleidon, A., Lapin, M., Matejka, F., Blazenec, M. Skavarenina, J., Holecy, J. (Eds.), *Bioclimatology and Natural Hazards*. Springer, Science + Business Media B.V., 299 pp.

Maurer, W.D. (ed.) (2003) Ökologie und Waldbau der Weisstanne (*Abies alba* Mill.). Tagungsbericht 10. Int. IUFRO Tannensymposium, Trippstadt, 16.-20, Sept. 2002. *Mitt. Forschungsanstalt f. Waldökologie u. Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz* 50/03, Trippstadt, Germany.

Mayer, H., Reimoser, F., Kral, F. (1980). Ergebnisse des Internationalen Tannenherkunftsversuches Wien 1967-1978, Morphologie und Wuchsverhalten der Provenienzen. 3. Tannen-Symposium Wien 1980, Wien, Waldbau-Institut, Universität für Bodenkultur. p. 109-138.

Muhs, H.-J. (1988) Die Anlage des Internationalen Buchenherkunftsversuchs 1983-1985. In: Korpel, S. and Paule, L. (eds.) *3. IUFRO Buchensymposium*, Hochschule für Forstwirtschaft und Holztechnologie, Zvolen, 77-83.

Muller, S.D., Nakagawa, T., De Beaulieu; J.L., Court-Picon, M., Carcaillet, C., Miramont, C., Roiron, P., Boutterin, C., Ali, A., Bruneton, H. (2007) Post-glacial migration of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the southwestern Alps. *J Biogeogr* 34: 876–899.

Nather, J., Holzer, K. (1979) Über die Bedeutung und die Anlage von Kontrollflächen zur Prüfung von anerkanntem Fichtenpflanzgut. *Informationsdienst Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien* 181.

Nicolescu, V.N., Hochbichler, E., Coello Gomez, J., Ravagni, S., Giulietti, V. (2009) Ökologie und Waldbau der Elsbeere (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz): Eine Literaturübersicht. *Die Bodenkultur* 60: 35.

Orazio C, Cordero Montoya R, Di Lucchio L, Cantero A, Diez Casero J *et al.* (2013) *Arboretum and demonstration site catalogue REINFFORCE (REsource INFrastructures for monitoring, adapting and protecting European Atlantic FORests under Changing climate)*. Mérignac: Laplante. 96 p

Packham, J. R., Thomas, P. A., Atkinson, M. D., Degen, T. (2012) Biological Flora of the British Isles: *Fagus sylvatica*. *Journal of Ecology* 100: 1557-1608.

Pasta, S., de Rigo, D., Caudullo, G. (2016) *Acer pseudoplatanus* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e01665a+

Pollegioni, P., K. E. Woeste, F. Chiocchini, I. Olimpieri, V. Tortolano, J. Clark, G. E. Hemery, S. Mapelli, Malvolti, M.E. (2014) Landscape genetics of Persian walnut (*Juglans regia* L.) across its Asian range. *Tree Genetics & Genomes* 10: 1027-1043.

R Core Team (2018) *R: A language and environment for statistical computing*, https://www.R-project.org, R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

Rellstab, C., Zoller, S., Walthert, L., Lesur, I., Pluess, A.R., Graf, R., Bodénès, C., Sperisen, C., Kremer, A., Gugerli, F. (2016) Signatures of local adaptation in candidate genes of oaks (*Quercus* spp.) with respect to present and future climatic conditions. *Molecular Ecology* 25(23): 5907-5924.

Richter, E. (2014) Baumhasel – Bestandesstruktur und Wachstum. *AFZ/Der Wald* 59 (5): 13-16.

Rohmeder, E., Schönbach, H. (1959) Genetik und Züchtung der Waldbäume. Parey, Hamburg; Berlin.

Roloff, A., Weisgerber, H., Lang, U. M., Stimm, B. (2017) *Enzyklopädie der Holzgewächse – Handbuch und Atlas der Dendrologie*. Wiley-VCH, Weinheim.

Rütz, W.F., Franke, A., Stimm, B. (1998) Der Süddeutsche Weisstannen (*Abies alba* Mill.)-Provenienzversuch. Jugendentwicklung auf den Versuchsflächen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 169 (6/7);116–126.

Sáenz-Romero, C., Lamy, J. B., Ducousso, A., Musch, B., Ehrenmann, F., Delzon, S., Cavers, S., Chałupka, W., Dağdaş, S.,Hansen, J. K. (2017) Adaptive and plastic responses of *Quercus petraea* populations to climate across Europe. *Global Change Biology* 23: 2831-2847.

Šeho, M., Ebinger, T., Huber, G., Konnert, M. (2016) Baumhasel – Saatgut und Vermehrung im Fokus. In: *Deutsche Baumschule* 8: 42-45.

Schmid, M., Pautasso, M., Holdenrieder, O. (2014) Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. *European Journal of Forest Research* 133: 13–29.

Schmidt-Vogt, H. (1987) *Die Fichte*. Ein Handbuch in zwei Bänden. Bd. 1 (2. Aufl. 1987), Bd. 2 (1991, 3. Auflage). Verlag P. Parey Hamburg und Berlin

Schmidt-Vogt, H. (1991) *Die Fichte*. Ein Handbuch in zwei Bänden. Bd. 2 (1991, 3. Auflage). Verlag P. Parey Hamburg und Berlin

Schober, R. (1958) Ergebnisse von Lärchen-Art- und Provenienzversuchen. *Silvae Genet*. 7: 137-154.

Schober, R. (1967) Phänologie und Höhenwachstum der Lärche im Jahresablauf in ihrer Abhängigkeit von Provenienz und Witterung. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 138: 65-75, 97-107.

Schrödter, H. (1985) *Verdunstung. Anwendungsorientierte Messverfahren und Bestimmungsmethoden*. Springer Verag, Berlin, 186 pp.

Schueler, S., Kapeller, S., Konrad, H., Geburek, T., Mengl, M., Bozzano, M., Koskela, J., Lefèvre, J.H., Hubert, J., Kraigher, H., Longauer, R., Olrik, D.C. (2013) Adaptive genetic diversity of trees for forest conservation in a future climate: a case study on Norway spruce in Austria. *Biodivers Conserv* 22: 1151–1166.

Seho, M., Ebinger, T., Huber, G., Konnert, M. (2016) Baumhasel - Saatgut und Vermehrung im Fokus. *Deutsche Baumschule* 8: 42-45.

Sinclair, W., Morman, J., Ennos, R. (1999) The postglacial history of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in western Europe: evidence from mitochondrial DNA variation. *Molecular Ecology* 8: 83-88.

Sperisen, C., Plüss, A.R., Arend, M., Brang, P., Gugerli, F., Heiri, C. (2016) Erhaltung genetischer Ressourcen im Schweizer Wald - heutige Situation und Handlungsbedarf im Klimawandel. Pages 367-383 in A. R. Plüss, P. Brang, and S. Augustin, editors. *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien.* Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL; Haupt, Bern, Birmensdorf; Bern, Stuttgart, Wien.

Stauffer, A. (1992) Anbauempfehlung für die Douglasie in der Schweiz: ein Vorschlag. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 143: 917-939.

Stimm, B., Dong, P. H. (2001) The Kaiserslautern Douglas fir provenance trial after nine decades of observation. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 120: 173-186.

Stocker, R. (2013) Schneeballblättriger Ahorn (*Acer opalus*). *Zürcher Wald* 45(3): 27.

Storer, A.J., Gordon T.R., Clark S.L. (1998) Association of the pitch canker fungus, *Fusarium subglutinans* f.sp. *pini*, with Monterey pine seeds and seedlings in California. *Plant Pathology* 47: 649–656.

Taeger, S., Zang, C., Liesebach, M., Schneck, V., Menzel, A. (2014) Wie reagieren verschiedene Herkünfte der Kiefer auf Trockenheit? *LWF aktuell* 98: 44-48.

Tabel U. (2000) Stand der Vorbereitungen zum 2. IUFRO-Weißtannen-Herkunftsversuch. *Proceedings of the 9th International European Silver Fir Symposium*, Skopje / Macedonia. IUFRO WP 1.05-16.

Terhürne-Berson, R., Litt, T., Cheddadi, R. (2004) The spread of *Abies* throughout Europe since the last glacial period: combined macrofossil and pollen data. *Veget Hist Archaeobot* 13: 257–268

Turc, L. (1963) Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle, formulation simplifié et mise à jour. *Ann. Agron*. 12: 13-49.

van der Knaap, W.O., Leeuwen, J.F.N., Finsinger, W., Gobet, E., Pini, R., Schweizer, A., Valsecchi, V., Ammann, B. (2005) Migration and population expansion of Abies, Fagus, Picea, and Quercus since 15,000 years in and across the Alps, based on pollen-percentage threshold values. *Quaternary Science Reviews* 24: 645–680.

Van Gelderen, D.M., De Jong, P.C., Oterdoom, H. J. (1994) *Maples of the world*. Timber Press, Portland, Oregon.

Vaughan, S.P., Cottrell, J.E., Moodley, D.J., Connolly, T., Russell, K. (2007) Clonal structure and recruitment in British wild cherry (*Prunus avium* L.). *For. Ecol. Manage.* 242(2-3): 419-430.

Von Wuehlisch, G. (2004) Series of international beech provenance trials. In. Sagheb-Talebi, K.; Madsen, P.; Terazawa, K., (eds.) *Proceedings of the seventh IUFRO 1.10.00 Meeting on improvement and silviculture of beech*, 10.-15.05.2004, Tehran, Iran pp. 136-145.

Welk, E., de Rigo, D., Caudullo, G. (2016) *Prunus avium* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J.; de Rigo, D.; Housten Durrant, T.; Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. 140-141.

Weller, A. (2012) Douglasien-Provenienzversuch von 1961 in Nordwestdeutschland: Ergebnisse nach 38 Jahren. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 163: 105-114.

Wolf, H. (ed.) (1994) Weisstannen-Herkünfte. Neue Resultate zur Provenienzforschung bei *Abies alba* Mill. *Contributiones Biologiae Arborum*, Band 5., ecomed Verlag, Landsberg, Deutschland, S. 107-130.

Wolf, H., Braun, H. (1996) Beiträge der Forstpflanzenzüchtung zur Erhaltung und Erhöhung der genetischen Vielfalt. In: Müller-Strack, G. (Ed.): *Biodiversität und nachhaltige Forstwirtschaft*. ecomed, Landsberg.

Zimmermann, J., Hauck, M., Dulamsuren, C., Leuschner, C. (2015) Climate warming-related growth decline affects *Fagus sylvatica*, but not other broad-leaved tree species in central european mixed forests. *Ecosystems* 18(4): 560-572.

Anhang 1: Auswahl des Klimaparameters für den klimatischen Gradienten

A) Recherche möglicher Klimaparameter

Vom Testpflanzungsteam wurden folgende Auswahlkriterien definiert für die Wahl des Klimaparameters:

- Der Klimagradient sollte möglichst durch einen einzigen Klimaparameter aufgespannt werden.
- Der Klimaparameter sollte für alle Baumarten gleich sein (trotz unterschiedlichen Habitatansprüchen und Verbreitungsarealen).
- Der Klimaparameter sollte zumindest Temperatur und Niederschlag enthalten.
- Die benötigten Faktoren für die Berechnung des Klimaparameters sollten europaweit (für Douglasie global) im 1 km-Raster vorhanden und erhältlich sein.

Das Testpflanzungsteam schlug folgende Klimaparameter zur Auswahl vor, die Temperatur und Niederschlag umfassen:

Klimaparameter	Benötigte Faktoren
Klimatische Wasserbilanz (KWB)	ETp, Niederschlag
Palmer drought severity index (PDSI)	Niederschlag, ETp, Range -10 (dry) bis +10
Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI)	Niederschlag, ETp
Ombrothermic index	Monatsniederschlag, Monatstemperatur
Vapor Pressure Deficit (VPD)	Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit

B) Auswahl des Klimaparameters Klimatische Wasserbilanz (KWB)

(Resultat der Besprechung mit Niklaus Zimmermann, WSL vom 19.02.2019)

Vergleich der globalen Klimadatensätze WorldClim und CHELSA

WorldClim (Global Climate Data, Version 2.0, http://worldclim.org/version2, Fick *et al.* 2017) ist ein globaler Klimadatensatz mit einer Auflösung von 1 km^2 (30 Bogensekunden). Vorhandene Klimavariablen: Monatswerte für Minimum-, Maximum- und Durchschnittstemperatur (°C), Niederschlag (mm), Einstrahlung (kJ m^{-2} day^{-1}), Windgeschwindigkeit (m s^{-1}), Wasserdampfdruck (kPa). WorldClim funktioniert gut in Regionen, wo es eine hohe Dichte an Meteostationen hat und die Topographie überschaubar ist. In der Schweiz sind vor allem die Niederschlagswerte unbefriedigend. Grund dafür ist die topographische Komplexität. WorldClim verfolgt keinen mechanistischen Ansatz, kann nicht zwischen Luv und Lee von Bergketten unterscheiden und hat ausserdem ein Problem mit Inversionslagen.

CHELSA (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas, http://chelsa-climate.org/, Karger *et al.* 2017) ist ein hochaufgelöster Klimadatensatz für die globale Landfläche und ein Produkt der WSL. Es verfolgt einen mechanistischen Ansatz, welcher die Luftmassenverfrachtungen in topographisch komplexen Gebieten miteinbezieht und dadurch zu besseren Niederschlagsschätzungen führt. In Gebieten mit einer ungleichen Verteilung und spärlichen Dichte an Meteostationen funktioniert CHELSA daher besser als WorldClim. Der Nachteil von CHELSA ist, dass nur Temperatur- und Niederschlagsdaten, aber noch keine Strahlungsdaten vorhanden sind.

Auswahl des Klimaparameters für die Provenienzwahl

Niklaus Zimmermann schlägt vor, eine Klimatische Wasserbilanz (KWB = P – *ETp*) zu berechnen, welche Niederschlag P (CHELSA) und Evapotranspiration *ETp* nach Turc enthält. Turc verwendet Strahlungswerte (WorldClim) und Temperaturwerte (CHELSA) und benötigt keine Angaben zur relativen Luftfeuchtigkeit. Niklaus

rät davon ab, einen Klimaparameter zu verwenden, der die relative Luftfeuchtigkeit enthält, da es noch keine guten räumlichen Datensätze davon gibt. WorldClim enthält zwar einen VPD-Layer, doch sind diese Daten nicht sehr genau. Von den von uns vorgeschlagenen Klimaparametern ist die KWB zudem der am häufigsten verwendete Klimaparameter.

Die Berechnung der Evapotranspiration basiert auf der empirischen Gleichung von Turc (Turc 1963), die sich für das feuchte Klima in Westeuropa (Frankreich) eignet. Die Methode basiert auf Tagessummen der Globalstrahlung und Tagesmitteltemperaturen. Da die Methode auf Tagesmittelwerten basiert, kann sie auf jede beliebige Zeitperiode angewandt werden.

$$ET_{Tu} = \frac{0{,}4}{30}(23{,}9\ R_S + 50)\left(\frac{T}{T+15}\right)$$

wo: ET_{Tu} = mittlere, tägliche potentielle Evapotranspiration (mm/day), R_s = Tagessumme der Globalstrahlung (kJ/m2/day) und T = mittlere Tagestemperatur (°C). Die Methode nach Turc erwies sich als sehr genaue Abschätzung der potentiellen Evapotranspiration im Vergleich zu anderen empirischen Methoden (Schrödter 1985). Um Monatswerte der potentiellen Evapotranspiration zu erhalten, werden die Tagesmittel mit dem Faktor 30 multipliziert.

Anhang 2: Implementierung des Klimagradienten in R und ArcGIS

- Die KWB wurde im gewünschten Gebiet der Provenienzwahl (d.h. Europa ohne Skandinavien u. Nordamerika für *Pseudotsuga menziesii*) flächig berechnet. Dazu wurde die Näherungsformel von Turc zur Berechnung der KWB (REF) in einem R-Skript implementiert. Die Verwendung von flächendeckenden Rasterdaten mit 1 km x 1 km Auflösung für Temperatur und Niederschlag von CHELSA (Karger *et al.* 2017), sowie für die Strahlung von WorldClim (Fick *et al.* 2017) erlaubte die Berechnung eines KWB-Rasterlayers für Europa und Nordamerika. (Siehe R-File: N:\prj\Testpflanzungen\Klima\KWB_R)
- Der KWB-Rasterlayer wurde ins Geografische Informationssystem ArcGIS importiert und visualisiert.
- Das Verbreitungsgebiet der einzelnen Baumarten wurde, soweit entsprechende Daten verfügbar waren, in ArcGIS eingelesen und visualisiert. Als Grundlage dienten die Verbreitungsdaten (Relative Probability of Presence (RPP)-Daten) des European Atlas of Forest Tree Species (de Rigo *et al.* 2016)
- Anschliessend wurden der KWB-Layer und der Verbreitungs-Layer miteinander verschnitten, um die KWB im Verbreitungsgebiet der einzelnen Baumarten darzustellen.
- Diese Karten dienten dann dazu, mehrere Herkunftsregionen auszuwählen, die einen klimatischen Gradienten zwischen dem aktuellen Klima in der Schweiz und der warm-trockenen Verbreitungsgrenze der einzelnen Baumarten aufspannen.
- Innerhalb dieser vordefinierten Herkunftsregionen wurden in der Folge aufgrund von Kontakten zu Schweizer Forstbaumschulen und Forschenden sowie Informationen aus artspezifischer Literatur Provenienzen ausgesucht, von denen Saat- oder Pflanzgut verfügbar ist.

Anhang 3: Aktennotiz über die Besprechung über die Risiken bei der Einfuhr von Douglasiensaatgut aus Oregon und Kalifornien für das Testpflanzungsprojekt

Datum der Besprechung: 16.04.2019

Anwesend: Ernst Fürst (EFü), Daniel Rigling (DR), Carolina Cornejo (CC), Kathrin Streit (KES), Esther Frei (EF), Peter Brang (PB)

EF erläutert die Ausgangslage: Testpflanzungsprojekt möchte ganzen Gradienten von autochthonen Douglasienvorkommen in Nordamerika abdecken und daher Provenienzen aus Washington, Oregon und Nordkalifornien verwenden.

Problem: Breitbandspektrum Pathogen *Fusarium circinatum* (FC), welches Pitch Canker desease (Pechkrebs) verursacht und v.a. Föhrenarten, aber auch die Douglasie befällt. FC breitet sich seit den 1940er Jahren vom SE der USA aus und erreichte in den 1980er Jahren auch die Westküste (Kalifornien). Der Norden von Kalifornien und Oregon sind gemäss US Phytopathologen noch befallsfrei. Da Kalifornien und Oregon gemäss EPPO global database nicht als *Gibberella* frei gelten, erfüllen beide Staaten die phytosanitären Standards nicht und können keine Pflanzenschutzzeugnisse ausstellen und daher kein Saatgut exportieren. Daher benötigen wir eine Sondereinfuhrbewilligung vom Eidg. Pflanzenschutzdienst des BLW, um Douglasiensaatgut aus Oregon und Kalifornien einzuführen (am 09.04.2019 beantragt und am 15.04.2019 bewilligt).

Angefragt wurde folgendes Saatgut:

- 8 Provenienzen aus Washington sind bereits beschafft. Da Washington in der EPPO global database als *Gibberella* befallsfrei aufgeführt wird, konnte dieses Saatgut mit Pflanzenschutzzeugnissen eingeführt werden. Das Saatgut wurde an der WSL nochmals zusätzlich auf *Gibberella* getestet.
- 4 Provenienzen aus Oregon (Norden, Mitte, Süden) wurden angefragt über D. Gerdes, Silvaseed Company.
- 5 Provenienzen aus Nordkalifornien (aus 3 seed zones) wurden angefragt über den CalFire (California Department of Forestry and Fire Protection).

CC sieht ein grosses Problem darin, dass die wenigsten Douglasien-Populationen bei FC-Befall Symptome zeigen gemäss Studien von Tom Gordon. Man sieht den Bäumen nicht an, ob sie befallen sind im Gegensatz zu den Föhren. Die Übertragungswege sind unklar. Zur besseren Erforschung von FC ist eine COST Action am Laufen. CC hat eine kleine Umfrage unter den COST Action Partnern gemacht und nach FC infiziertem Douglasien-Saatgut gefragt. Da gab es einige positive Rückmeldungen, z.B. von REINFFORCE. In REINFFORCE wurden befallene Douglasien-Samenlots vernichtet, nicht befallene Samenlots ausgesät und die Sämlinge vor der Auspflanzung in der Baumschule gut beobachtet und später nach der Auspflanzung – in unbekannter Intensität – weiterverfolgt. In Neuseeland wurde infiziertes Douglasienmaterial am Zoll aufgehalten: Douglasien-Stecklinge aus Kalifornien, von Bäumen, welche monitored wurden und als befallsfrei eingestuft waren (Problem: diese Bäume waren FC befallen, aber symptomfrei).

CC sieht ein weiteres Problem darin, dass Oregon und Kalifornien kein systematisches FC-Monitoring betreiben (was wohl auch an der Grösse der Staaten liege). Somit sei nicht erwiesen, dass in die Samenerntebestände, welche nördlich der von den US Phytopathologen erwähnten *Gibberella*-Verbreitungsgrenze liegen, kein FC Befall eingeschleppt wurde.

Mögliche Massnahmen bei der Einfuhr von Kalifornien- und Oregon-Saatgut in CH:

- Saatgut wird auf *Gibberella* getestet und wenn Befall entdeckt wird im Saatgut, dann wird gesamtes Samenlos vernichtet.
- Anzucht im Gewächshaus und Probenahme für *Gibberella*-Tests an wenig vitalen Pflanzen + an ca. 10% der gesunden Sämlinge. Bei Bestätigung des Verdachts werden alle Sämlinge und das entsprechende Samenlos vernichtet. *Gibberella*-Tests müssen wahrscheinlich 1x durchgeführt werden im Sämlingsstadium ausser, wenn viele Unfallkrankheiten auftreten.

- Später: intensive Beobachtung nach Auspflanzung (intensiv heisst mehr als 1x jährlich systematische Beobachtung der einzelnen Bäume durch von Phytopathologen trainierte Personen)

DR spricht das Restrisiko an, über den Versuch *Gibberella* zu verbreiten. Dafür müssten dann der Projektleiter und der FE-Leiter die Verantwortung tragen. Schliesslich gehe es auch um die Reputation der WSL. Bei FC handelt es sich ganz klar um einen Quarantäne-Organismus. Bei einem Befall wären die Massnahmen: Tilgen und Beobachtung in Pufferzone von 1 km um den Befallsherd. PB fragt nach, was Tilgen genau bedeute. CC erläutert, in Spanien bedeute Tilgen das Vernichten (d.h. Verbrennen) der ganzen Vegetation 2 Baumlängen rund um den Befallsherd. PB fragt, ob FC auch andere Arten befällt als Föhre und Douglasie. CC erläutert, dass nachgewiesen wurde, dass FC als Endophyt auch in anderen Arten wie *Rosaceen* oder *Poaceen* überleben kann (siehe Publikationen von Gordon *et al.*). FC überdauert zudem gut im Boden. DR und CC meinen, dass die Waldföhre mittel bis stark betroffen sei vom FC Befall. Die Gefährdung der Waldföhre sei aber noch unklar, da alle Tests im Rahmen der COST Action an Jungbäumen durchgeführt wurden. Die unbeabsichtigte Freisetzung von Schadorganismen ist im Risikokatalog der WSL aufgelistet. Verantwortlich für die Risikovermeidung sind Projekt- und FE-Leitung.

DR hakt nochmals nach, wieso das Projekt unbedingt Kalifornien und Oregon Provenienzen brauche, wenn ja nur 7 Provenienzen getestet werden. DR spricht den Mittelweg an, nur Saatgut aus Oregon einzuführen, das zwar auch nicht EPPO gelistet ist, wo jedoch in jüngster Vergangenheit keine FC Befälle bekannt sind. CC fügt an, ob man nicht Kalifornien und Oregon Provenienzen aus Arboreten in Europa verwenden könne für das Projekt? PB antwortet, dass Arboreten nicht in Frage kommen, da sie nur aus Einzelbäumen bestehen.

Für PB ist das Risiko zu gross und der Vorteil unklar:

- Bei Entdeckung von FC-Befall müssten nicht nur die befallenen Douglasien, sondern die ganze Testpflanzung getilgt werden
- Gefahr der Ausbreitung auf Föhren im Experiment
- Gefahr der Ausbreitung auf Boden und Organismen in der Umgebung
- Gefahr eines grossen Reputationsschadens für die WSL als Forschungsinstitut
- Falls Herkünfte aus Befallsgebieten sich gut entwickeln, könnten sie danach ohnehin nicht eingeführt werden, ausser FC wäre dann global verbreitet
- Falls wir verzichten, haben wir eine „reine Weste“ und können unseren Entscheid gut rechtfertigen

EF und KES stimmen dem zu. CC, DR und EFü scheinen den Entscheid ebenfalls zu befürworten (aber geben keine direkten Stellungsnahmen ab).

EF lässt das Vorgehen mit dem ausländischen Föhrensaatgut nochmals bestätigen von DR und CC: Die *Pinus sylvestris* Samen aus Spanien, Bulgarien und der Türkei wurden von CC und DR negativ auf *Gibberella* getestet. Die Samen werden nun in einem Treibhausabteil des WSL Versuchsgartens angezogen und die Pflanzen im Sämlingsstadium nochmals auf *Gibberella* getestet (gemäss obiger Beschreibung). Bei der Anzucht darf kein Fungizid verwendet werden. Nach der Auspflanzung müssen die Individuen weiterhin beobachtet werden (gemäss obiger Beschreibung). Die *Pinus nigra* Samen aus der Türkei werden vorläufig, gut beschriftet aufbewahrt. Sie dürfen nur mit oben genannten Vorsichtsmassnahmen verwendet werden aufgrund der *Gibberella*-Verbreitungsgefahr.

Fazit:

- Verzicht auf die Einfuhr von Douglasien-Saatgut von Provenienzen aus Oregon und Kalifornien

Auswirkungen aufs Experiment:

- Dadurch wird bei den Douglasien vom Provenienzwahl-Prinzip abgewichen, Provenienzen aus dem Verbreitungsoptimum und aus trocken-wärmeren Regionen zu verwenden

- Es können nur Aussagen über ‚Washingtoner' Provenienzen gemacht werden und nicht über das ganze autochthone Verbreitungsgebiet, welches auch südlichere, möglicherweise besser trockenheitsadaptierte Douglasien-Provenienzen aus Oregon und Kalifornien umfasst
- Dieser gut begründete Kompromiss ist aber vergleichbar mit Kompromissen, welche bei ausländischen Provenienzen anderer Arten gemacht wurden zwecks rascher Saatgutbeschaffung
- Das Douglasien-Saatgut aus Washington wurde doppelte auf *Gibberella* getestet: Da Washington in der EPPO global database als *Gibberella* befallsfrei aufgeführt wird, konnte dieses Saatgut mit Pflanzenschutzzeugnissen eingeführt werden. Das neu eingeführte Saatgut aus Washington wurde an der WSL im März/April 2019 nochmals zusätzlich auf *Gibberella* getestet. Das Saatgut der vier 2019 neu eingeführten Provenienzen aus Washington (Randle 430-30/35, Glacier 401-20, 402/403-20 Concrete-Darrington) ist somit doppelt getestet. Der WSL-Versuchsgarten wird aber kleine Mengen von allen vier Provenienzen 2019 anziehen und beobachten. Bei Auffälligkeiten wird die Phytopathologie informiert. Das übrige Saatgut wurde zum Verkauf freigegeben. D.h. die Provenienzen für das Testpflanzungsprojekt werden durch Emme angezogen.
- Bei den bulgarischen, spanischen und türkischen *Pinus sylvestris* Provenienzen und der türkischen *P. nigra* Provenienz werden folgende Vorsichtsmassnahmen bei der Anzucht und im Feld durchgeführt:
- Anzucht im WSL-Gewächshaus und ständige Beobachtung. Probenahme für *Gibberella*-Tests an wenig vitalen Pflanzen + an ca. 10% der gesunden Sämlinge. Bei Bestätigung des Verdachts werden alle Sämlinge und das entsprechende Samenlos vernichtet. *Gibberella*-Tests müssen wahrscheinlich 1x durchgeführt werden im Sämlingsstadium ausser, wenn viele Unfallkrankheiten auftreten.
- Bei der Anzucht darf kein Fungizid verwendet werden.
- Nach der Auspflanzung müssen die Individuen weiterhin beobachtet werden (gemäss obiger Beschreibung). Die *Pinus nigra* Samen aus der Türkei werden vorläufig, gut beschriftet aufbewahrt. Sie dürfen nur mit oben genannten Vorsichtsmassnahmen verwendet werden aufgrund der *Gibberella*-Verbreitungsgefahr.
- Das Projektteam beschliesst, das Vorgehen und den Entscheidungsprozess bezüglich Douglasiensaatgut aus Oregon und Kalifornien der Forstpraxis (und Forschung) zugänglich zu machen, um ähnliche Entscheide in Zukunft zu vereinfachen[6].

[6] Spanisches Föhrensaatgut wird dabei auch erwähnt. Denn Teile Spaniens und Portugals leiden ja schon unter demselben FC Problem, was der Praxis wohl bekannter ist als die FC Probleme in den USA.

Anhang 4: Liste der ausgewählten Provenienzen

Die Tabelle enthält alle ausgewählten 144 Provenienzen für das Testpflanzungsprojekt (Stand November 2019). Die Tabelle ist nach Baumarten und Ländern gegliedert. Spalte 'Typ' teilt die Provenienzen entsprechend ihres vorgesehenen Verwendungszweckes als Referenzprovenienzen ('R'), Standardprovenienzen ('S') oder als Reserveprovenienz ('Res') ein. Es ist vorgesehen je eine Referenzprovenienz pro Baumart auf allen Versuchsflächen und sechs Standardprovenienzen auf je nur der Hälfte der Versuchsflächen anzupflanzen. Saatgut der Reserveprovenienzen wurde nicht angezogen, sondern als Saatgut gelagert, das nur ausgesät wird bei einem Totalausfall von Provenienzen derselben Art. Die Spalte 'Status' bezeichnet den Stand der Beschaffung: Provenienzen, deren Vermehrungsgut bereits angezogen sind ('Anzucht') bzw. Provenienzen, bei denen Vermehrungsgut angefragt wurde ('angefragt'). 'SPL' bezeichnet Samenplantage.

Nr.	Baumart	Land	Region	Provenienzbezeichnung	Geogr.Breite [°]	Geogr.Länge [°]	Typ	Status
1	*A. alba*	Italien	Süditalien, Kalabrien	Buturo-Taverna, Calabria	39.05	16.63	S	Anzucht
2	*A. alba*	Schweiz	Jura Hochlagen	Unterwald, Hägendorf	47.34	7.81	S	Anzucht
3	*A. alba*	Schweiz	Mittelland Tieflagen	Hunze, Madiswil	47.15	7.80	S	Anzucht
4	*A. alba*	Schweiz	Voralpen Hochlagen	Wasserfall, Marbach (LU)	46.86	7.93	R	Anzucht
5	*A. alba*	Schweiz	Voralpen Hochlagen	Buchschachenboden, Röthenbach i.E.	46.81	7.78	S	Anzucht
6	*A. alba*	Schweiz	Rheintal	Känzeli, Chur	46.84	9.52	S	Anzucht
7	*A. alba*	Schweiz	Tessin	Piano delle Cascine, Onsernone	46.24	8.53	S	Anzucht
8	*A. alba*	Schweiz	Wallis	Ochsenboden, Beauregard, Sierre	46.28	7.56	S	Anzucht
9	*A. opalus*	Italien	Norditalien	Monte Caprello, Brescia	45.08	7.38	S	Anzucht
10	*A. opalus*	Italien	Mittelitalien, Apulien	Gargano, Puglia	41.79	15.89		angefragt
11	*A. opalus*	Spanien	Pyrenäen	ES08-Pirineo Axial, Gorraíz de Arce	42.90	-1.35	S	Anzucht
12	*A. opalus*	Schweiz	Jurasüdfuss	Les Ecovots, Plagne	47.19	7.28	R	Anzucht
13	*A. opalus*	Schweiz	Region Basel	Meistelberg, Liesberg	47.41	7.44	S	Anzucht
14	*A. opalus*	Schweiz	Wallis	Aven, Conthey	46.23	7.26	S	Anzucht
15	*A. platanoides*	Frankreich	Alsace, Lorraine	APL-901-Nord SI, Morschwiller	48.82	7.63	S	Anzucht

Nr.	Baumart	Land	Region	Provenienzbezeichnung	Geogr.Breite [°]	Geogr.Länge [°]	Typ	Status
16	*A. platanoides*	Frankreich	Montagnes	APL-902-Montagnes, Rebouisse	44.05	2.90	S	Anzucht
17	*A. platanoides*	Italien	Norditalien	SR 0055-PIE, Baraccone, Cuneo	-	-	S	Anzucht
18	*A. platanoides*	Ungarn	Vas-Zalai-Hegyhát	Zsédeny	47.20	16.55	S	Anzucht
19	*A. platanoides*	Schweiz	Mittelland, Zentral Ost	Ebertswilerholz, Hausen am Albis	47.23	8.56	R	Anzucht
20	*A. platanoides*	Schweiz	Region Basel	Bruderholzrain, Münchenstein	47.52	7.60	S	Anzucht
21	*A. platanoides*	Schweiz	Region Basel	Armenbünten, Hägendorf	47.34	7.84	S	Anzucht
22	*A. platanoides*	Schweiz	Wallis	Les Follatères, Fôret de la Lui, Fully	46.13	7.08	S	Anzucht
23	*A. pseudoplatanus*	Italien	Süditalien	Soveria Mannelli, Catanzaro	39.05	16.40	S	Anzucht
24	*A. pseudoplatanus*	Italien	Norditalien	SR 0050-EMR, Lama, Forlì-Cesena	-	-	S	Anzucht
25	*A. pseudoplatanus*	Österreich	Niederösterreich	B.Ah3(8.1/ko:100-350m, Niederfellabrunn	48.45	16.32	S	Anzucht
26	*A. pseudoplatanus*	Spanien	Pyrenäen	ES08-Pirineo Axial, Esteribar	43.01	-1.31	S	Anzucht
27	*A. pseudoplatanus*	Schweiz	Jura	Grenchenberg, Vor der Egg, Grenchen	47.22	7.37	S	Anzucht
28	*A. pseudoplatanus*	Schweiz	Jura	Cuisinière, Cortébert	47.17	7.13	S	Anzucht
29	*A. pseudoplatanus*	Schweiz	Mittelland, Tieflagen	Langholzhau, Abt. 3, Arni	47.31	8.43	S	Anzucht
30	*A. pseudoplatanus*	Schweiz	Nordschweiz	Tägerwiler Wald, Tägerwilen	47.63	9.12	S	Anzucht
31	*A. pseudoplatanus*	Schweiz	Rheintal	Waldhaus, Flims	46.82	9.28	S	Anzucht
32	*A. pseudoplatanus*	Schweiz	Voralpen	Weisstanngrat, Guggisberg	46.70	7.36	R	Anzucht
33	*A. pseudoplatanus*	Schweiz	Wallis	Tschingere, Leuk	46.25	7.47	S	Anzucht
34	*C. atlantica*	Frankreich	Bédoin	Bédoin CAT-900-007	44.13	5.27	S	Anzucht
35	*C. atlantica*	Frankreich	Ménerbes	Ménerbes CAT-PP-001	43.83	5.32	S	Anzucht

Nr.	Baumart	Land	Region	Provenienzbezeichnung	Geogr.Breite [°]	Geogr.Länge [°]	Typ	Status
36	*C. atlantica*	Frankreich	Mirabel	Mirabel CAT-900-013	44.61	4.52	S	Anzucht
37	*C. atlantica*	Frankreich	Mont Ventoux	Mont Ventoux CAT-PP-002	44.12	5.19	R	Anzucht
38	*C. atlantica*	Frankreich	Ventouret	Ventouret CAT-900-022	44.14	5.37	S	Anzucht
39	*C. colurna*	Bosnien	Bosnien	-	-	-	R	angefragt
40	*C. colurna*	Bulgarien	Balkan	Byala	-	-	R	Anzucht
41	*C. colurna*	Serbien	Südost-Serbien	-	-	-	R	angefragt
42	*C. colurna*	Türkei	Nordtürkei	Bolu	40.67	31.64	R	Anzucht
43	*C. colurna*	Türkei	Nordtürkei	Ordu	40.88	37.47	R	angefragt
44	*F. sylvatica*	Frankreich	Pyrénées	FSY-602, Forêt de Lestelas, Pyrénées centrales	-	-	S	Anzucht
45	*F. sylvatica*	Frankreich	Massif central sud	FSY-403	-	-	S	angefragt
46	*F. sylvatica*	Italien	Süditalien	Faggeta di Serrastretta, Catanzaro	39.01	16.38	S	angefragt
47	*F. sylvatica*	Slowakei	Central Slovakia	Sološnica, Stredoslovenská oblast, 530 m a.s.l.	-	-	S	Anzucht
48	*F. sylvatica*	Ungarn	Göcseji Bükktáj	Bánokszentgyörgy 2.	46.30	16.38	S	Anzucht
49	*F. sylvatica*	Schweiz	Mittelland zentral	Weidhusgraben, Wohlen bei Bern	46.99	7.30	R	Anzucht
50	*F. sylvatica*	Schweiz	Nordostschweiz	Buechberg, Diessenhofen	47.68	8.72	S	Anzucht
51	*F. sylvatica*	Schweiz	Rheintal / Prättigau	Bonaduz	46.82	9.38	S	Anzucht
52	*F. sylvatica*	Schweiz	Tessin, Misox	Monte Bar, Capriasca-Cagiallo	46.12	9.03	S	Anzucht
53	*F. sylvatica*	Schweiz	Unterwallis	Le Grand Dévaloir, Saillon	46.17	7.17	S	Anzucht
54	*F. sylvatica*	Schweiz	Unterwallis	Le Cotentin, Martigny	46.10	7.11	S	Anzucht
55	*J. regia*	China	China Xijang	-	-	-	S	angefragt

Nr.	Baumart	Land	Region	Provenienzbezeichnung	Geogr.Breite [°]	Geogr.Länge [°]	Typ	Status
56	*J. regia*	Indien	Zürich, SPL Obfelden	Chika Indien	-	-	S	Anzucht
57	*J. regia*	Indien	Zürich, SPL Obfelden	Dachigam	-	-	S	Anzucht
58	*J. regia*	Kirgistan	Zürich, SPL Obfelden	At Bulak Kirgistan	-	-	S	Anzucht
59	*J. regia*	Pakistan	Swat	Swat	-	-	S	angefragt
60	*J. regia*	Ungarn	Region Somogy	Somogy/210m	46.10	17.30	S	Anzucht
61	*J. regia*	Schweiz	Mittelland West	Chänelmoos, Selzach	47.22	7.46	R	Anzucht
62	*J. regia*	Schweiz	Tessin, Misox	Ponte Aquilesco, Blenio	46.51	8.94	S	Anzucht
63	*L. decidua*	Österreich	Steiermark	Lä38(4.2/hm: 1200-1450m), Kohlmannalm	47.67	14.55	S	Anzucht
64	*L. decidua*	Polen	Sudeten	Md51, Prudnik/377 m	50.31	17.57	S	Anzucht
65	*L. decidua*	Slowakei	Slowakische Tatra	lde226PP-312, Vysoké Tatry/1000 m	49.00	20.00	S	Anzucht
66	*L. decidua*	Schweiz	Kontinentale Hochalpen	Guarda Val, Madulain	46.59	9.93	R	Anzucht
67	*L. decidua*	Schweiz	Rheintal / Prättigau	Crusch, Cazis, Präz	46.75	9.40	S	Anzucht
68	*L. decidua*	Schweiz	Tessin, Misox	Cimalmotto/Bosco di Quadrella, Campo	46.29	8.48	S	Anzucht
69	*L. decidua*	Schweiz	Wallis	Ban des Aiguilles, Martigny	46.09	7.09	S	Anzucht
70	*L. decidua*	Schweiz	Wallis	Boviriwald, Eggen, Leukerbad	46.36	7.64	S	Anzucht
71	*P. abies*	Österreich	Niederösterreich, Bezirk Melk	Fi57(9.2/tm:500-750m), Münichreith	48.27	15.11	S	Anzucht
72	*P. abies*	Schweiz	Mittelland West Tieflagen	Pleerwald West, Burgdorf	47.04	7.60	S	Anzucht
73	*P. abies*	Schweiz	Nördlicher Jura	Morille-Est, Evilard	47.15	7.22	S	Anzucht
74	*P. abies*	Schweiz	Nördliche Randalpen	Gschwänt-Fachsboden, Alpnach	46.95	8.19	R	Anzucht
75	*P. abies*	Schweiz	Rheintal	Cuora, Seewis	47.01	9.63	S	Anzucht

Nr.	Baumart	Land	Region	Provenienzbezeichnung	Geogr.Breite [°]	Geogr.Länge [°]	Typ	Status
76	*P. abies*	Schweiz	Tessin, Misox	Vacarisc, Fusio	46.44	8.67	S	Anzucht
77	*P. abies*	Schweiz	Unterengadin, Puschlav	Alp Sielva, Val Müstair, Müstair	46.60	10.47	S	Anzucht
78	*P. abies*	Schweiz	Wallis	La Grande Zour, Montana	46.30	7.48	S	Anzucht
79	*P. sylvestris*	Bulgarien	Dospat	C02-PSY-08-6-181-1-2	41.63	24.14	S	Anzucht
80	*P. sylvestris*	Spanien	ES13-Sierra de Javalambre	Teruel, Camarena de la Sierra, Alto los Poyales	40.08	-1.01	S	Anzucht
81	*P. sylvestris*	Türkei	Amasya Vezirköprü	Karaköy, Gölköy	41.14	35.08	S	Anzucht
82	*P. sylvestris*	Türkei	Bolu Aladağ	Kartal Ormanları Şifalısu Mevkii	40.59	31.74	S	Anzucht
83	*P. sylvestris*	Schweiz	kontinentale Hochalpen	Compet, Martina	46.89	10.46	S	Anzucht
84	*P. sylvestris*	Schweiz	Jura	Droit des Ecorcheresse, Souboz	47.28	7.27	R	Anzucht
85	*P. sylvestris*	Schweiz	Mittelland Ost Tieflagen	Ibrig, Würenlingen	47.52	8.25	S	Anzucht
86	*P. sylvestris*	Schweiz	Rheintal	Föhreli, Fläsch	47.02	9.53	S	Anzucht
87	*P. sylvestris*	Schweiz	Wallis	Bublet, Leuk	46.32	7.65	S	Anzucht
88	*P. avium*	Italien	Norditalien	Boschi di Carrega, Parma	-	-	S	Anzucht
89	*P. avium*	Ungarn	Duna-Tisza Közi Homok	Bordány	46.19	19.54	S	Anzucht
90	*P. avium*	Schweiz	Jura	Bännli, Winterhalden, Riedholz	47.24	7.57	S	Anzucht
91	*P. avium*	Schweiz	Jura	La Joux, Romont (BE)	47.18	7.32	R	Anzucht
92	*P. avium*	Schweiz	Tessin, Misox	Arzo, Mendrisio	45.87	8.94	S	Anzucht
93	*P. avium*	Schweiz	Thurgau	Diessenhofen, Diessenhofen	-	-	S	Anzucht
94	*P. avium*	Schweiz	Zürich	Zollikon, Zollikon	47.35	8.60	S	angefragt
95	*P. menziesii*	USA	Washington	412-15, Snoqualmie	-	-	R	Anzucht

Nr.	Baumart	Land	Region	Provenienzbezeichnung	Geogr.Breite [°]	Geogr.Länge [°]	Typ	Status
96	*P. menziesii*	USA	Washington	401-20, Glacier	48.89	-121.93	S	Anzucht
97	*P. menziesii*	USA	Washington	412-15, Snoqualmie Falls	-	-	Res	Lager
98	*P. menziesii*	USA	Washington	422-15, Mineral	-	-	S	Anzucht
99	*P. menziesii*	USA	Washington	422-20, National (Park)	-	-	Res	Lager
100	*P. menziesii*	USA	Washington	430-30, Randle	46.54	-121.96	S	Anzucht
101	*P. menziesii*	USA	Washington	430-35, Randle	46.54	-121.96	Res	Lager
102	*P. menziesii*	USA	Washington	402/403-20, Concrete/Darrington	48.40	-121.67	Res	Lager
103	*P. menziesii*	Schweiz	Jura	Vorberg, Biel BE	47.16	7.27	S	Anzucht
104	*P. menziesii*	Schweiz	Nordschweiz	Douglashau, Bruderhau, Tägerwilen	47.63	9.12	S	Anzucht
105	*P. menziesii*	Schweiz	Voralpen	Willbrig, Willisau Stadt	47.13	7.98	S	Anzucht
106	*P. menziesii*	Schweiz	zentrales Mittelland	Manzeberg, Gränichen	47.36	8.08	R	Anzucht
107	*Q. cerris*	Bulgarien	Dabovnik	C02-QCE-02-3-006-1-2	43.69	27.92	S	Anzucht
108	*Q. cerris*	Italien	Süditalien	Decollatura, Catanzaro	-	-	S	Anzucht
109	*Q. cerris*	Türkei	Canakkale	Karadag, 390m a.s.l.	40.12	26.92	S	Anzucht
110	*Q. cerris*	Ungarn	Soproni-Dombvidék	Soproni dombvidék	47.20	16.40	S	Anzucht
111	*Q. cerris*	Schweiz	Tessin	Pianacce, Cademario	46.03	8.89	R	Anzucht
112	*Q. cerris*	Schweiz	Tessin	Mte Generoso, Castel San Pietro	45.89	9.02	S	Anzucht
113	*Q. petraea*	Frankreich	Sud Bassin Parisien	Sud Bassin Parisien QPE-105	-	-	S	Anzucht
114	*Q. petraea*	Türkei	Amasya Vezirköprü	Çorakdere Köyü	41.25	35.11	S	Anzucht
115	*Q. petraea*	Ungarn	Magyarlak	HU/QUPE-12-121160/285m	46.57	16.21	S	Anzucht

Nr.	Baumart	Land	Region	Provenienzbezeichnung	Geogr.Breite [°]	Geogr.Länge [°]	Typ	Status
116	*Q. petraea*	Schweiz	Jura	Bannwald, Olten	47.36	7.90	R	Anzucht
117	*Q. petraea*	Schweiz	Mittelland Ost	Mammerner Wald, Mammern	47.64	8.95	S	Anzucht
118	*Q. petraea*	Schweiz	Mittelland West	Ober Eichelried, Abt. 9-10, Galm	46.91	7.17	S	angefragt
119	*Q. petraea*	Schweiz	Tessin, Misox	Monte S. Giorgio, Brusino Arsizio	45.91	8.93	S	Anzucht
120	*Q. petraea*	Schweiz	Tessin, Misox	Cavergno - Ronchi, Cevio	46.35	8.60	S	Anzucht
121	*Q. petraea*	Schweiz	Vor- und Zwischenalpen	Gonda, Falera	46.80	9.24	S	Anzucht
122	*Q. robur*	Bulgarien	Bezvoditsa	C02-QRO-02-3-003-1-2	43.51	27.97	S	Anzucht
123	*Q. robur*	Italien	Norditalien	VEN030, Monte Fontane, Verona	-	-	S	Anzucht
124	*Q. robur*	Kroatien	Slawonien	Nova Gradiška	45.11	17.11	S	Anzucht
125	*Q. robur*	Schweiz	Juranordfuss	Schachen, Aristau	47.30	8.38	S	Anzucht
126	*Q. robur*	Schweiz	Mittelland Ost	Schwesterrain, Abt. 2-4, Tägerwilen	47.64	9.14	R	Anzucht
127	*Q. robur*	Schweiz	Mittelland West	Les Râpes, Les Moilles, Morens (FR)	46.85	6.90	S	Anzucht
128	*Q. robur*	Schweiz	Tessin	Bolle di Magadino - Bograsso, Gordola	46.17	8.86	S	Anzucht
129	*Q. robur*	Schweiz	Voralpen	Bois de Monteynan, Marly	46.76	7.13	S	Anzucht
130	*S. torminalis*	Frankreich	Alsace, Lorraine	STO901-Nord France, Boulogne	-	-	S	Anzucht
131	*S. torminalis*	Frankreich	Île de France	STO901-Nord France, Valay	47.33	5.63	S	Anzucht
132	*S. torminalis*	Italien	Norditalien	Monte Sedea, Marostica	-	-	S	Anzucht
133	*S. torminalis*	Italien	Mittelitalien, Apulien	Foresta Umbra, Gargano, Puglia	-	-	S	angefragt
134	*S. torminalis*	Polen	Region Poznan	Syców Arboretum (Ursprung: Poznan)	51.27	17.68	S	Anzucht
135	*S. torminalis*	Spanien	Alcarrias	R.I 21-18 Alcarrias	40.53	-2.73	S	Anzucht

Nr.	Baumart	Land	Region	Provenienzbezeichnung	Geogr.Breite [°]	Geogr.Länge [°]	Typ	Status
136	*S. torminalis*	Schweiz	Bern, SPL Niederbipp	SPL Niederbipp (Ursprung: Schaffhausen)	47.28	7.68	S	Anzucht
137	*S. torminalis*	Schweiz	Schaffhausen	Gwölb, Schaffhausen	47.73	8.69	R	Anzucht
138	*S. torminalis*	Schweiz	Schaffhausen, SPL Geissberg	SPL Geissberg, Schaffhausen (Ursprung: Reg. SH)	47.71	8.64	R	Anzucht
139	*T. cordata*	Frankreich	Île de France	TCO130 OUEST	-	-	S	Anzucht
140	*T. cordata*	Ungarn	Vas-Zalai-Hegyhát	Zsédeny	47.20	16.55	S	Anzucht
141	*T. cordata*	Schweiz	Mittelland	Senseau, Wünnewil-Flamatt	46.89	7.33	S	Anzucht
142	*T. cordata*	Schweiz	Tessin	Scudellate (Valle di Muggio), Breggia	45.92	9.04	R	angefragt
143	*T. cordata*	Schweiz	Voralpen Hochlagen	Murg, Allmeind, Quarten	47.11	9.21	S	Anzucht
144	*T. cordata*	Schweiz	Voralpen Hochlagen	Ballenberg, Hofstetten, bei Brienz	46.75	8.08	S	Anzucht

Anhang 5: Lieferanten Vermehrungsgut

Abkürzung	Land	Kontaktname	Kontaktadresse
FSCS Sofia	Bulgarien	Maria Belovarska	Forest Seed Control Station, 5 Iskarsko shose street, 1528 Sofia
Byala	Bulgarien	Petia Nikolova	Forstamt Byala, Bulgaria
ONF	Frankreich	Jérôme Lejeune	Office National des Forêts, Sécherie de la Joux, Montrainçon, 39300 Supt
Vilmorin	Frankreich	Marc Calvignac	Vilmorin SA, Route du Manoir, 49250, La Menitre
Peri	Italien	Lorenzo Gui	Reparto Carabinieri per la Biodiversità di Verona, Centro Nazionale Biodiversità di Peri, Via del Ponte, 256, 37020 Peri di dolcé, VR
Allasia	Italien	Franco Fazio	Vivaio Allasia, Loc. S. Margherita di Calabria, 88049 Soveria Mannelli, CZ
HSI	Kroatien	Miran Lanšćak	Hrvatski šumarski institute, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko
Murauer	Österreich	Rudolf Murauer	Murauer Forstpflanzen GmbH, Hübing 24, A-4974 Ort/Innkreis, Österreich
Herzog	Österreich	Ursula Herzog	Herzog.Baum Samen und Pflanzen GmbH, Koaserbauerstrasse 10, 4810 Gmunden
SLFG	Österreich	Marion Nestler	Steirischer Landesforstgarten, Wolfersbachweg 2, 8714 Kraubath, Österreich
Nadleśnictwo Prudnik	Polen	Elżbieta Paszkowska	Nadleśnictwo Prudnik, ul. Dąbrowskiego 34, 48-200 Prudnik
Leśne	Polen	Stanisław Sęktas	Arboretum Leśne im.Prof.S.Białoboka, przy Nadleśnictwie Syców, ul. Leśna 6, Stradomia Dolna, 56-504 Dziadowa Kłoda
Lesy SR	Slowakei	Dagmar Bednárová	Lesy SR, š. p., OZ Semenoles, Pri Železnici 52, 033 01 Liptovský Hrádok, Slovensko
El Serranillo	Spanien	Laura Prieto Estévez	CENTRO DE RECURSOS GENÉTICOS FORESTALES EL SERRANILLO, Ctra. Fontanar, s/n. - km 2, 19004 - GUADALAJARA
Ana Orman	Türkei	Erdogan Kapan	Ana Orman Mamüller Thumculuk Ve Üretim Dis Ticaret Ltd.
Said Dağdaş	Türkei	Said Dağdaş	Dr. Said Dağdaş, Orman Genel Müdürlüğü, 3. Kat Oda Nu: 3225, 06560 Söğütözü, Beştepe-Yenimahalle, Ankara
Juhász	Ungarn	Antónia Böszörményi	Juhász és Társa Kft., Tulipán köz 12/A, 9400 Sopron, Ungarn
Silvaseed	USA	David Gerdes	Silvaseed Company, Foresters, PO Box 118, Roy, WA 98580
Emme	Schweiz	Marc Hirt	Emme Forstbaumschulen AG, Schachen 9, 3428 Wiler bei Utzenstorf
Kressibucher	Schweiz	Markus Kressibucher	Forstbaumschule Kressibucher AG, Ast 2, 8572 Berg
Lattecaldo	Schweiz	Francesco Bonavia	Vivaio Forestale Cantonale, Lattecaldo 4, 6835 Morbio Superiore
Lobsigen	Schweiz	Thomas Peter	Forstgarten Lobsigen, Schiffacker 1, 3268 Lobsigen
Rodels	Schweiz	Reto Obrist	Forstgarten Rodels, 7415 Rodels
WSL	Schweiz	Gabor Reiss	Versuchsgarten Eidg. Forschungsanstalt WSL