

# Strategie zur mittel- und langfristigen Versorgung mit hochwertigem forstlichem Vermehrungsgut durch Züchtung in Deutschland

M. Liesebach, B. Degen, H. Grotehusmann, A. Janßen, M. Konnert, H.-M. Rau, R. Schirmer, D. Schneck, V. Schneck, W. Steiner, H. Wolf

Thünen Report 7

Bibliografische Information:  
Die Deutsche Nationalbibliothek  
verzeichnet diese Publikationen  
in der Deutschen National-  
bibliografie; detaillierte  
bibliografische Daten sind im  
Internet unter  
[www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

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

Bereits in dieser Reihe erschie-  
nene Bände finden Sie im Inter-  
net unter [www.ti.bund.de](http://www.ti.bund.de)

*Volumes already published in  
this series are available on the  
Internet at [www.ti.bund.de](http://www.ti.bund.de)*

Zitationsvorschlag – *Suggested source citation:*

Liesebach M, Degen B, Grotehusmann H, Janßen A, Konnert M, Rau H-M, Schirmer R, Schneck D, Schneck V, Steiner W, Wolf H (2013)  
Strategie zur mittel- und langfristigen Versorgung mit hochwertigem  
forstlichem Vermehrungsgut durch Züchtung in Deutschland. Braun-  
schweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 78 p, Thünen Rep 7

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

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



THÜNEN

## Thünen Report 7

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

[thuener-report@ti.bund.de](mailto:thuener-report@ti.bund.de)  
[www.ti.bund.de](http://www.ti.bund.de)

ISSN 2196-2324

ISBN 978-3-86576-107-1

DOI:10.3220/REP\_7\_2013

urn:nbn:de:gbv:253-201311-dn052664-9

# Strategie zur mittel- und langfristigen Versorgung mit hochwertigem forstlichem Vermehrungsgut durch Züchtung in Deutschland

M. Liesebach, B. Degen, H. Grotehusmann, A. Janßen, M. Konnert, H.-M. Rau,  
R. Schirmer, D. Schneck, V. Schneck, W. Steiner, H. Wolf

Thünen Report 7

**Bernd Degen und Mirko Liesebach**

Thünen-Institut für Forstgenetik  
Sieker Landstr. 2  
22927 Großhansdorf

**Volker Schneck**

Thünen-Institut für Forstgenetik  
Eberswalder Chaussee 3a  
15377 Waldsiedersdorf

**Helmut Grotehusmann, Alwin Janßen, Hans-Martin Rau und Wilfried Steiner**

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt  
Abt. Waldgenressourcen  
Prof.-Oelkers-Str. 6  
34346 Hann. Münden

**Monika Konnert und Randolph Schirmer**

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht  
Forstamtsplatz 1  
83317 Teisendorf

**Dagmar Schneck**

Landesbetrieb Forst Brandenburg  
Landesstelle für forstliches Vermehrungsgut  
Eberswalder Chaussee 3  
15377 Waldsiedersdorf

**Heino Wolf**

Staatsbetrieb Sachsenforst  
Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft  
Bonnewitzer Str. 34  
01796 Pirna

**Thünen Report 7**

Braunschweig/Germany, November 2013

# Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>1. Züchtungsstrategie Douglasie (<i>Pseudotsuga menziesii</i> [Mirb.] Franco)</b>	<b>7</b>
1.1 Status quo der Züchtung	8
1.1.1 Bisherige Züchtung im Ausland	8
1.1.2 Bisherige Züchtung in Deutschland	9
1.2 Zielmerkmale der Züchtung und Methoden	11
1.3 Notwendige Ressourcen zur Umsetzung	14
1.4 Literatur	15
<b>2. Züchtungsstrategie Lärche (<i>Larix Mill.</i>)</b>	<b>17</b>
2.1 Status quo der Züchtung	18
2.1.1 Bisherige Züchtung in Europa	18
2.1.2 Bisherige Züchtung in Deutschland	19
2.2 Zielmerkmale der Züchtung und Methoden	21
2.2.1 Europäische Lärche	21
2.2.2 Japanische Lärche	22
2.2.3 Hybrid-Lärche	22
2.3 Notwendige Ressourcen zur Umsetzung	24
2.4 Literatur	26
<b>3. Züchtungsstrategie Berg-Ahorn (<i>Acer pseudoplatanus L.</i>)</b>	<b>27</b>
3.1 Status quo der Züchtung	27
3.1.1 Bisherige Züchtung im Ausland	27
3.1.2 Bisherige Züchtung in Deutschland	28
3.2 Zielmerkmale der Züchtung und Methoden	30
3.3 Notwendige Ressourcen zur Umsetzung	31
3.4 Literatur	34
<b>4. Züchtungsstrategie Gewöhnliche Fichte (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.)</b>	<b>35</b>
4.1 Status quo der Züchtung	36
4.1.1 Bisherige Züchtung im Ausland	36
4.1.2 Bisherige Züchtung in Deutschland	37

4.2	Zielmerkmale der Züchtung und Methoden	39
4.3	Notwendige Ressourcen zur Umsetzung	41
4.4	Literatur	43
<b>5.</b>	<b>Züchtungsstrategie Gemeine Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i> L.)</b>	<b>45</b>
5.1	Status quo der Züchtung	46
5.1.1	Bisherige Züchtung im Ausland	46
5.1.2	Bisherige Züchtung in Deutschland	46
5.2	Zielmerkmale der Züchtung und Methoden	48
5.2.1	Voraussetzungen	48
5.2.2	Mögliches Vorgehen	49
5.3	Notwendige Ressourcen zur Umsetzung	52
5.3.1	Infrastruktur	52
5.3.2	Arbeits- und Zeitplan	52
5.3.3	Budgetabschätzung	53
5.4	Literatur	54
<b>6.</b>	<b>Züchtungsstrategie Eiche (<i>Quercus</i> L.)</b>	<b>57</b>
6.1	Status quo der Züchtung	58
6.1.1	Bisherige Züchtung im Ausland	58
6.1.2	Bisherige Züchtung in Deutschland	58
6.2	Zielmerkmale der Züchtung und Methoden	60
6.2.1	Zuchtziele	60
6.2.2	Möglichkeiten der Nutzbarmachung	60
6.3	Notwendige Ressourcen zur Umsetzung	61
6.3.1	Maßnahmen der Umsetzung	61
6.3.2	Budgetabschätzung	62
6.4	Literatur	64
<b>7.</b>	<b>Vermarktungsstrategie</b>	<b>67</b>
7.1	Ziel	67
7.2	Ablauf	67
7.3	Kosten	68
7.4	Literatur	69

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zusammenstellung der 6 Fokusbaumarten bzw. Baumartengruppen mit dem Ergebnis der Einschätzung (5 = hoch ... 1 = gering) auf genetischen Gewinn (Züchtungsfortschritt), der Bedeutung für den künftigen Waldbau (Waldbau) und der erwarteten Nachfrage nach Produkten und Leistungen des Waldes (Nutzung) sowie einem Mittelwert aus den 3 Aspekten durch Vertreter der Forstpflanzenzüchtung betreibenden Einrichtungen des Bundes und der Länder haben eingeschätzt. Weiterhin sind die zukünftigen Züchtungsschwerpunkte aufgeführt.	2
Tabelle 2:	Gesamtkosten, Eigenleistung und zusätzliche Kosten (Förderung) für ein Züchtungsprogramm bei 6 Baumarten sowie deren Vermarktung auf einen Zeitraum von 15 Jahren	4
Tabelle 3:	Verteilung der Förderung (Tsd. €) für die Züchtungsprogramme der 6 Baumarten auf einen Zeitraum von 15 Jahren	4
Tabelle 4:	Verteilung der Förderung für die Vermarktung (VM) auf einen Zeitraum von 15 Jahren	5
Tabelle 1.1:	Verteilung der zugelassenen Bestände der Kategorie „Ausgewählt“ auf die 6 Herkunftsgebiete	10
Tabelle 1.2:	Verteilung der zugelassenen Bestände der Kategorie „Geprüft“ auf die Herkunftsgebiete (31.7.2013)	10
Tabelle 1.3:	Infrastruktur (vorhanden bzw. aktivierbar durch Flächenbereitstellung)	14
Tabelle 1.4:	Zusammenstellung der Eigenleistung	14
Tabelle 1.5:	Schätzung der zusätzlichen Kosten (Förderung) für ein Programm bei Douglasie mit einer Laufzeit von 15 Jahren	15
Tabelle 1.6:	Verteilung der Förderung (Tsd. €) auf einen Zeitraum von 15 Jahren	15
Tabelle 2.1:	Übersicht über zugelassenes Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut (31.07.2013)	20
Tabelle 2.2:	Züchtungsschritte bei der Baumartengruppe Lärche in 15 Jahren	24
Tabelle 2.3:	Zusammenstellung der Eigenleistung	25
Tabelle 2.4:	Schätzung der zusätzlichen Kosten (Förderung) für ein Züchtungsprogramm Lärche mit einer Laufzeit von 15 Jahren	25
Tabelle 2.5:	Verteilung der Fördermittel (Tsd. €) auf einen Zeitraum von 15 Jahren	25
Tabelle 3.1:	Saatgutaufkommen (in kg) für Berg-Ahorn nach FoVG-Kategorien im Zeitraum 2004 bis 2011	29
Tabelle 3.2:	Vorhandene bzw. aktivierbare Infrastruktur im Züchtungsvorhaben Berg-Ahorn	31
Tabelle 3.3:	Zusammenstellung der Eigenleistung	32
Tabelle 3.4:	Schätzung der zusätzlichen Kosten für ein Programm bei Berg-Ahorn mit einer Laufzeit von 15 Jahren	33
Tabelle 3.5:	Verteilung der Förderung (Tsd. €) über einen Zeitraum von 15 Jahren	33
Tabelle 4.1:	Übersicht über zugelassenes Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut (31.07.2013)	39
Tabelle 4.2:	Vorhandene Versuchseinrichtungen der verschiedenen Institutionen bei Fichte	39
Tabelle 4.3:	Zusammenstellung der Eigenleistung	41
Tabelle 4.4:	Schätzung der zusätzlichen Kosten (Förderung) für ein Züchtungsprogramm bei Fichte mit einer Laufzeit von 15 Jahren	42
Tabelle 4.5:	Verteilung der Förderung (Tsd. €) über einen Zeitraum von 15 Jahren	42

Tabelle 5.1:	Übersicht über zugelassenes Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut (31.07.2013)	47
Tabelle 5.2:	Zusammenstellung der Eigenleistung	53
Tabelle 5.3:	Schätzung der durch Förderung zu deckenden Kosten bei der Kiefer (Zeithorizont 15 Jahre)	54
Tabelle 5.4:	Verteilung der Förderung (Tsd. €) auf einen Zeitraum von 15 Jahren	54
Tabelle 6.1:	Übersicht über zugelassenes Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut (31.07.2013)	58
Tabelle 6.2:	Zusammenstellung der Eigenleistung	63
Tabelle 6.3:	Schätzung der zusätzlichen Kosten für ein Züchtungsprogramm Eiche mit einer Laufzeit von 15 Jahren	63
Tabelle 6.4:	Verteilung der Fördermittel (Tsd. €) auf einen Zeitraum von 15 Jahren	64
Tabelle 7.1:	Zusammenstellung der Eigenleistung	68
Tabelle 7.2:	Schätzung der zusätzlichen Kosten für eine Vermarktungsstrategie	68
Tabelle 7.3:	Verteilung der Fördermittel (Tsd. €) auf einen Zeitraum von 15 Jahren	69

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1:	Douglasienverbreitung in Deutschland (Quelle: BWI2, Thünen-WO, 17.3.2010)	7
Abb. 1.2:	Herkunftsgebiete: Douglasie	9
Abb. 1.3:	Übersicht zur künftigen Züchtung der Douglasie in Deutschland	13
Abb. 2.1:	Lärchenverbreitung in Deutschland (Quelle: BWI2, Thünen-WO, 14.10.2013)	17
Abb. 2.2:	Herkunftsgebiete: Europäische Lärche (links) und Japanische Lärche (rechts)	20
Abb. 3.1:	Herkunftsgebiete: Berg-Ahorn	28
Abb. 4.1:	Fichtenverbreitung in Deutschland (Quelle: BWI2, Thünen-WO, 14.10.2013)	35
Abb. 4.2:	Herkunftsgebiete: Fichte	38
Abb. 5.1:	Kiefernverbreitung in Deutschland (Quelle: BWI2, Thünen-WO, 14.10.2013)	45
Abb. 5.2:	Herkunftsgebiete: Kiefer	47
Abb. 5.3:	Positive Individualauslese mit Nachkommenschaftsprüfung	51
Abb. 6.1:	Eichenverbreitung in Deutschland (Quelle: BWI2, Thünen-WO, 14.10.2013)	57
Abb. 6.2:	Herkunftsgebiete: Trauben-Eiche (links) und Stiel-Eiche (rechts)	59

## Abkürzungsverzeichnis:

ASP	Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (Bayern, Baden-Württemberg)
BAh	Berg-Ahorn ( <i>Acer pseudoplatanus</i> )
BHD	Durchmesser in 1,3 m Höhe
BW	Baden-Württemberg
BWI2	Zweite Bundeswaldinventur
BY	Bayern
Dg	Douglasie ( <i>Pseudotsuga menziesii</i> )
Ei	Eichen ( <i>Quercus petraea</i> , <i>Q. robur</i> )
ELä	Europäische Lärche ( <i>Larix decidua</i> )
EZR	Erntezulassungsregister
FAWF	Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
Fi	Fichte ( <i>Picea abies</i> )
FoVG	Forstvermehrungsgutgesetz
fVG	Forstliches Vermehrungsgut
HE	Hessen
HKG	Herkunftsgebiet
HLä	Hybrid-Lärche
JLä	Japanische Lärche ( <i>Larix kaempferi</i> )
Lä	Lärchen (Europäische Lärche, Japanische Lärche, Hybrid-Lärche)
LSfoV	Landesstelle für forstliches Vermehrungsgut (Brandenburg)
Ki	Kiefer ( <i>Pinus sylvestris</i> )
KNK	Kreuzungsnachkommenschaft
KP	Klonprüfung
MQ	Mutterquartier
MV	Mecklenburg-Vorpommern
NI	Niedersachsen
NK	Nachkommenschaft/en
NKP	Nachkommenschaftsprüfung
NW	Nordrhein-Westfalen
NW-FVA	Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein)
ÖGE	Ökologische Grundeinheiten
PB	Plusbaum
Pfl.	Pflanze(n)
PMX	Pollenmischung
PP	Produktionspopulation
RP	Rheinland-Pfalz
SBS	Sachsenforst
SH	Schleswig-Holstein
SN	Sachsen
SP	Samenplantage
ST	Sachsen-Anhalt
TG	Kronenpfropfung (top grafting)
TH	Thüringen
VM	Vermarktung
Thünen	Thünen-Institut für Forstgenetik (Bund)
Wdh.	Wiederholung, Block
WPA	Eltern-kontrollierte Kreuzung (with parental analysis)

## Zusammenfassung

Der Klimawandel zählt zu den zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Dem umweltfreundlichen, CO<sub>2</sub>-speichernden und ressourcenschonenden Rohstoff Holz kommt bei den Anstrengungen, den unerwünschten Folgen dieser Entwicklung entgegenzuwirken, eine besondere Bedeutung zu. Mit der Suche nach CO<sub>2</sub>-neutralen Energiequellen und steigenden Energiepreisen steigt die Nachfrage nach Holz stetig. Holz wird aber nicht nur vom Energiesektor (Wärmebereich, Stromerzeugung, Biokraftstoffe) verstärkt nachgefragt, auch im stofflich-mechanischen und im chemischen Bereich werden hohe Wachstumsraten prognostiziert. Aus diesem Grund ist es notwendig, eine Vorsorgestrategie zu entwickeln, um den künftigen Herausforderungen zu begegnen. Einen wichtigen Ansatzpunkt bildet dabei die Forstpflanzenzüchtung mit der Bereitstellung von hochwertigem, leistungsstarkem und widerstandsfähigem Saat- und Pflanzgut.

Die 3. Tagung zur Waldstrategie 2020 des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und der im November 2011 vom Thünen-Institut für Forstgenetik und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) organisierte BMELV-Workshop „Forstpflanzenzüchtung“ in Berlin gaben einen guten Überblick zum aktuellen Stand der Arbeiten, zu den enormen Potentialen, aber auch zu dem deutlichen Nachholbedarf Deutschlands in diesem Bereich im Vergleich zu anderen Ländern. Wichtiges Ziel der Züchtung ist die Bereitstellung von Vermehrungsgut, das anpassungsfähig und leistungsstark genug ist, um den erwarteten Umweltänderungen bei der Erfüllung aller Waldfunktionen gerecht zu werden. Der Workshop machte klar, dass Forstpflanzenzüchtung in Deutschland diese großen Anforderungen der Zukunft nur erreichen und sichtbare Erfolge liefern kann, wenn alle verbliebenen Bundes- und Landeseinrichtungen, die Züchtung betreiben, unter Teilung der Aufgaben noch enger zusammenarbeiten und die Finanzierung nicht nur kurzfristig, sondern auch mittelfristig für einen Zeitraum von mindestens 15 Jahren gesichert ist.

In Anlehnung an vergleichbare Strategien im Ausland und angesichts der verfügbaren Kapazitäten wird sich die Forstpflanzenzüchtung in Deutschland zukünftig auf wenige Fokusbaumarten konzentrieren müssen. Umso wichtiger ist daher die richtige Auswahl dieser Arten. Forstliche Züchtungsprogramme liefern wegen der langen Generationszeiten der Bäume erst nach Jahrzehnten Erfolge. Wenn jedoch auf bereits vorhandenen Ergebnissen aufgebaut werden kann, ist nach ca. 15 Jahren mit deutlichen Erfolgen zu rechnen. Neue Programme würden erheblich längere Zeiträume beanspruchen. Erfahrungen belegen, dass innerhalb dieses etwa 15-jährigen Zeitraums mit einer deutlich gesteigerten Massen- und Wertleistung durch Züchtung gerechnet werden kann. Bei der Auswahl der Baumarten sind verschiedene Aspekte wichtig. Zum einen sollten es Baumarten sein, die in dem geplanten Zeitraum einen deutlichen Züchtungsfortschritt erwarten lassen, zum anderen ist die zukünftige Ausrichtung des Waldbaus angesichts des Klimawandels zu beachten, sowie die zu erwartende Nachfrage nach Produkten und Leistungen des Waldes einzubeziehen (Tabelle 1). Diese drei Aspekte wurden von den beteiligten Institutionen gutachtlich bewertet. Bei gemeinsamer Berücksichtigung dieser Aspekte ergibt sich die in Tabelle 1 aufgelistete Reihung von 6 Baumarten bzw. Baumartengruppen für eine züchterische Bearbeitung.

Die Intensität der Züchtung wird je nach Art unterschiedlich ausfallen. Die Spanne reicht hier von der Prüfung von Bestandesabsaaten (z. B. Eiche) über die Anlage von neuen Hochleistungssamenplantagen (z. B. Berg-Ahorn) bis hin zu gelenkten Kreuzungen (z. B. Lärche). Der erzielbare Volumenmehrertrag nach 15-jähriger Züchtungsarbeit liegt im Mittel zwischen 10 % und 30 %. Längerfristig ist auch von einer Werterhöhung in einer Größenordnung von mindestens 20 % auszugehen.

Tabelle 1: Zusammenstellung der 6 Fokusbaumarten bzw. Baumartengruppen mit dem Ergebnis der Einschätzung (5 = hoch ... 1 = gering) auf genetischen Gewinn (Züchtungsfortschritt), der Bedeutung für den künftigen Waldbau (Waldbau) und der zu erwartenden Nachfrage nach Produkten und Leistungen des Waldes (Nutzung) sowie einem Mittelwert aus den 3 Aspekten durch Vertreter der Forstpflanzenzüchtung betreibenden Einrichtungen des Bundes und der Länder. Weiterhin sind die zukünftigen Züchtungsschwerpunkte aufgeführt.

Baumart	Züchtungsfortschritt	Waldbau	Nutzung	Mittel	Zukünftige Züchtungsschwerpunkte			
					Bestand	SP	Familien	Klone
Douglasie	4,5	5	5	<b>4,8</b>	x	x	(x)	-
Lärche	4,5	4	4,5	<b>4,3</b>	(x)	x	x	(x)
Berg-Ahorn	3,5	4	4,5	<b>4,0</b>	(x)	x	-	-
Gewöhnliche Fichte	2,5	4	5	<b>3,8</b>	-	x	-	(x)
Gemeine Kiefer	3	3	5	<b>3,7</b>	-	x	-	-
Eiche	1	5	5	<b>3,7</b>	x	-	-	-

Der **Douglasie** kommt wegen ihrer Wuchsleistung besondere Bedeutung zu, da sie auf einigen Standorten die Fichte ersetzen kann. Züchtung konzentriert sich auf die Prüfung von Bestandesabsaaten und die Etablierung von Samenplantagen. Weiterhin sind Familienkreuzungen denkbar.

**Lärchen** sind wegen ihrer Wuchsleistung und dem umfangreichen Züchtungsvorlauf erfolgversprechend. Hierbei stehen die Etablierung von Samenplantagen und die Zulassung von Familieneltern aussichtsreicher Hybriden im Vordergrund.

Dem **Berg-Ahorn**, der bislang keine züchterische Bearbeitung erfahren hat, kommt sowohl im Bergland als auch im Flachland und als Mischbaumart besondere Bedeutung zu. Im Vordergrund stehen Samenplantagen, wobei auch die Prüfung von Bestandesabsaaten bereits Steigerungen erwarten lässt.

**Fichte** und **Kiefer** sind die häufigsten Baumarten in der deutschen Forstwirtschaft und werden es auf absehbare Zeit voraussichtlich bleiben. Hier steht u. a. die Etablierung von Samenplantagen im Vordergrund.

Bei den **Eichen** werden sich Züchtungsaktivitäten auf die Prüfung von Bestandesabsaaten konzentrieren mit dem Ziel, forstliches Vermehrungsgut der Kategorie „Geprüft“ zuzulassen.

Bei der Artengruppe Pappel ist im Hinblick auf Kurzumtriebsplantagen die Züchtung wieder aufgenommen worden. Die Zuchtprodukte können in der Regel auch für die Anlage von Vorwäldern genutzt werden. Unabhängig von der Züchtungsstrategie sind für den Vorwald auch Birken- und Erlenarten interessant, wobei für diese Arten die Anlage von Samenplantagen und die Auswahl von Klonen im Vordergrund stehen würden. Für die Vogel-Kirsche ist keine Züchtungsstrategie vorgesehen, da bereits Klone verfügbar sind, weitere Auslesen stattfinden und der potentielle Flächenanteil gering ist.

## **Einbindung von privaten Organisationen**

Die Erfahrungen aus dem Ausland zeigen, dass Forstpflanzenzüchtung primär eine Aufgabe der öffentlichen Hand ist, da Züchtung mit Waldbaumarten langwierig ist. Außerdem befindet sich etwa die Hälfte des Waldes in Deutschland im Eigentum der öffentlichen Hand. Wichtig ist, dass die Durchführung und Finanzierung der Arbeiten mittelfristig gesichert sind.

Die Samenplantagen können später mit privaten Firmen gemeinschaftlich kommerziell genutzt oder an diese verpachtet werden. In die Umsetzung der angefügten Programme lassen sich private Labore und Baumschulen einbinden, insbesondere bei der Erzeugung von Pflanzen für die Anlage von Samenplantagen.

Die zunehmende Verknappung fossiler Rohstoffe kann für die holzverarbeitende und chemische Industrie zusätzliche Motivation sein, sich an Forstpflanzenzüchtung zu beteiligen.

## **Vermarktung**

Die Züchtungsarbeiten müssen durch ein Marketingkonzept ergänzt werden, mit dessen Hilfe die kontinuierliche Bereitstellung sowie die Vermarktung des Vermehrungsgutes sichergestellt werden. Die Vermarktung von gezüchtetem Material gestaltet sich derzeit trotz erfolgter Publikationstätigkeit noch schwierig. Saatgut aus Samenplantagen wird über die Herkunftsempfehlungen mit Vorrang vor ausgewähltem Vermehrungsgut empfohlen, mit größter Priorität wird geprüftes Vermehrungsgut empfohlen. Eine gezielte Vermarktungsstrategie für höherwertiges Vermehrungsgut wird bisher nicht verfolgt und ist daher Bestandteil der Züchtungsstrategie.

## **Einsatz moderner Züchtungsmethoden**

Genetische Marker für forstlich relevante Merkmale sind in der Entwicklung. Sie sollen aus anderen Arten übertragen und auf ihre Anwendbarkeit für Prognosemethoden getestet werden. Methoden zur Anwendung genetischer Marker können jedoch in naher Zukunft noch keine Feldversuche ersetzen, aber die Möglichkeit, sie für eine Vorauswahl (vergleichbar einem Frühtest) zu verwenden, sollte man sich offen halten. Den Einsatz der quantitativen Genetik gilt es zu forcieren.

Neben der vollständig sequenzierten Modellbaumart Pappel (TUSKAN et al. 2006) können mit den heute verfügbaren Methoden einer Hochdurchsatz-Sequenzierung nun auch Forstpflanzen mit sehr großen Genomen (Koniferen, Fagaceen) bearbeitet werden. Zudem sind bereits eine Vielzahl molekularer genetischer Marker (AFLP, SSR, Isoenzyme, RFLP, RAPD, cpDNA) verfügbar und in ihrer Anwendung erprobt.

An der Identifizierung von anpassungsrelevanten Genen wird schon seit einigen Jahren in Feld- und Laborversuchen gearbeitet. Diese, meist physiologischen Studien unter kontrollierten Bedingungen zeigen, dass auf bestimmte Umwelt- oder Stressfaktoren spezifische Gene mit unterschiedlicher Expression reagieren. In den letzten Jahren wurde deshalb ein neuer Typ von Genmarkern entwickelt, der auf Variationen in den Bausteinen der DNA, den Nukleotiden basiert und als SNP (single nucleotide polymorphism) bezeichnet wird. In der Literatur deutet sich an, dass neben den artspezifischen SNPs (z. B. bei Pappel FLADUNG & BUSCHBOM 2006) auch solche bzw. Kombinationen mehrerer SNPs (Haplotypen) nachgewiesen werden können, die eventuell mit Trockenstresstoleranz, Winterhärte, Austriebszeit, Zeit des Blattfalls und weiteren adaptiven Merkmalen assoziiert sind (z. B. GONZÁLEZ-MARTÍNEZ et al. 2006, WACHOWIAK et al. 2009; SEIFERT 2011).

## Zu erwartende Kosten

Die Gesamtkosten der in der vorliegenden Züchtungsstrategie berücksichtigten sechs Baumarten und deren Vermarktung belaufen sich auf etwa 27,7 Mio. € in 15 Jahren (Tabelle 2). Das sind im Mittel 1,85 Mio. € je Jahr.

Für die 6 Baumarten ist in 15 Jahren von einer Fördersumme von rund 18 Mio. € (Tabellen 2 und 3), einschließlich 0,6 Mio. € für die Förderung der Vermarktung (Tabelle 4), auszugehen. Für diesen Zeitraum ist mit Gesamtkosten zwischen 2 Mio. € und 5 Mio. € je Baumart zu rechnen. Pro Jahr beträgt die geschätzte Fördersumme zwischen etwa 1,7 Mio. € (Jahre 2, 4 und 6) und 0,6 Mio. € (Jahr 15).

Die beteiligten Institutionen erbringen einen Eigenanteil für wissenschaftliche und technische Betreuung, Nutzung vorhandener Anzucht- und Gewächshausflächen sowie forstlicher Infrastruktur und die Übertragung der Ergebnisse in die Praxis von 9,7 Mio. € ein (Tabelle 2), das entspricht 650.000 Mio. €/Jahr.

Tabelle 2: Gesamtkosten, Eigenleistung und zusätzliche Kosten (Förderung) für ein Züchtungsprogramm bei 6 Baumarten sowie deren Vermarktung auf einen Zeitraum von 15 Jahren

Baumart	Gesamtkosten	Eigenleistung		Zusätzliche Kosten (Förderung)	
Douglasie	6.925.000 €	2.325.000 €	34 %	4.600.000 €	66 %
Lärchen	3.932.500 €	1.342.500 €	34 %	2.590.000 €	66 %
Berg-Ahorn	3.685.000 €	1.335.000 €	36 %	2.350.000 €	64 %
Gewöhnliche Fichte	4.347.600 €	1.807.600 €	42 %	2.540.100 €	58 %
Gemeine Kiefer	4.405.000 €	1.305.000 €	30 %	3.100.000 €	70 %
Eichen	3.272.500 €	1.042.500 €	32 %	2.230.000 €	68 %
<b>Summe (6 Baumarten)</b>	<b>26.567.600 €</b>	<b>9.157.600 €</b>	<b>34,5 %</b>	<b>17.410.100 €</b>	<b>65,5 %</b>
Vermarktung	1.155.000 €	555.000 €	48 %	600.000 €	52 %
<b>Total</b>	<b>27.722.600 €</b>	<b>9.712.000 €</b>	<b>36,4 %</b>	<b>18.010.100 €</b>	<b>63,6 %</b>

Tabelle 3: Verteilung der Förderung (Tsd. €) für die Züchtungsprogramme der 6 Baumarten auf einen Zeitraum von 15 Jahren

	Jahr															Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Dg	305	400	400	400	400	350	350	245	250	250	250	250	250	250	250	<b>4.600</b>
Lä	70	90	110	250	240	240	240	240	180	170	170	170	140	140	140	<b>2.590</b>
BAh	200	250	250	250	260	270	100	70	0	0	200	200	200	100	0	<b>2.350</b>
Fi	140	150	90	120	110	120	130	220	180	190	290	330	370	50	50	<b>2.540</b>
Ki	210	310	340	250	220	340	340	350	280	170	50	0	40	110	90	<b>3.100</b>
Ei	310	330	160	370	330	320	170	50	80	20	20	20	20	15	15	<b>2.230</b>
<b>Σ</b>	<b>1.235</b>	<b>1.530</b>	<b>1.350</b>	<b>1.640</b>	<b>1.560</b>	<b>1.610</b>	<b>1.330</b>	<b>1.175</b>	<b>970</b>	<b>800</b>	<b>980</b>	<b>970</b>	<b>1.020</b>	<b>665</b>	<b>545</b>	<b>17.410</b>

Tabelle 4: Verteilung der Förderung für die Vermarktung (VM) auf einen Zeitraum von 15 Jahren

	Jahr															Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
VM	150	150	30	30	30	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	<b>600</b>

In den folgenden Kapiteln werden für 6 Baumarten bzw. Baumartengruppen (Douglasie, Lärche, Berg-Ahorn, Fichte, Kiefer und Eiche) detaillierte Züchtungsstrategien für einen Zeitraum von 15 Jahren vorgeschlagen. Die einzelnen Strategien sind gegliedert in (1) Status quo der Züchtung im Ausland und in Deutschland. (2) Zielmerkmale der Züchtung und Methoden, (3) notwendige Ressourcen zur Umsetzung und (4) ein Literaturverzeichnis. Außerdem wird der Bedarf der Vermarktung dargestellt.

## Literatur

- FLADUNG M, BUSCHBOM J (2009): Identification of single nucleotide polymorphisms in different *Populus* species. *Trees* 23, 1199-1212
- GONZÁLEZ-MARTÍNEZ SC, ERSOZ E, BROWN GR, WHEELER NC, NEALE DB (2006): DNA sequence variation and selection of tag single-nucleotide polymorphisms at candidate genes for drought-stress response in *Pinus taeda* L. *Genetics* 172, 1915–1926 DOI: 10.1534/genetics.105.047126
- SEIFERT S (2011): Variation of candidate genes related to climate change in European beech (*Fagus sylvatica* L.) Diss. Univ. Göttingen
- TUSKAN GA, DIFAZIO S, JANSSON S et al. (2006): The genome of black cottonwood, *Populus trichocarpa* (Torr. & Gray). *Science* 313, 1596-1604
- WACHOWIAK W, BALK PA, SAVOLAINEN O (2009): Search for nucleotide diversity patterns of local adaptation in dehydrins and other cold-related candidate genes in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) *TGG* 5, 117–132 DOI 10.1007/s11295-008-0188-3



# 1. Züchtungsstrategie Douglasie

## (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco)

Die Douglasie ist die wüchsigste Wirtschaftsbaumart in Deutschland. Es zeichnet sich ab, dass der Fichtenanteil durch klimatische Änderungen zurückgeht. Die Douglasie, die mit den Klimaänderungen besser zurechtkommt, stellt für einen Teil dieser Flächen eine Ersatzbaumart dar. Außerdem ist sie als Mischbaumart, insbesondere mit Buche, gut geeignet. Mehrere Untersuchungen und Tagungen der letzten Jahre hatten sich mit der Douglasie beschäftigt und kamen alle zu dem Schluss, dass die Douglasie künftig einen höheren Stellenwert in Deutschland einnehmen wird (z. B. KOWNATZKI et al. 2011; BEINHOFER & KNOCKE 2010; FVA 2010; LFE 2009; LIPTAY 2010; LWF 2008). In Deutschland hat die Douglasie mit etwa 180.000 ha (Abb. 1.1) nach Frankreich die zweitgrößte Anbaufläche in Europa.

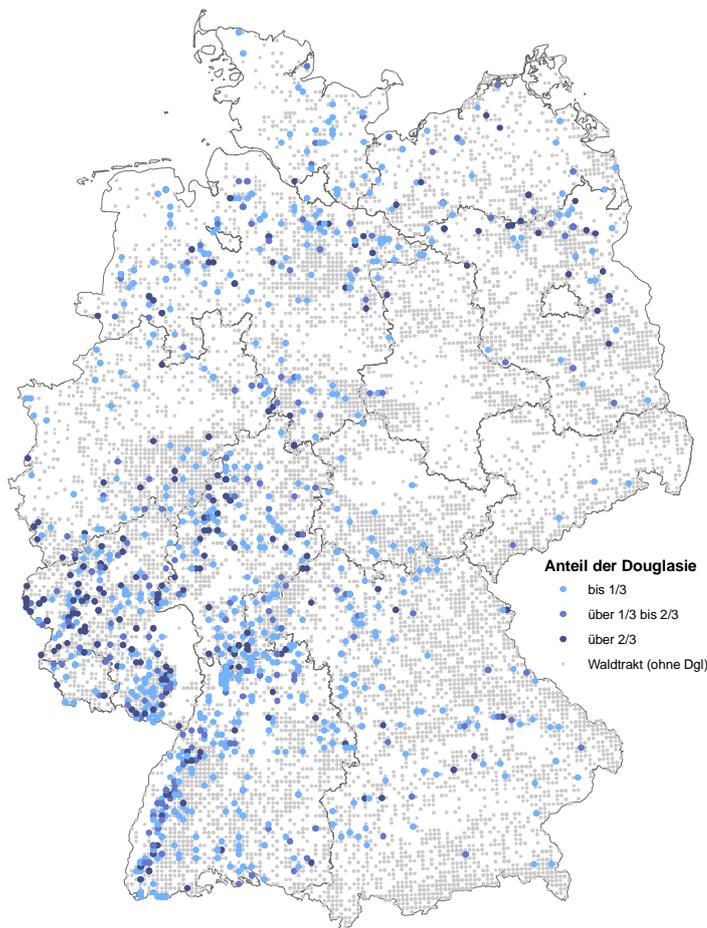


Abb. 1.1: Douglasienverbreitung in Deutschland (Quelle: BWI2, Thünen-WO, 17.3.2010)

## **1.1 Status quo der Züchtung**

### **1.1.1 Bisherige Züchtung im Ausland**

Am weitesten entwickelt ist die Züchtung in den USA, wo seit den frühen 1960er Jahren intensiv in diesen Bereich investiert wird. Über 40.000 Plusbäume wurden zur Anlage von über 800 ha Samenplantagen selektiert (BORDELON et al. 1987; JAYAWICKRAMA 2011). Anders als in Deutschland (siehe 1.2) stellt die Gewinnung von Saatgut in Beständen die Ausnahme dar. Die Großprivatwaldbesitzungen und Zusammenschlüsse verschiedener Interessengruppen (aus Waldbesitz, verarbeitender Industrie, Druckereien usw.) haben eigene Zuchtprogramme und unterhalten eigene Samenplantagen. Bislang gab es mit Europa keinen Handel dieses Materials, da die rechtlichen Regelungen in Europa diesen nicht erlaubten (siehe 1.2) und kaum Erfahrungen hinsichtlich der Eignung in Deutschland vorliegen.

In den einzelnen Staaten in Europa lief die Entwicklung ähnlich wie in Deutschland ab (BASTIEN et al. 2013). In mehreren Staaten gab es Herkunftsversuche, um geeignete Regionen für den Import herauszufinden. Später wurden auch Ernten in Sekundärbeständen durchgeführt. In einigen Ländern ist man in eine zweite Phase getreten und hat in den Herkunftsversuchen bzw. in den Beständen Plusbäume ausgelesen, diese verklont und Samenplantagen angelegt.

Frankreich weist die größte Douglasienanbaufläche (etwa 400.000 ha) in Europa auf, die in den letzten Jahren kontinuierlich zunahm. In Frankreich wurde ein Zuchtprogramm aufgelegt und entwickelt. In der ersten Phase wurden anhand von Herkunftsversuchen die geeigneten Herkunftsgebiete ausgewählt. In einer 2. Phase sind für die Langzeitzüchtung Zuchtbaumpopulationen angelegt worden. Zuchtziele sind neben gutem Wachstum, guter Stammform und geringer Astigkeit ein später Austrieb sowie geringe Genotyp-Umwelt-Interaktionen, rasches Jugendwachstum für einen 35- bis 50-jährigen Umtrieb und geringe Zwieselbildung. In Frankreich gibt es fünf Samenplantagen der Kategorie „Qualifiziert“ und zwei der Kategorie „Geprüft“.

In Großbritannien wurden in den 1950er Jahren 200 Plusbäume selektiert und Nachkommenschaftsprüfungen angelegt. In den 1970er Jahren ist das Zuchtprogramm eingestellt worden, da die Pflanzungen mit Douglasie kein eigenes Zuchtprogramm rechtfertigten.

In den Niederlanden sind drei Samenplantagen angelegt worden, dabei gab es Probleme beim Blühen und bei der Verträglichkeit beim Pfropfen. Zwei von ursprünglich drei Samenplantagen werden noch mit mäßigem Erfolg bewirtschaftet.

Auch in Polen wurden zwischenzeitlich 8 Samenplantagen mit einer Fläche von 38 ha und zusammen 430 Klonen angelegt, weiterhin fünf Sämlingssamenplantagen mit einer Fläche von zusammen 33 ha und 267 Familien. Die Sämlingssamenplantagen liegen alle im nordwestlichen Polen. Die Klonsamenplantagen befinden sich im Bereich von Nordwesten bis Südosten. Keine Samenplantagen sind im nordöstlichen Polen angelegt worden.

Weitere Samenplantagen der Kategorie „Qualifiziert“ gibt es in den Ländern Belgien (4), Tschechien (4), Irland (1) und Großbritannien (3) (Quelle: EU-Statistik 2011).

Einer Umfrage im EU-Projekt TREEBREEDEX nach gibt es auch Zuchtprogramme in Dänemark (mit dem Zuchtziel später Austrieb), Belgien (Wachstum, Stammform, Ästigkeit, später Austrieb) und Spanien (Wachstum, Holzeigenschaften). In Frankreich, Dänemark und Spanien ist die Züchtung auf je ein Verwendungsgebiet (breeding zone) ausgerichtet, in Belgien auf zwei Verwendungszonen.

## 1.1.2 Bisherige Züchtung in Deutschland

In Deutschland begann man, wie auch in den anderen EU-Staaten (siehe 1.1.1), mit der Prüfung von Material vom Originalstandort. Erste Herkunftsversuche wurden 1910 in Chorin von SCHWAPPACH und 1912 bei Kaiserslautern von MÜNCH angelegt (SCHOBER 1973; KLEINSCHMIT & BASTIEN 1992). Am umfangreichsten war eine von der IUFRO im Jahr 1965 initiierte Einsammlung (z. B. BARNER 1973; BREIDENSTEIN et al. 1990). Die Douglasie hat auf Grund ihres großen natürlichen Verbreitungsgebiets in Nordamerika ein großes Anpassungspotential, wie Ergebnisse aus diesen Herkunftsversuchen zeigen (z. B. KLEINSCHMIT et al. 1974, 1990; LIESEBACH & STEPHAN 1995). Darüber hinaus gibt es auch Versuche, die Bestandesnachkommenschaften aus Deutschland enthalten (z. B. RAU 1985). Die bisher vorliegenden Ergebnisse aus Prüfungen deutscher Douglasienbestände zeigen, dass zwischen den Nachkommenschaften dieser Bestände vergleichbar große Unterschiede zu finden sind wie bei den Originalherkünften (RAU 2006).

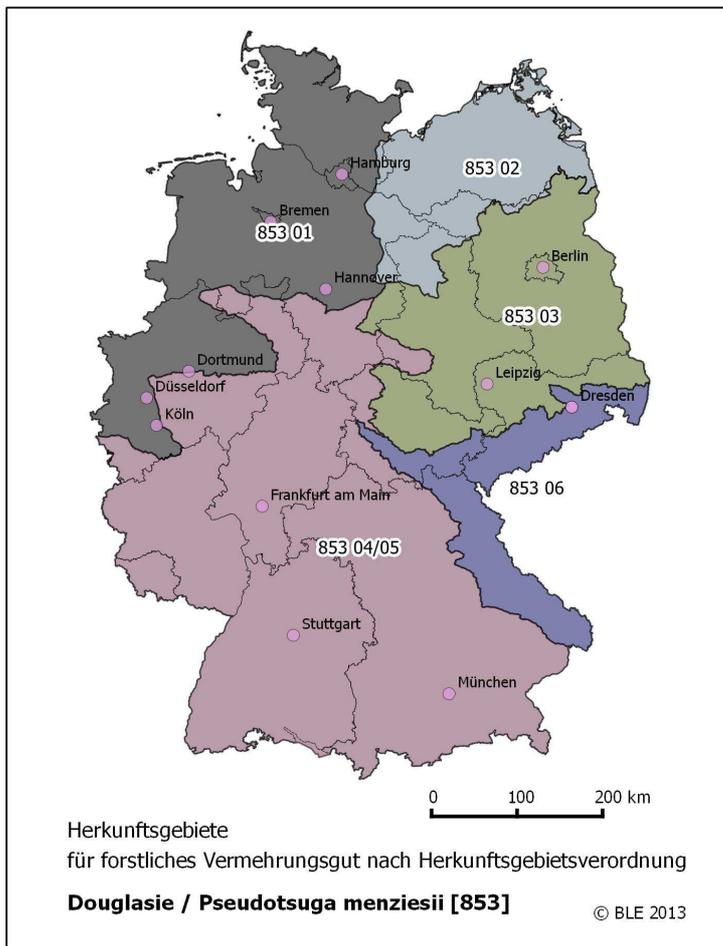


Abb. 1.2: Herkunftsgebiete: Douglasie

Bislang wurden Bestände in Deutschland überwiegend anhand ihres Phänotyps für die Auswahl zur Gewinnung von forstlichem Vermehrungsgut ausgewählt und zugelassen. Für die Douglasie gibt es auf

## 1. Züchtungsstrategie Douglasie

der Grundlage des FoVG in Deutschland 6 Herkunftsgebiete (Abb. 1.2). Es gibt derzeit (BLE 2013) 2.109 zugelassene Bestände der Kategorie „Ausgewählt“ mit zusammen 4.232 ha (Tabelle 1.1).

Tabelle 1.1: Verteilung der zugelassenen Bestände der Kategorie „Ausgewählt“ auf die 6 Herkunftsgebiete

Herkunftsgebiet	Bestände [Anzahl]	Fläche [ha]	Veränderung in den vergangenen etwa 5 Jahren
853 01	274	543	Abnahme bei Anzahl, Zunahme bei Fläche
853 02	192	404	wie 853 01
853 03	228	419	Zunahme bei Fläche
853 04	1.007	2.190	wie 853 01
853 05	318	562	Zunahme bei Anzahl, Zunahme bei Fläche
853 06	90	114	wie 853 05
Summe	2.109	4.232	

Die Anzahl der Ernteeinheiten in den vergangenen 5 Jahren ist mehr oder weniger konstant geblieben, obwohl zahlreiche Bestände aus der Zulassung genommen werden mussten, da die gesetzlich vorgeschriebenen Mindestkriterien nicht mehr erfüllt wurden. Die Neuzulassungen gleichen die Abgänge weitestgehend aus. In einigen Herkunftsgebieten kann es jedoch künftig zu Engpässen kommen, da die Bestandesstruktur zahlreicher zugelassener Douglasienernteeinheiten erwarten lässt, dass weitere Bestände die gesetzlichen Mindestanforderungen nicht länger erfüllen werden.

Weiterhin gibt es 19 Erntebestände, deren Nachkommenschaften sich in Prüfungen als überlegen herausgestellt haben (RAU 2009) und deren Saatgut in der Kategorie „Geprüft“ vertrieben wird (Tabelle 1.2).

Tabelle 1.2: Verteilung der zugelassenen Bestände der Kategorie „Geprüft“ auf die Herkunftsgebiete (BLE 2013)

Herkunftsgebiet	Bestände [Anzahl]	Fläche [ha]
853 01	0	-
853 02	2	6,3
853 03	1	3,6
853 04	13	27,0
853 05	3	7,7
853 06	(2*)	-
Summe	19	44,6

\*Kreuzungskombinationen

Mit ausgewählten Plusbäumen wurden in Deutschland 18 Samenplantagen angelegt, die derzeit zugelassen sind (Expertengruppe Douglasie). Davon gehören 17 der Kategorie „Qualifiziert“ und 1 der Kategorie „Geprüft“ an. Weiterhin sind vier Familieneltern in der Kategorie „Geprüft“ zugelassen.

Bei der Auswahl der Bestände und Prüfung der Nachkommenschaften standen folgende Merkmale im Vordergrund: Wachstum (Höhe, BHD), Baumform (Ästigkeit, Stammform, Neigung zur Zwieselbildung) und Angepasstheit (Resistenz gegenüber biotischen und abiotischen Faktoren). Dabei konnte für ausgewählte Nachkommenschaften eine Steigerung beim Höhenwachstum (30 bis 100 %), beim Durchmesser (45 bis 150 %) und beim Einzelstammvolumen (80 bis 200 %) erzielt werden (WOLF & KRABEL 2009).

Von regionaler Bedeutung in Ostdeutschland war die Züchtung von wüchsigen und frostresistenten Douglasien-Nachkommenschaften durch Kreuzung von Elternbäumen unterschiedlicher Varietäten (u. a. BRAUN 1988, 1992, 1999; BRAUN & SCHMIEDEL 1985). In Folge dieser Arbeiten sind derzeit vier Familieneltern unbefristet für die Erzeugung von geprüftem Vermehrungsgut zugelassen. Die Verwendung des gewonnenen Vermehrungsgutes ist auf den subkontinentalen Klimabereich beschränkt.

Im Mittel der letzten 7 Jahre wurden in Deutschland bei der Douglasie 89 % Saatgut der Kategorie „Ausgewählt“, 9 % „Qualifiziert“ und nur 2 % „Geprüft“ geerntet.

Die Verwendungsempfehlung erfolgt überwiegend über Herkunftsempfehlungen der einzelnen Bundesländer, die jedoch nur für den Staatswald bindend sind. Für den Privatwald sind die Herkunftsempfehlungen nur bindend, wenn staatliche Förderung in Anspruch genommen wird. Derzeit wird die Aufforstung mit Nadelgehölzen jedoch nicht gefördert.

Mit der Novellierung des Forstvermehrungsgutrechts (2003) waren Importe aus Nordamerika für forstliche Zwecke nicht mehr zulässig. Mittlerweile ist mit der Gleichstellungsentscheidung der EU die Einfuhr von forstlichem Vermehrungsgut der Kategorie „OECD-selected“ aus Nordamerika für forstliche Zwecke wieder möglich. Die Evaluierung der amerikanischen Zulassungs- und Kontrollpraxis sowie die Prüfung der Umsetzung des OECD-Schemas für Douglasie in den USA, insbesondere im Bundesstaat Washington, sind vorerst abgeschlossen (KONNERT & RUETZ 2011).

Die Kategorie „OECD-qualified“ ist in der OECD verabschiedet und wurde kürzlich von der EU gleichgestellt. Somit ist es künftig auch möglich, Saatgut von Samenplantagen aus den USA nach Deutschland bzw. Europa einzuführen. Für die Kategorie „OECD-tested“ steht eine Gleichstellung noch aus. Ungeachtet einer möglichen Zulassung in den USA, ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf europäische Standortbedingungen ohne Prüfung nicht zu empfehlen.

### **1.2 Zielmerkmale der Züchtung und Methoden**

- Mit einer gemeinsamen Auswertung der vorhandenen Herkunftsversuche lässt sich die Eignung der Douglasien-Vorkommen aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet für den Anbau in Deutschland auf breiterer Basis belegen. Dies eröffnet durch Importe die Chance, das Angebot an Douglasiensaatgut in Deutschland nicht nur mengenmäßig zu erhöhen, sondern vor allem auch in seiner genetischen Vielfalt. Diese dürfte innerhalb der natürlichen Vorkommen wesentlich höher sein als die der meisten, oft sehr kleinen, deutschen Saatguterntebestände. Diese Vielfalt wird im Hinblick auf die Unwägbarkeiten des Klimawandels als sehr wichtig angesehen, zumal gerade die Douglasie wesentlich mehr als in der Vergangenheit angebaut werden soll.
- Die Auswertung von bestehenden Prüfungen mit Vermehrungsgut aus deutschen Douglasienbeständen bietet die Chance, weitere Bestände zur Zulassung als Ausgangsmaterial für Vermehrungsgut der Kategorie „Geprüft“ empfehlen zu können.

## 1. Züchtungsstrategie Douglasie

- Die forstlichen Herkunftsgebiete der Douglasie gilt es hinsichtlich ihrer Eignung als Verwendungsgebiete (breeding zones) zu überprüfen und voraussichtlich 3 (ggf. 4) Verwendungsgebiete festzulegen.
- Der Vergleichsanbau von Vermehrungsgut aus ausländischen Samenplantagen eröffnet die Chance, dieses Material bei Eignung unter Standortbedingungen in Deutschland zu übernehmen und Kosten für Züchtungsarbeit in erheblichem Umfang einzusparen. Geprüft werden sollen Absaaten von Samenplantagen aus den USA, Frankreich und weiteren EU-Staaten.
- Aufbau einer Zuchtpopulation je Verwendungszone zur Erhaltung von hervorragenden Einzelbäumen aus Beständen und Versuchsanbauten in Deutschland als Ausgangsmaterial für den Aufbau von Samenplantagen sowie als Basis für weiterführende Züchtungsarbeiten. Besonderer Wert bei der Auslese ist dabei neben den Kriterien Wüchsigkeit, Qualität und Vitalität auf die Merkmale Frost- und Trockenheitstoleranz sowie Widerstandsfähigkeit gegenüber Pathogenen insbesondere der Rostigen und Rußigen Douglasienschütte zu legen.
- Von der Douglasie ist eine hohe Pfropfungsunverträglichkeit bekannt, so dass zusätzlich Stecklingsvermehrung nötig ist.
- Beerntung von etwa 200 Plusbäumen und Bestimmung des Zuchtwertes in einer Einzelbaum-Nachkommenschaftsprüfung. Vegetative Vermehrung der in der Nachkommenschaftsprüfung besten ca. 50 Plusbäume und Anlage einer Samenplantage. Die Samenplantage kann auch zeitgleich mit der Nachkommenschaftsprüfung angelegt werden, wenn anschließend eine Durchforstung erfolgt, bei der ausschließlich die besten Plusbäume verbleiben. Dieses erspart Zeit, verursacht jedoch höhere Kosten bei der vegetativen Vermehrung. In der Einzelbaum-Nachkommenschaftsprüfung können erneut die besten Einzelbäume für die Folgegeneration ausgewählt werden und auf diese Weise der züchterische Gewinn erhöht werden.
- Neben den bisher genannten Möglichkeiten stellt die Kombination von Genotypen mit wirtschaftlich wichtigen Eigenschaften mit dem Ziel der Erzeugung von Nachkommenschaften aus Kreuzungen zwischen Rassen einen weiteren Züchtungsschritt dar.
- Neben der gezielten Auswahl von Erntebeständen anhand phänotypischer Kriterien wird die Weitergabe deren genetischer Information an die nächste Generation gewünscht. Hierbei muss in Zukunft auch die genetische Qualität hinsichtlich der Vermeidung von Inzucht mehr Beachtung finden. Die derzeitigen gesetzlichen Vorgaben von Mindestflächen und Mindestbaumzahlen für die Zulassung von Beständen für Vermehrungsgut der Kategorie „Ausgewählt“ betragen bei der Douglasie 0,25 ha und 40 Bäume, wobei mindestens 20 Bäume beerntet werden müssen. Diese Mindestanforderungen sind zu überprüfen.
- Die beiden Varietäten der Douglasie (Küsten- und Inlands-Douglasie) unterscheiden sich in ihrer Wuchseistung, wobei auf den meisten Standorten in Deutschland die Küsten-Douglasie wüchsiger ist. Da bislang Kenntnisse über das Wuchsverhalten von Bäumen aus dem Saatgut von Mischbeständen beider Varietäten fehlen, sind sie in Vergleichsanbauten einzubeziehen. Diese Mischbestände kommen in Deutschland vereinzelt vor und können unter dem Aspekt der Klimaänderung an Bedeutung gewinnen. Die Erfassung der Varietäten ist daher erforderlich.

In Abbildung 1.3 ist das Vorgehen bei der Douglasiezüchtung in Deutschland dargestellt.

1. Züchtungsstrategie Douglasie

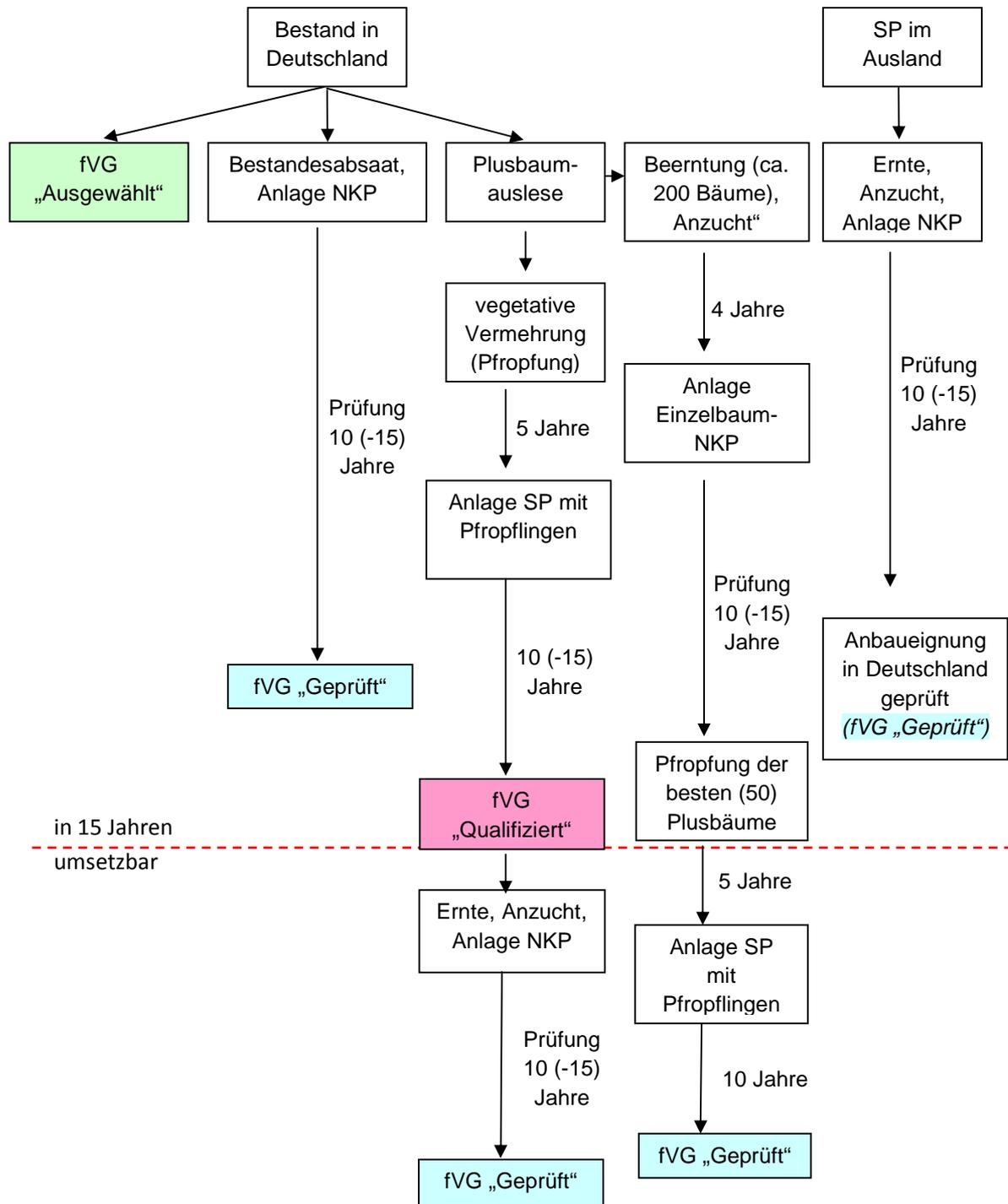


Abb. 1.3: Übersicht zur künftigen Züchtung der Douglasie in Deutschland

### 1.3 Notwendige Ressourcen zur Umsetzung

Bei der Umsetzung der Züchtungsstrategie für die Douglasie kann auf vorhandene Infrastruktur zurückgegriffen werden (Tabelle 1.3).

Tabelle 1.3: Infrastruktur (vorhanden bzw. aktivierbar durch Flächenbereitstellung)

Infrastruktur	Thünen	NW-FVA	ASP	SBS	LSfoV	FAWF	MV	NW	TH
Herkunftsversuche	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Douglasienbestände, SP	-	x	x	x	x	x	x	x	x
Auswahl von Plusbäumen	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vegetative Vermehrung	x	x	-	x	-	-	-	-	-
Anzucht	x	x	x	x	x	(x)	-	-	-
Anlage von Prüfflächen	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Anlage von SP	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Genetische Untersuchungen	x	x	x	x	-	-	-	-	-

Die Gesamtkosten für die Züchtungsstrategie der Douglasie belaufen sich für einen Zeitraum von 15 Jahren auf etwa 7 Mio. €. Davon entfallen 2,3 Mio. € auf Eigenleistungen (Tabelle 1.4). 4,6 Mio. € wären durch Förderung zu ergänzen (Tabellen 1.5 und 1.6).

Tabelle 1.4: Zusammenstellung der Eigenleistung

Art der Eigenleistung	Erläuterung	Kosten/Jahr	Kosten
Wissenschaftliche Betreuung	Wissenschaftler (70 %) zur Anleitung und Koordinierung der wissenschaftlichen Arbeiten einschließlich der Labornutzung	56.000 €	840.000 €
Technische Betreuung	Technische Assistenz (75 %) zur technischen Anleitung und Koordinierung der Arbeiten einschließlich der Laborkapazitäten	35.000 €	525.000 €
Nutzung vorhandener Anzucht- und Gewächshausflächen	Anteilige Nutzung von vorhandenem Personal in den Baumschulen und der vorhandenen Anzucht- und Gewächshausflächen mit der vorhandenen Infrastruktur	45.000 €	675.000 €
Nutzung der forstlichen Infrastruktur	Förster / Forstwirte zur Flächenbewirtschaftung (z. B. Bereitstellung, Anlage, Pflege)	15.000 €	225.000 €
Übertragung der Ergebnisse in die Praxis	Überarbeitung von Herkunftsempfehlungen, Förderrichtlinien	4.000 €	60.000 €
<b>Summe</b>		<b>155.000 €/Jahr</b>	<b>2.325.000 €</b>

## 1. Züchtungsstrategie Douglasie

Tabelle 1.5: Schätzung der zusätzlichen Kosten (Förderung) für ein Programm bei Douglasie mit einer Laufzeit von 15 Jahren

Maßnahme	Erläuterung	Anzahl Einheiten	Kosten/Einheit	Gesamtkosten
Evaluierung	Auswertung bestehender Versuche (nochmalige Aufnahme ausgewählter Versuchsflächen) mit Ziel fVG „Geprüft“	30 ha	10.000 €/ha	300.000 €
Auswahl von Zuchtpopulationen	je Herkunftsgebiet mind. 200 (200-600) Bäume aus Beständen, Versuchsflächen, SP	2.400 Bäume (600 Bäume je Zuchtzone)	250 €/Baum	600.000 €
Anlage von Klonarchiven	4 Klonarchive zur Sicherung der Zuchtpopulationen	1.000 Klone (250 Klone / Archiv)	500 €/Klon (125.000 €/Archiv)	500.000 €
Anlage von SP	6 SP (à 2 ha)	12 ha (6 Plantagen à 2 ha)	50.000 €/ha	600.000 €
Anlage von NKP	9 NKP (à 1,3 ha) verteilt auf 2 Verwendungsgebiete	12 ha (3 NKP * 1,3 ha * 3 Zuchtzonen)	50.000 €/ha	600.000 €
Genetische Untersuchungen	Herkunftsidentifizierung, Bestäubungsverhältnisse, Klonidentifizierung, Biologische Vielfalt	100.000 Proben	15 €/Probe	1.500.000 €
Begleitende Studien	Untersuchungen zum Trockenstress und Frosttoleranz (Klimawandel)			500.000 €
<b>Summe</b>				<b>4.600.000 €</b>

Tabelle 1.6: Verteilung der Förderung (Tsd. €) auf einen Zeitraum von 15 Jahren

	Jahr															Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Dg	305	400	400	400	400	350	350	245	250	250	250	250	250	250	250	4.600

## 1.4 Literatur

- BARNER H (1973): Procurement of Douglas-fir seed for provenance research. Proc. IUFRO Douglas-fir working party meeting, Göttingen (FRG)
- BASTIEN J-C, SANCHEZ L, MICHAUD D (2013): Douglas -Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). In PAQUES LE (ed.): Forest Tree Breeding in Europe. Springer Dordrecht Heidelberg New York London, 325-369
- BEINHOFER B, KNOCKE T (2010): Finanziell vorteilhafte Douglasienanteile im Baumartenportfolio. Forstarchiv 81 (6), 255-265

## 1. Züchtungsstrategie Douglasie

- BLE (2013): Zusammenstellung über Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: 01.07.2013)
- BORDELON M, COOK B, MANGOLD R (1987): Seed orchards of Western Oregon, Western Washington, and Northern California. Oregon State Univ.; Dep. of Forestry, Corvallis, Oregon, USA, 109 S.
- BRAUN H (1988): Ergebnisse der Hybridzüchtung bei Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Beiträge für die Forstwirtschaft 22, 1-7
- BRAUN H (1992): Some results of Douglas-fir breeding at Graupa. *Silvae Genetica* 41, 188-195
- BRAUN H (1999): Douglas-fir breeding in Saxony. *Silvae Genetica* 48, 69-77
- BRAUN H, SCHMIEDEL H (1985): Ergebnisse der Anbauprüfung intraspezifischer Douglasienhybriden unter besonderer Berücksichtigung der Frostresistenz. Beiträge für die Forstwirtschaft 19, 69-73
- BREIDENSTEIN J, BASTIEN JC, ROMAN-AMAT B (1990): Douglas-fir range wide variation from the IUFRO data base. Proceedings IUFRO working party meeting S 2.02.05 "Douglas-fir improvement", Olympia, Washington, Aug. 20-25, 1990
- FVA (Hrsg.) (2010): [Schwerpunktausgabe Douglasie] FVA – einblick 14 (3), 20 S.
- JAYAWICKRAMA KJS (2011): Importance of cooperative tree improvement in the US Pacific Northwest. In: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2011): Workshop Forstpflanzenzüchtung. Gülzower Fachgespräche, Band 36, 14 + 70-99
- KLEINSCHMIT J, RACZ J, WEISGERBER H, DIETRICH H, DIMPFLMEIER R (1974): Ergebnisse aus dem internationalen Douglasien-Herkunftsversuch von 1970 in der Bundesrepublik Deutschland. *Silvae Genetica* 23, 167-226
- KLEINSCHMIT J, SVOLBA J, WEISGERBER H, RAU H-M, DIMPFLMEIER R, RUETZ W, FRANKE A (1990): Results of the IUFRO Douglas-fir provenance experiment in the Federal Republic of Germany at age 20. Proceedings IUFRO working party meeting S 2.02.05 "Douglas-fir improvement", Olympia, Washington, Aug. 20-25, 1990
- KLEINSCHMIT J, BASTIEN JC (1992): IUFRO's Role in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) Tree Improvement. *Silvae Genetica* 41, 161-173
- KONNERT M, RUETZ W (2011): Besuch von Erntebeständen im Ursprungsland der Douglasie. *AFZ-DerWald* 66 (5), 9-11
- KOWNATZKI D, KRIEBITZSCH W-U, BOLTE A, LIESEBACH H, SCHMITT U, ELSASSER P (2011): Zum Douglasienanbau in Deutschland - Ökologische, waldbauliche, genetische und holzbiologische Gesichtspunkte des Douglasienanbaus in Deutschland und den angrenzenden Staaten aus naturwissenschaftlicher und gesellschaftspolitischer Sicht. *Landbauforschung Braunschweig, Sonderheft* 344, 67 S.
- LFE (Hrsg.) (2009): Die Douglasie im nordostdeutschen Tiefland. Chancen und Risiken im Klimawandel. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 43, 88 S.
- LIESEBACH M, STEPHAN BR (1995): Growth Performance and Reaction to Biotic and Abiotic Factors of Douglas Fir Progenies (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco). *Silvae Genetica* 44 (5-6), 303-311
- LIPTAY P (2010): Zuwanderung erwünscht. *Forstzeitung* 121 (12), 11-13
- LWF (Hrsg.) (2008): Die Douglasie – Perspektiven im Klimawandel. *LWF Wissen* 59, 100 S.
- RAU H-M (1985): Der Douglasien-Provenienzversuch von 1958 in Hessen. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.* 155, 72-79
- RAU H-M (2006): Prüfung von Douglasien-Beständen aus Hessen und anderen Bundesländern – Ergebnisse bis zum Alter 15. *Forst u. Holz* 61, 131-136
- RAU H-M (2009): Bestände und Samenplantagen bei Douglasie – Informationsreihe Geprüftes Vermehrungsgut, Folge 6. *AFZ/Der Wald* 64, 220-221
- SCHOBBER R (1973): Ergebnisse von Douglasien-Provenienzversuchen in Deutschland. Proc. IUFRO Meeting Working Party on Douglas-fir provenances. Göttingen, 12 S.
- WOLF H, KRABEL D (2009): Douglas-fir breeding in Germany. *TREEBREEDING*, Vortrag, Hann. Münden

## 2. Züchtungsstrategie Gattung Lärche (*Larix* Mill.)

Von den 11 Arten der Gattung Lärche sind die Europäische Lärche (*Larix decidua* Mill.) und die Sibirische Lärche (*L. sibirica* [Muenchh.] Ledeb.) in Europa heimisch (SCHÜTT et al. 1992). Die Europäische Lärche ist auf Grund ihrer zerstreuten und mit Ausnahme der Alpen kleinteiligen natürlichen Verbreitung in weiten Teilen Europas vor allem in den tieferen Lagen eine eingeführte Baumart. Die Sibirische Lärche wird außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes auf Grund ihrer Frosthärte vor allem in Skandinavien angebaut. Eine weitere Art von forstlicher Bedeutung ist die in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts im atlantisch getönten Bereich Europas verstärkt eingeführte Japanische Lärche (*L. kaempferi* [Lamb.] Carr., syn. *L. japonica*) (PAQUES et al. 2013).

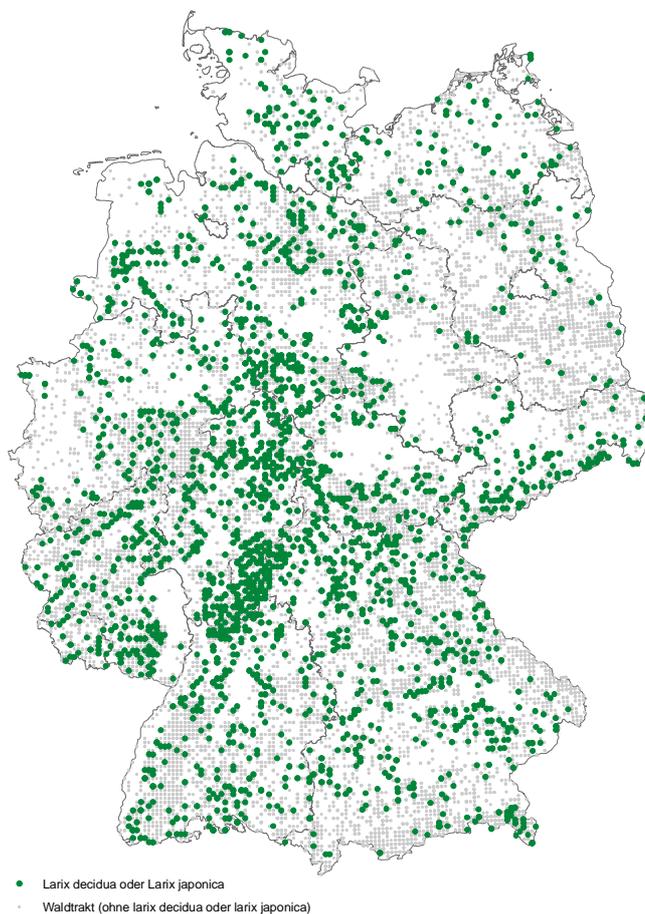


Abb. 2.1: Lärchenverbreitung in Deutschland (Quelle: BWI2, Thünen-WO, 14.10.2013)

## **2.1 Status quo der Züchtung**

### **2.1.1 Bisherige Züchtung in Europa**

#### *Züchtungsziele*

Mit der Einführung der oben genannten Lärchenarten in Gebiete ohne natürliche Lärchen-Vorkommen und der Ausdehnung der Anbaufläche verfolgten die angelegten Provenienzversuche das Ziel, das Variationsmuster dieser Arten als Grundlage für Provenienzwahl und Züchtungsarbeiten zu ermitteln. Die nationalen wie internationalen Provenienzversuche mit Europäischer und mit Japanischer Lärche erfassten die Variation der Wuchsleistung, der Schaftform und der Resistenzeigenschaften sowie die Anpassungsfähigkeit der Provenienzen an verschiedene Standortverhältnisse. Bei der Auslese von Herkünften und Beständen sowie von Ausleseebäumen stehen in Abhängigkeit von den waldbaulichen Zielen und den vorgesehenen Produktionszeiträumen die Schaftqualität (Geradschaftigkeit) und/oder die Massenleistung als vordringliche Züchtungsziele in Verbindung mit der Resistenz gegenüber Lärchenkrebs (*Lachnellula willkommii* [Hartig] Dennis.) im Vordergrund. Holzeigenschaften wie Dichte, mechanische Eigenschaften oder Langlebigkeit spielten bisher als Züchtungsziel eine untergeordnete Rolle. Das Merkmal Astigkeit wird bei der Gattung Lärche als nicht relevantes Züchtungsziel angesehen (PAQUES et al. 2013). Weitere Berücksichtigung findet die Frosttoleranz in ihren unterschiedlichen Ausprägungen. Regionale Bedeutung hatten die Züchtung SO<sub>2</sub>-resistenter/toleranter Lärchen in der DDR unter anderem für Standorte oberhalb der Anbaugrenze für Europäische Lärche (HERING 1994) sowie die Resistenzzüchtung gegenüber dem Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* [Fr.] Bref.) in Schweden und gegenüber der Wolllaus (*Adelges laricis* Vall.) in Rumänien (PAQUES et al. 2013).

#### *Züchtungspopulationen*

In Europa gibt es ca. 8.200 Einzelbäume der Gattung Lärche, die in Klonsammlungen verfügbar sind. Davon entfallen ca. 70 % auf die Europäische Lärche, ca. 15 % auf die Japanische Lärche und die restlichen 15 % auf andere Lärchenarten. Bei der Europäischen Lärche sind ca. 30 % der Individuen unbekanntes Ursprungs, bei der Japanischen Lärche ca. 70 %. Da in der Vergangenheit ein umfangreicher Austausch von Material zwischen den Züchtungsinstitutionen stattgefunden hat, ist eine unbekannte Anzahl von Klonen in verschiedenen Sammlungen gleichzeitig vertreten. Die bestehenden Klonsammlungen sind überwiegend nach geographischen Kriterien, das heißt nach Zugehörigkeit zu einem bestimmten Ursprungsgebiet organisiert. Ein konsequenter Aufbau von Züchtungspopulationen nach genetischen Kriterien hat bisher nur in Ansätzen stattgefunden, da in der Gattung Lärche bisher überwiegend erst ein Züchtungszyklus durchgeführt wurde (PAQUES et al. 2013).

#### *Züchtungsstrategien*

Innerhalb der Europäischen Lärche wurden bisher in der Hauptsache Einzelbäume und Bestände nach phänotypischen Kriterien ausgelesen und nach freier Abblüte als Einzelbaum-, Bestandes- oder Samenplantagen-Nachkommenschaften auf unterschiedlichen Standorten getestet. Die Prüfung von Vollgeschwister-Nachkommenschaften oder Klonen findet nur vereinzelt statt. Bei der Japanischen Lärche wurde auf Grund der geringen Provenienzvariation eine Auslesezüchtung mit wenigen Ausnahmen (z. B. Anlage von Plusbaum-Samenplantagen) als nicht weiterführend erachtet (PAQUES et al. 2013).

Die Züchtung von Lärchenhybriden erfolgte zunächst durch kontrollierte Kreuzungen zwischen Europäischen und Japanischen Lärchen, die mehr oder weniger zufällig ausgewählt wurden. An Methoden wurden Kreuzungen einzelner Bäume, Kreuzungen in Form unvollständiger Diallele oder Kreuzungen mit der Polycross-Methode angewendet. Nach der Erzeugung von Hybridfamilien und deren Prüfung

erfolgten die Auslese derjenigen Elternbäume mit den im Sinne des Zuchtzieles besten Nachkommen und die Anlage von Samenplantagen zur Saatgutproduktion. Mit zunehmender Dauer von Züchtungsprogrammen stammten die Elternbäume entweder aus bereits züchterisch bearbeiteten Populationen oder wurden gezielt auf Grund ihrer Erbeigenschaften für Kreuzungen verwendet (PAQUES et al. 2013).

Die Züchtung von Lärchenhybriden der 2. Generation ist bisher nur vereinzelt in Züchtungsprogrammen in Belgien und Frankreich begonnen worden.

### 2.1.2 Bisherige Züchtung in Deutschland

Die Züchtung der Gattung Lärche im weitesten Sinne basiert innerhalb der Europäischen Lärche und der Japanischen Lärche auf der Durchführung von Provenienzversuchen und Bestandesnachkommenschaftsprüfungen, der phänotypischen Auslese von Einzelbäumen, Anlage von Samenplantagen und Prüfung deren Nachkommenschaften. Weiterhin wurden gelenkte Kreuzungen zur Erzeugung von intra- (zwischen Individuen unterschiedlicher Vorkommensgebiete) und interspezifischen Lärchenhybriden durchgeführt, die erzeugten Nachkommenschaften geprüft, Elternbäume mit hervorragenden Erbeigenschaften ausgelesen und wiederum Samenplantagen zum Beispiel zur Erzeugung von Lärchen-Hybriden angelegt.

Bei den innerartlichen Züchtungsprogrammen stehen die Merkmale Geradschaftigkeit, Wuchsleistung und Krebsresistenz im Vordergrund. Die Züchtung von Hybrid-Lärchen war zunächst dominiert von den Merkmalen Wüchsigkeit, Widerstandsfähigkeit und Krebsresistenz (DIMPFLMEIER 1959; GOTHE & SCHÖBER 1971). In einigen Züchtungsprogrammen fanden auch qualitative Eigenschaften Berücksichtigung (WEISER 1992; LANGNER & SCHNECK 1998; SCHNECK et al. 2002; SCHNECK & SCHNECK 2007). In Ostdeutschland standen bis zum Rückgang der SO<sub>2</sub>-Immissionen ab Mitte der 1990er Jahren die Ausweitung der vertikalen Anbaugrenze in den ostdeutschen Mittelgebirgen von 500 m ü. NN auf bis zu 800 m ü. NN, die Widerstandsfähigkeit gegenüber verschiedenen abiotischen und biotischen Schadfaktoren einschl. der SO<sub>2</sub>-Resistenz sowie die Wüchsigkeit im Mittelpunkt des Interesses (SCHÖNBACH & HAASEMANN 1968; HERING & BRAUN 1990; HERING 1994).

Bis zum Berichtszeitpunkt umfassten die Sammlungen von Einzelbäumen in den deutschen Züchtungsinstitutionen ca. 1.300 Europäische Lärchen aus allen Teilen des natürlichen Verbreitungsgebietes (etwa 40 %) und aus künstlich begründeten Beständen unbekanntem Ursprungs (etwa 60 %), etwa 400 Japanische Lärchen mit bekanntem Ursprung (etwa 63 %) und aus Beständen unbekanntem Ursprungs (etwa 37 %) sowie etwa 50 Einzelbäumen anderer Lärchenarten (PAQUES et al. 2013). Als Ergebnis der Züchtungsarbeiten waren zum Berichtszeitpunkt etwa 1.361 Einheiten als Ausgangsmaterial für die Erzeugung von Forstvermehrungsgut der Kategorien „Ausgewählt“, „Qualifiziert“ und „Geprüft“ zugelassen (Tabelle 2.1). Seit der letzten Erfassung vor 5 Jahren ist die Anzahl der Einheiten zurückgegangen. Für die Europäische Lärche sind auf der Grundlage des FoVG in Deutschland 7 Herkunftsgebiete und für die Japanische Lärche 2 Herkunftsgebiete ausgewiesen (Abb. 2.2).

## 2. Züchtungsstrategie Lärche

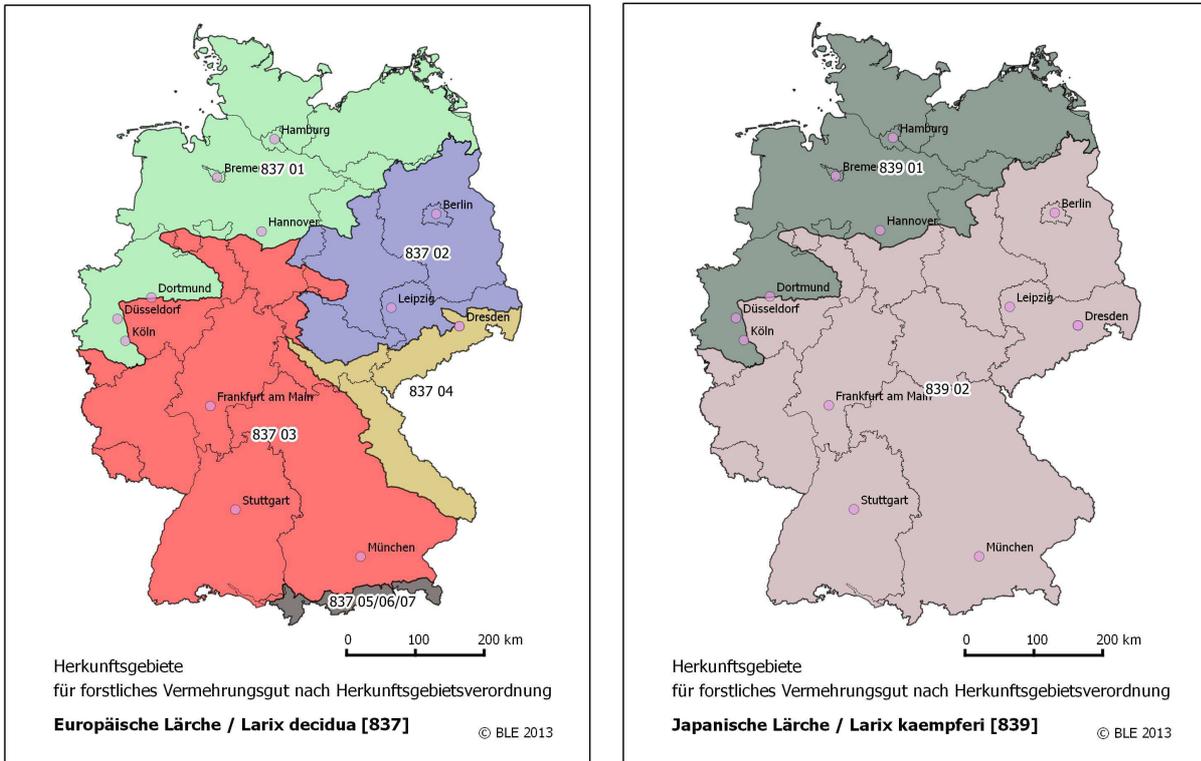


Abb. 2.2: Herkunftsgebiete: Europäische Lärche (links) und Japanische Lärche (rechts)

Tabelle 2.1: Übersicht über zugelassenes Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut (BLE 2013)

Kategorie	„Ausgewählt“		„Qualifiziert“		„Geprüft“				
	Erntebestände		Samenplantagen		Erntebestände		Samenplantagen		Familien- eltern
Ausgangsmaterial	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl
Baumart									
Europäische Lärche	959	2.282	24	50	3	11	15	33	-
Japanische Lärche	300	677	3	6	-	-	2	6	-
Hybrid-Lärche	-	-	-	-	-	-	5	14	1

Zwischen den Provenienzen der Europäischen Lärche aus den verschiedenen Teilen des Verbreitungsgebietes gibt es signifikante Unterschiede in Wachstums-, Qualitäts- und Resistenzmerkmalen (u. a. SCHOBER 1977, 1985; WEISGERBER 1990; RAU 2004). Zwischen den Provenienzen der Japanischen Lärche konnte keine nennenswerte Variation von Merkmalen festgestellt werden (SCHOBER & RAU 1991). Als Ausgangsmaterial der Kategorie „Geprüft“ zugelassene Erntebestände und Samenplantagen der Europäischen Lärche besitzen einen verbesserten Anbauwert bei Qualitäts- und Wachstumsmerkmalen (RAU 1998). Hybrid-Lärchen weisen im Vergleich zur Europäischen Lärche in Abhängigkeit von der Kreuzungskombination eine geringere Mortalität, überlegene Wuchsleistungen, bessere Schaffformen, eine größere Standorttoleranz sowie eine verminderte Krebsanfälligkeit auf (Übersicht siehe WEISGERBER & SINDELAR 1992).

Durch eine konsequente Auslese von Plusbäumen der Europäischen Lärche kann das Höhenwachstum des daraus erzeugten Vermehrungsgutes um 5 % bis 10 %, das Volumen um bis 40 % und die Geradschaftigkeit um bis zu 20 % gegenüber nicht ausgelesenem Material verbessert werden (DIETZE 1976; PAQUES 2009). Die Überlegenheit von Hybrid-Lärchen gegenüber Populationen der Elternarten beträgt unter anderem bis zu 75 % im Höhenwachstum (eigene Untersuchungen) und zwischen 20 und 40 % beim Merkmal Geradschaftigkeit (ROULUND 2007 zit. nach PAQUES et al. 2013).

## **2.2 Zielmerkmale der Züchtung und Methode**

### **2.2.1 Europäische Lärche**

Die Europäische Lärche ist mit Ausnahme des Alpenraumes eine in den anderen Regionen Deutschlands nicht heimische Baumart. Die Züchtungsarbeiten können sich daher unter Berücksichtigung der für Lärchen tauglichen Standorte auf zwei Verwendungsgebiete konzentrieren: Das Tief- und Hügelland der Herkunftsgebiete 837 01 und 837 02 ohne ausgesprochen atlantisch getönte Regionen und ohne ausgesprochene Spätfrostgebiete. Das Hügel- und Bergland der Herkunftsgebiete 837 03 und 837 04 bis zu Höhenlagen von 300 bis 400 m ü. NN, insbesondere Gebiete im Regenschatten der Mittelgebirge, die Ost- und Südabdachungen der Mittelgebiete und alle Gebiete mit kontinentalerem Einschlag ohne ausgesprochene Spätfrostlagen. Inwieweit sich die obere Grenze des sicheren Anbaus von Europäischer Lärche in den Mittelgebirgen auf Grund der Verbesserung der Wärmeverhältnisse in Folge des Klimawandels verlagert, ist im Zuge der Arbeiten kontinuierlich zu prüfen. Da die Europäische Lärche im Alpenraum natürlich vorkommt, wird für diesen Bereich ein eigenes Verwendungsgebiet vorgeschlagen (Herkunftsgebiete 837 05/06/07), ohne dass für dieses Gebiet Züchtungsarbeiten durchgeführt werden.

Ziel der Züchtungsarbeiten bei der Europäischen Lärche ist die Bereitstellung von Vermehrungsgut, welches sich durch weit überdurchschnittliche Stammform, überdurchschnittliche Wuchseistung sowie überdurchschnittliche Stabilität (hohe Überlebensrate, hohe Anpassungs- und Regenerationsfähigkeit) bei ausgesprochener Krankheitsresistenz (Lärchenkrebs, Nadelschütte) und sehr guter Holzqualität auszeichnet.

Die Züchtungsziele können durch mehrere, auch parallel durchzuführende Schritte erreicht werden. Ein erster unmittelbarer Schritt ist eine Evaluierung vorhandener Provenienzversuche und Bestandes-Nachkommenschaftsprüfungen sowie des zugelassenen Ausgangsmaterials (Erntebestände, Samenplantagen) einschließlich Klonsammlungen in Hinsicht auf die für die genannten Ziele am besten geeigneten Einheiten. In diesem Zusammenhang wird ebenfalls der Zustand der bereits vorhandenen Samenplantagen geprüft. In Abhängigkeit von den Ergebnissen werden Konzepte zur Pflege bzw. zum Ersatz vorhandener Samenplantagen erarbeitet (Jahre 1 bis 3). Bei nicht bekanntem Ursprung wird eine Inventarisierung der zugelassenen Erntebestände mit geeigneten molekular-genetischen Markern und deren Zuordnung zu einem bestimmten Ursprungsgebiet durchgeführt (Jahre 1 bis 3).

Einzelbäume der Europäischen Lärche besitzen eine sehr große und nicht zu ersetzende Bedeutung für Züchtungsprogramme sowohl innerhalb der Art als auch zur Erzeugung von Hybrid-Lärchen. Zur langfristigen Sicherstellung der genetischen Ressourcen für die Züchtungsprogramme ist daher der Aufbau von mind. zwei Zuchtpopulationen je Verwendungsgebiet auf Grundlage bestehender Klonsammlungen und Auslesearbeiten in bestehenden Versuchsanlagen und Erntebeständen erforderlich. Besonders geeignet sind Klone, deren Erbwert bzw. Kombinationseignung bereits in Nachkommenschafts-

prüfungen nachgewiesen wurde. Zur nachhaltigen Erhaltung der genetischen Ressourcen ist die Anlage von Klonarchiven als Doppelsicherung an anderem Ort erforderlich (Jahre 2 bis 5).

Um das Spektrum an Vermehrungsgut mit großer Leistungsfähigkeit, hervorragender Stammform und hochwertiger Holzqualität zu erweitern, werden Europäische Lärchen-Klone mit guter Wüchsigkeit und Klone mit sehr guten Schaffformen, die aus verschiedenen Arealteilen stammen, miteinander gekreuzt. Dabei sind in Zukunft Merkmale der Resistenz gegenüber Frost und Trockenheit sowie der physikalischen und chemischen Holzqualität verstärkt in die Züchtungsprogramme mit einzubeziehen (Jahre 3 bis 8).

### 2.2.2 Japanische Lärche

Der Anbau der Japanischen Lärche ist in absehbarer Zukunft ausschließlich von regionaler Bedeutung. Eine züchterische Bearbeitung der Japanischen Lärche findet in Deutschland nicht statt und ist auch nicht vorgesehen. Aus diesen Gründen wird von der Ausweisung von Verwendungsgebieten als Grundlage für eine züchterische Bearbeitung abgesehen.

Abgesehen davon besitzen Einzelbäume der Japanischen Lärche eine sehr große und nicht zu ersetzende Bedeutung für die Durchführung eines Züchtungsprogramms Hybrid-Lärche. Zur langfristigen Sicherstellung der genetischen Ressourcen für die Züchtung mit Hybrid-Lärchen ist daher der Aufbau von ein bis zwei Zuchtpopulationen je Hybrid-Lärchen-Verwendungsgebiet auf Grundlage bestehender Klon-sammlungen und Auslesearbeiten in bestehenden Versuchsanlagen und Erntebeständen erforderlich. Besonders geeignet sind Klone, deren Erbwert bzw. Kombinationseignung bereits in Nachkommen-schaftsprüfungen nachgewiesen wurde. Zur nachhaltigen Erhaltung der genetischen Ressourcen ist die Anlage von Klonarchiven als Doppelsicherung an anderem Ort erforderlich (Jahre 2 bis 5).

### 2.2.3 Hybrid-Lärche

Hybrid-Lärchen zeigen auf einem breiten Standortsspektrum bessere Wuchsleistungen als die Europäische bzw. die Japanische Lärche. Die Züchtungsarbeiten sollen für zwei Verwendungsgebiete erfolgen: Das Tief- und Hügelland bis Höhenlagen von 500 m ü. NN und das Bergland mit Ausnahme der Alpen bis Höhenlagen von 700 m ü. NN. Eine züchterische Bearbeitung der Hybrid-Lärche für den Bereich der Alpen erfolgt nicht.

Die Züchtungsarbeiten bei der Hybrid-Lärche haben für das Tief- und Hügelland zwei unterschiedliche Zielsysteme: Für die energetische Verwendung ist die Verbesserung der Merkmale Wuchsleistung und Biomasseproduktion bei hoher Standorts- und Stresstoleranz für die Produktion von Holz in kurzen Zeiträumen von entscheidender Bedeutung. Für die stoffliche Nutzung spielt andererseits die Verbesserung der Merkmale Holz- und Stammqualität sowie Stresstoleranz bei hoher Lärchenkrebs-resistenz für die Produktion von Holz in mittleren bis langen Zeiträumen eine wichtige Rolle. Für das Bergland stehen die Ziele Stammqualität, Wuchsleistung bei hoher Stresstoleranz und Lärchenkrebsresistenz im Vordergrund.

Für die weitere züchterische Bearbeitung der Hybrid-Lärche bietet die Kombination von Kreuzungs-züchtung mit rekurrenter Selektion die größten Chancen zur kurzfristigen Erhöhung der Holzproduktion. Die bei den Züchtungsinstitutionen vorhandenen Nachkommenschafts-/Familienprüfungen und Klonsammlungen werden in einem ersten Schritt gesichtet. Sie werden in Hinsicht auf ihre Eignung für

## 2. Züchtungsstrategie Lärche

weitere Züchtungsarbeiten unter den Aspekten einer energetischen und stofflichen Nutzung der Züchtungsprodukte geprüft (Jahre 1 bis 3). Ziel ist es, die am meisten versprechenden Nachkommenschaften/Klone für eine nachhaltige Steigerung der Holzproduktion zu ermitteln. Neben Wachstums-, Qualitäts- und Resistenzmerkmalen sind adaptive, physiologische und anatomische Merkmale mit einzubeziehen, um die Anpassungsfähigkeit des untersuchten Materials an den Klimawandel und die Toleranz gegenüber klimatischen Extremereignissen erfassen zu können. Die Evaluierung schließt eine quantitativ-genetische Analyse der vorhandenen Daten zur Ermittlung der allgemeinen und speziellen Kombinationseignung von verwendeten Elternbäumen ein (siehe auch HAASEMANN 1972; HERING 1990, 1994; PAQUES 1992).

Bereits vorhandene Hybrid-Lärchen-Nachkommenschaften werden systematisch bundesweit auf allen relevanten Standorten für den Lärchenanbau zur Erarbeitung konkreter Anbauempfehlungen unter Berücksichtigung des Leistungs- und Qualitätspotentials sowie des Resistenz- und Anpassungsverhaltens an den Klimawandel geprüft (Jahre 3 bis 15).

Für die Erschließung neuer Züchtungspotentiale, die Verbreiterung der genetischen Basis und letztendlich um die Anzahl auf dem Markt verfügbarer Hybrid-Lärchen-Nachkommenschaften deutlich zu erhöhen, sind mehrere Schritte zur weiteren züchterischen Bearbeitung vorgesehen.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Evaluierung werden gezielte Kreuzungen zwischen Klonen der Europäischen und Japanischen Lärche mit guter allgemeiner Kombinationseignung, aber auch mit Klonen, deren Kombinationseignung noch nicht bekannt ist, durchgeführt (Jahre 2 bis 8). Qualitativ und quantitativ herausragende Hybrid-Lärchen-Individuen werden auf Grundlage von In-vitro-Vermehrungsverfahren, die sich in Entwicklung befinden, kloniert und vermehrt. Die gekreuzten Kombinationen und die ausgelesenen Klone werden auf allen relevanten Standorten für den Lärchenanbau zur Erarbeitung konkreter Anbauempfehlungen unter Berücksichtigung des Leistungs- und Qualitätspotentials sowie des Resistenz- und Anpassungsverhaltens an den Klimawandel umfassend geprüft (Jahre 4 bis 15).

Um die Ergebnisse der genannten Züchtungsarbeiten für die Praxis nutzbar zu machen, bietet sich auf generativem Wege die Anlage von Samenplantagen auf vorteilhaften Standorten an, um Saatgut von geprüften Kombinationen in ausreichender Menge und Qualität bereitstellen zu können (Jahre 4 bis 15).

Zur Praxiseinführung des Züchtungsmaterials werden Demonstrations- und Beispielflächen angelegt (Jahre 4 bis 15).

Eine ausreichende genetische Vielfalt wird durch die Bereitstellung neuer Kreuzungskombinationen mit unterschiedlichsten Familieneltern sichergestellt. Geeignete Marker zur Qualitätssicherung in Hinblick auf die genetische Vielfalt liegen vor (Jahre 4 bis 15).

Für die jeweiligen Verwendungsgebiete werden in Abstimmung mit den zuständigen Bundesländern standortsspezifische Anbauempfehlungen für das zur Verfügung gestellte Vermehrungsgut mit verbesserten Eigenschaften erarbeitet. Ergänzt werden diese Arbeiten durch ein Marketingkonzept, mit dessen Hilfe die kontinuierliche Bereitstellung sowie die Vermarktung des Vermehrungsgutes sichergestellt wird (Jahre 10 bis 15).

Tabelle 2.2: Züchtungsschritte bei der Baumartengruppe Lärche in 15 Jahren

Züchtungsschritt	Jahr der Durchführung														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Evaluierung vorhandener Anlagen	■	■													
Auswahl Zuchtpopulationen	■	■	■	■											
Anlage Klonarchive Zuchtpopulationen			■	■	■	■	■	■	■						
Kreuzungsarbeiten		■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Anlage/Durchführung Feldversuche einschl. Demo-/Beispielflächen			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Anlage Samenplantagen			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Begleituntersuchungen Trockenstress- toleranz/molekular-genetische Analysen		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Entwicklung Anbauempfehlungen		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

### 2.3 Notwendige Ressourcen zur Umsetzung

Einige Institutionen in Deutschland verfügen über entsprechende Versuchsanlagen und Klon-sammlungen, die als Ausgangsmaterial für Züchtungsprogramme geeignet sind (z. B. ASP, LSfoV, FVA-BW, NW-FVA, SBS, Thünen). Weiterhin ist eine Reihe von Institutionen in der Lage und bereit, sich an einer bundesweiten Nachkommenschafts- bzw. Klonprüfung mit der Anlage von Flächen, an der Produktion von Saatgut durch die Anlage von Samenplantagen und/oder mit der Anlage von Demonstrations-/Beispielflächen zu beteiligen. Praktische Erfahrungen mit Kreuzungsarbeiten in der Gattung Lärche besitzen jedoch nur noch wenige Einrichtungen (SBS, Thünen, NW-FVA).

Die für eine Durchführung von Lärchen-Züchtungsprogrammen in Frage kommenden Partner haben eine sehr unterschiedliche Ausstattung in Hinsicht auf die vorhandene Infrastruktur und die Personalstärke. Des Weiteren sind bedingt durch die in den einzelnen Ländern vorhandenen Verwaltungs- und Organisationsstrukturen die Zugriffsmöglichkeiten auf Arbeitskapazitäten für die Anlage von Flächen sehr unterschiedlich. Daraus ergeben sich für die in Frage kommenden Institutionen unterschiedlich hohe Anteile an Eigenleistung und Drittmittelbedarf.

Die geschätzten Gesamtkosten für das Züchtungsprogramm Lärche belaufen sich für eine Gesamtdauer von 15 Jahren auf etwa 4 Mio. €. Davon entfallen 1,3 Mio. € auf Eigenleistungen (Tabelle 2.3). 2,6 Mio. € (davon für Europäische Lärche 1,2 Mio. € und für Hybrid-Lärche 1,4 Mio. €) sind durch Förderung zu ergänzen (Tabelle 2.4). Dieses entspricht einer jährlichen Fördermittelsumme von 173.000 € pro Jahr.

Die Eigenleistung, die von den beteiligten Institutionen jährlich erbracht wird, ergibt über eine Laufzeit von 15 Jahren eine Gesamtsumme von 1,34 Mio. €.

## 2. Züchtungsstrategie Lärche

Tabelle 2.3: Zusammenstellung der Eigenleistung

Art der Eigenleistung	Erläuterung	Kosten/Jahr	Kosten
Wissenschaftliche Betreuung	Wissenschaftler (25 %) zur Anleitung und Koordinierung der wissenschaftlichen Arbeiten einschließlich der Labornutzung	20.000 €	300.000 €
Technische Betreuung	Technische Assistenz (50 %) zur technischen Anleitung und Koordinierung der Arbeiten einschließlich der Laborkapazitäten	22.500 €	337.500 €
Nutzung vorhandener Anzucht- und Gewächshausflächen	Anteilige Nutzung von vorhandenem Personal in den Baumschulen und der vorhandenen Anzucht- und Gewächshausflächen mit der vorhandenen Infrastruktur	20.000 €	300.000 €
Nutzung der forstlichen Infrastruktur	Förster / Forstwirte zur Flächenbewirtschaftung (z. B. Bereitstellung, Anlage, Pflege)	25.000 €	375.000 €
Übertragung der Ergebnisse in die Praxis	Überarbeitung von Herkunftsempfehlungen, Förderrichtlinien	2.000 €	30.000 €
<b>Summe</b>		<b>89.500 €/Jahr</b>	<b>1.342.500 €</b>

Tabelle 2.4: Schätzung der zusätzlichen Kosten (Förderung) für ein Züchtungsprogramm Lärche mit einer Laufzeit von 15 Jahren

Maßnahme	Umfang	Kosten/ Einheit	Europäische Lärche		Hybrid-Lärche	
			N	Kosten	N	Kosten
Evaluierung	Provenienzversuche ELä und JLä, Nachkommenschaftsprüfungen der ELä, JLä und HLä ohne weitere Aufnahmen	2.000 €/Versuch	20	40.000 €	20	40.000 €
Auswahl Zuchtpopulation	140 Klone ELä, 50 JLä, 50 HLä	250 €/Klon	140	35.000 €	100	25.000 €
Anlage Klonarchive	Je 1 Archiv pro Art und Verwendungsgebiet	50.000 €/Archiv	2	100.000 €	4	200.000 €
Kreuzungen	80 Kombinationen ELä 200 Kombinationen HLä	500 €/Komb.	80	40.000 €	200	100.000 €
Feldversuche (KP/NKP/Demo)	10 Flächen ELä / 12 Flächen HLä pro Verwendungsgebiet	30.000 €/ha	20	600.000 €	24	720.000 €
Anlage Samenplantagen	ELä: 3 SP / HLä: 3 SP pro Verwendungsgebiet	30.000 €/ha	6	180.000 €	6	180.000 €
Begleituntersuchungen	Trockenstresstoleranz / molekular-genetische Analysen	165.000 €	1	165.000 €	1	165.000 €
<b>Gesamtkosten</b>				<b>1.160.000 €</b>		<b>1.430.000 €</b>

Tabelle 2.5: Verteilung der Fördermittel (Tsd. €) auf einen Zeitraum von 15 Jahren

	Jahr															Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Lä	70	90	110	250	240	240	240	240	180	170	170	170	140	140	140	2.590

## 2.4 Literatur

- BLE (2013): Zusammenstellung über Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: 01.07.2013)
- DIETZE W (1976): Züchterische Möglichkeiten zur Verbesserung quantitativer und qualitativer Eigenschaften bei europäischer Lärche (*Larix decidua* Mill.). Mitt. der Hessischen Landesforstverwaltung Bd 13, 107 S.
- DIMPFLMEIER R (1959): Die Bastardierung in der Gattung *Larix*. Beihefte zum Forstw. Cbl. 12, 75 S.
- GOTHE H, SCHOBER R (1971): Ein Kreuzungsversuch mit *Larix europaea* DC., Herkunft Schlitz, und *Larix leptolepis* Gord. Allg. Forst. u. J.-Ztg. 142, 211-217
- HAASEMANN W (1972): Ergebnisse der Leistungsprüfung 7-jähriger Lärchen-Nachkommenschaften aus gelenkten Kreuzungen. Beitr. f. d. Forstwirtschaft, 25-29
- HERING S (1990): Analysen zur quantitativen Genetik von Lärchenkreuzungs-Nachkommenschaften sowie Stand und Perspektiven der Kreuzungszüchtung bei der Gattung *Larix* unter besonderer Berücksichtigung ihres Anbaus in den Mittelgebirgen Sachsens. Diss. TU Dresden, 144 S.
- HERING S (1994): Analysen zur quantitativen Genetik von Lärchenkreuzungs-Nachkommenschaften. Forstw. Cbl. 113, 261-276
- HERING S, BRAUN H (1990): Hybridlärchenhochzuchtsorten für die Mittelgebirge der DDR. Forstwirtschaft 40, 174-176
- LANGNER W, SCHNECK V (1998): Ein Beitrag zur Züchtung von Hybridlärchen (*Larix x eurolepis* Henry). Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 159 S.
- PAQUES LE (1992): First evaluation of genetic parameters in a factorial mating design with hybrid larch (*Larix decidua* x *Larix kaempferi*). In WEISGERBER H (ed.): Results and Future Trends in Larch Breeding on the Basis of Provenance Research. Proceedings, IUFRO Centennial Meeting of the Working Party S 2.02-07, 136-145
- PAQUES LE (2009): Growth Rhythm Parameters as Components of Hybrid Vigour in Young Seedlings of Hybrid Larch (*Larix decidua* x *L. kaempferi*). *Silvae Genetica* 58, 42-53
- PAQUES LE, FOFFOVA E, HEINZE B, LELU-WALTER M-A, LIESEBACH M, PHILIPPE G (2013): Larch Breeding. In PAQUES LE (ed.): Forest tree breeding across Europe. Springer-Verlag, 13-122
- RAU H-M (1998): Samenplantagen mit Europäischer Lärche. AFZ/Der Wald 53, 235
- RAU H-M (2004): Der Gahrenberger Lärchen-Provenienzversuch. Forst und Holz 59, 574-576
- ROULUND H. (2007): Hybridlærk: En forbavsende overlegen træart. Skoven 39, 88-93
- SCHNECK V, SCHNECK D (2007): Testing of hybrid larch under different site conditions in Germany. In PERRON, M. (comp.): Integrated research activities for supply of improved larch to tree planting, Proc. of Intern. Symp. of IUFRO Work. Gr. S2.02.07, Quebec, 97-100
- SCHNECK V, SCHNECK D, GROTEHUSMANN H, PAQUES LE (2002): Testing of hybrid larch over a broad range of site conditions. In PAQUES L (ed.): Improvement of larch (*Larix* sp.) for better growth, stem form and wood quality. Proc. of an Intern. Symp. INRA, Olivet Cedex (France), 119-126
- SCHOBER R (1977): Vom 2. Internationalen Lärchen-Provenienzversuch 1958/59, ein Beitrag zur Lärchenherkunftsfrage. Schriften Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. Nieders. Forstl. Versuchsanst. 49, 358 S.
- SCHOBER R (1985): Neue Ergebnisse des II. Internationalen Lärchenprovenienzversuches von 1958/59 nach Aufnahmen von Teilversuchen in 11 europäischen Ländern und den U.S.A. Schriften Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. Nieders. Forstl. Versuchsanst. 83, 164 S.
- SCHOBER R, RAU H-M (1991): Ergebnisse des I. Internationalen Japanlärchen-Provenienzversuches. Schriften Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. Nieders. Forstl. Versuchsanst. 102, 168 S.
- SCHÖNBACH H, HAASEMANN W (1968): Probleme des Lärchenanbaues in höheren Lagen unserer Mittelgebirge. Soz. Forstwirtschaft 18, 339-340
- SCHÜTT P, SCHUCK HJ, STIMM B (1992): Lexikon der Forstbotanik. ecomed, Landsberg am Lech, 581 S.
- WEISER F. (1992): Tree improvement of larch at Waldsiedersdorf: status and prospects. *Silvae Genetica* 41, 181-188
- WEISGERBER H (1990): Beiträge zur genetischen Variation der Waldbäume und Gefahren der Genverarmung durch Pflanzenzüchtung. Forstliche Forschungsberichte München 107, 204 S.
- WEISGERBER H, SINDELAR J (1992): History, Results, and Future Trends of Research and International Cooperation with European Larch (*Larix decidua* Mill.). *Silvae Genetica* 41, 150-161

### 3. Züchtungsstrategie Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus* L.)

Der Berg-Ahorn ist eine waldbaulich einfach zu behandelnde, anspruchslose Mischbaumart der montanen Lagen. Er ist in den mitteleuropäischen Gebirgen natürlich verbreitet, wird aber auch außerhalb seines natürlichen Areals vermehrt angebaut. So wächst er auch in Südschweden, Schottland und Irland gut (JONES 1945). Er verjüngt sich auf natürlichem Wege sehr gut, produziert häufig und reichlich Samen, die sich aufgrund ihrer Flugfähigkeit weit verbreiten. Das Holz ist hart, aber gut zu bearbeiten und wird aufgrund seiner Qualität zu den Edellaubhölzern gezählt. Es findet Verwendung als Möbelholz, zum Innenausbau, zum Bau von Musikinstrumenten und als Parkett. Als wertholzfähige Laubbaumart steigert Berg-Ahorn die ökonomische Leistungsfähigkeit von buchenreichen Beständen (MAYER 1992). Zudem ist Berg-Ahorn auch als Park- und Stadtbaum beliebt (ROLOFF & SCHMIDT 2009; SCHNEIDEWIND 2004). Als Baumart mit breiter standörtlicher Amplitude ist Berg-Ahorn gut an die gegenwärtigen Klimabedingungen angepasst. Er besitzt aber auch das Potential mit einer sich verändernden Umwelt als Folge des Klimawandels zurechtzukommen. Seine Bedeutung als Ersatzbaumart für Esche steigt mit zunehmender Verbreitung des Eschentriebsterbens.

#### 3.1 Status quo der Züchtung

Als Baumart mit schnellem Jugendwachstum, das fast dem von Pionierbaumarten gleicht (das Höhenwachstums kulminiert laut HEIN (2004) bereits bei einem Alter unter 15 Jahren), relativ kurzer Umtriebszeit von 60 Jahren (RIEDER 1998) und früh einsetzender, reichlicher Fruktifikation, bietet der Berg-Ahorn gute Voraussetzungen für züchterische Verbesserungen. Dennoch sind Züchtungsprogramme für diese Baumart bislang vor allem für forstliche Zwecke selten. Für den Landschafts- und Gartenbau wurden etwa 20 Zuchtformen (Kultivare), vorwiegend mit Abweichungen in Blattfärbung und Kronenform, entwickelt. Diese Kultivare werden vegetativ vermehrt und haben keine forstliche Bedeutung.

##### 3.1.1 Bisherige Züchtung im Ausland

Europaweit sind nur wenige forstlich ausgerichtete züchterische Ansätze bei Berg-Ahorn bekannt. Lediglich in einigen Ländern sind vereinzelt Samenplantagen angelegt, darunter fünf in Tschechien und vier in den Niederlanden. Die Plantagen im Ausland sind nicht geprüft. Für die Auswahl von Plusbäumen werden europaweit am häufigsten die Kriterien Baumarchitektur, Biomassebildung, Frosttoleranz und Resistenz gegenüber Krankheiten genannt. Nur in Frankreich spielt das Merkmal Holzstruktur (Riegelung) eine Rolle (TREEBREED-EX-Umfrage 2009 unveröffentlicht, KRABEL et al. 2012).

Man geht davon aus, dass die zunehmende ökonomische Bedeutung und Rolle des Berg-Ahorns im Klimawandel zu einer Intensivierung der Züchtungsaktivitäten bei dieser Baumart führen wird (KRABEL et al. 2012). Aus Irland wird berichtet, dass in die Züchtungsaktivitäten bei Laubhölzern mittelfristig auch Berg-Ahorn einbezogen werden soll (THOMPSON 2012).

### 3.1.2 Bisherige Züchtung in Deutschland

Für den Berg-Ahorn sind auf der Grundlage des FoVG in Deutschland 11 Herkunftsgebiete ausgewiesen (Abb. 3.1). In Deutschland werden fast jährlich große Mengen an Berg-Ahornsaatgut geerntet. In guten Erntejahren sind es bis zu 20.000 kg (Tabelle 3.1). Das Saatgut stammt überwiegend aus den 551 Erntebeständen der Kategorie „Ausgewählt“. Erntebestände der Kategorie „Geprüft“ gibt es beim Berg-Ahorn in Deutschland nicht. Von den 16 zugelassenen deutschen Samenplantagen sind 15 in der Kategorie „Qualifiziert“ und eine in der Kategorie „Geprüft“ zugelassen. Zwischen 1995 und 2005 wurden weitere Samenplantagen z. B. in Bayern und Sachsen angelegt, die noch nicht zugelassen sind. Insgesamt ist in den letzten 5 Jahren die Anzahl der zugelassenen Ernteeinheiten zurückgegangen.

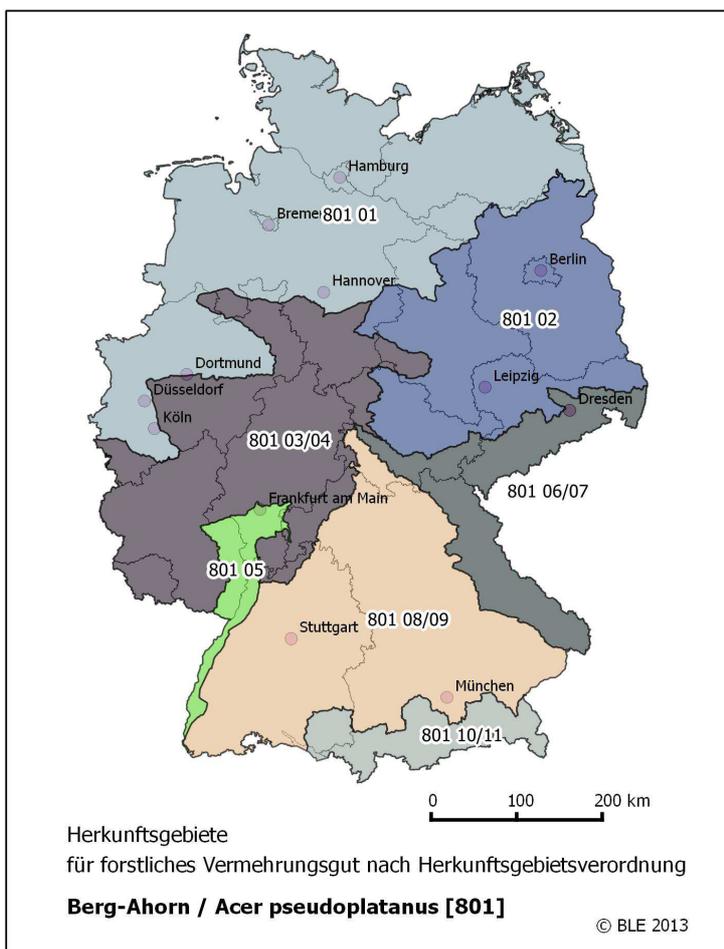


Abb. 3.1: Herkunftsgebiete: Berg-Ahorn

Der Anteil von Samenplantagensaatgut am gesamten Ernteaufkommen liegt in Deutschland bei Berg-Ahorn unter 10 % (Tabelle 3.1). Dabei gibt es aber sehr große Schwankungen zwischen den Herkunftsgebieten. Im Alpenbereich Herkunftsgebiete 801 10 und 801 11 kommt aufgrund der erschwerten Erntebedingungen in Beständen in manchen Jahren mehr als 50 % des Saatgutes aus Samenplantagen.

Tabelle 3.1: Saatgutaufkommen (in kg) für Berg-Ahorn nach FoVG-Kategorien im Zeitraum 2004 bis 2011

Jahr	Kategorie			Anteil SP-Saatgut [%]
	„Ausgewählt“	„Qualifiziert“	„Geprüft“	
2011	15.955	1.667	-	10,5
2010	20.784	972	196	5,6
2009	304	-	-	0
2008	17.024	1.007	-	5,9
2007	11.404	380	14	3,5
2006	5.925	20	-	0,4
2005	11.120	612	52	5,9
2004	5.520	317	-	5,7

In Deutschland gibt es nur sehr wenige Aktivitäten zur züchterischen Verbesserung des Berg-Ahorns. Ansätze einer Auslesezüchtung stellen dar:

*(A) Selektion von Plusbäumen und der Aufbau von Samenplantagen*

Die Plusbaumselektion wurde in der Vergangenheit durch verschiedene Institutionen in Deutschland durchgeführt. Sie findet auch heute noch in beschränktem Umfang statt. Vor kurzem wurden z. B. in Bayern ca. 50 Plusbäume ausgewählt und abgepfropft zur Anlage einer neuen Alpen-Hochlagen-Plantage (HKG 801 10). Weitere Aktivitäten zum Aufbau neuer Plantagen sind nicht bekannt.

*(B) Prüfung von Bestandesnachkommenschaften zur Zulassung von Vermehrungsgut der Kategorie „Geprüft“*

Von 16 Samenplantagen in Deutschland erfüllt nur eine die Anforderungen der Kategorie „Geprüft“. Zurzeit finden keine systematischen und bundesweiten Nachkommenschaftsprüfungen statt.

*(C) Anlage von Herkunftsversuchen*

Über noch sehr junge Herkunftsversuche in Niedersachsen wurde von KLEINSCHMIT (1985) und ERMSHAUSEN (1991) berichtet. Dabei lag bei letzterem der Fokus vor allem auf den standörtlichen Einflüssen und weniger auf Herkunftsunterschieden. Auf das Vorhandensein von genetisch differenzierten Populationen auf geografisch engem Raum beim Berg-Ahorn weist WEISER (1996) im Ergebnis einer Prüfung der Absaaten von acht Beständen aus Thüringen und Sachsen-Anhalt hin. Insbesondere in der Schaftform unterschieden sich die 31-jährigen Nachkommenschaften deutlich.

*Weitere Aktivitäten*

Eine Besonderheit stellen die Aktivitäten zur vegetativen Vermehrung von Bäumen mit besonderen Holzeigenschaften („Riegelhorn“) mittels Pfropf- und Gewebekulturtechniken dar (EWALD et al. 2006; GEBHARDT & BOHNENS 2006; MAYER 2010). Eine erfolgreiche Vermehrung ausgewählter Genotypen war auf diesem Wege möglich, und es existieren bereits mehrere kleine Prüfflächen.

DNA-Genmarker sind bei dem Berg-Ahorn etabliert und wurden bereits zur Lösung verschiedener Fragestellungen erfolgreich eingesetzt (z. B. BITTKAU 2003; KONNERT 2006; PANDEY et al. 2004).

## 3.2 Zielmerkmale der Züchtung und Methode

Angesichts der zunehmenden ökonomischen Bedeutung des Berg-Ahorns sowie seiner Anpassungsfähigkeit vor dem Hintergrund des Klimawandels ist eine Intensivierung der Züchtungsaktivitäten notwendig, um die nachhaltige Produktion von Berg-Ahornwertholz auf hohem Qualitäts- und Mengenniveau sicherstellen zu können.

Ziel einer Züchtungsstrategie für Berg-Ahorn ist die Bereitstellung von Vermehrungsgut, das

- in Hinsicht auf wirtschaftlich bedeutsame Merkmale (Zuwachs, Stammform) verbessert ist,
- über eine im Vergleich zu herkömmlichem Vermehrungsgut überdurchschnittliche Spätfrosttoleranz in der Jugend und Widerstandskraft gegen Krankheiten (vor allem Anfälligkeit gegen *Verticillium*-Pilze, Rußrindkrankheit und Sonnennekrosen) verfügt;
- sich durch eine hohe genetische Diversität und damit hohe genetische Anpassungsfähigkeit auszeichnet.

In einem Sonderprogramm kann auf besondere Holzeigenschaften wie „Riegelung“ und „Vogelauge“ hin gezüchtet werden.

Der methodische Ansatz für eine Züchtungsstrategie bei Berg-Ahorn wurde bereits in Teilen bei KRABEL et al. (2012) skizziert.

Alpenherkünfte sowie Vermehrungsgut von Beständen außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets (Küstenregion Norddeutschland) werden bei den Züchtungsansätzen ausgespart.

Folgende Maßnahmen sind erforderlich:

1. Auslese von phänotypisch hervorragenden Plusbäumen in Schwerpunktregionen des Anbaus von Berg-Ahorn für den Aufbau von neuen Züchtungspopulationen für definierte Verwendungsgebiete (Regionen mit einheitlichen ökologischen Bedingungen).
2. Anlage weiterer an Verwendungsgebieten ausgerichteter Samenplantagen.
3. Einleitung von Nachkommenschaftsprüfungen für die in Deutschland vorhandenen Samenplantagen. Den vorhandenen Samenplantagen sind Verwendungsgebiete zuzuordnen. Vorrangig zu prüfen sind Samenplantagen, die bereits heute regelmäßig beerntet werden. Dabei ist Saatgut von allen Samenplantagen gemeinsam gegen Standardbestände zu prüfen. Dies führt zu Kosteneinsparungen. Voraussetzung für die Prüfung von Plantagen ist eine ausreichende Fruktifikation, ein Alter, das auch nach Abschluss der Prüfung auch noch über einen langen Zeitraum Ernten zulässt sowie eine Anzahl von Klonen, die deutlich über der vom gemeinsamen Gutachterausschuss empfohlene Mindestanzahl liegt.
4. Überführung der am besten geeigneten Klone in Samenplantagen der zweiten Generation.
5. Einzelbaumweise Beerntung von phänotypisch überragenden Bäumen innerhalb eines Herkunftsgebietes (bzw. eines Bestands unter Einhaltung der Mindestbaumzahl nach FoVG) und Zusammenführung des geernteten Saatgutes in eine Saatgutpartie. Umbau eines samenplantagenartig zu bewirtschaftenden Erntebestandes.
6. Aufbau von Mehrklonsorten des „Riegelahorn“ bzw. „Vogelaugen-Ahorn“ durch vegetative Vermehrung.
7. Begleitung der einzelnen Schritte durch genetische, physiologische und phytosanitäre Untersuchungen, um die Widerstands- und Anpassungsfähigkeit des züchterisch bearbeiteten Materials einzuschätzen und frühzeitig regulierend einzugreifen.
8. Anlage eines Herkunftsversuches mit Herkünften aus Deutschland und europäischen Regionen mit ähnlichen Bedingungen, wie sie im Klimawandel bei uns erwartet werden. Ziel ist die Erfassung der

### 3. Züchtungsstrategie Berg-Ahorn

Variation von Wachstums-, Qualitäts- und Resistenzmerkmalen und Auswahl der am besten geeigneten Herkünften je Region.

9. Umbau vorhandener Nachkommenschaftsprüfungen zu Sämlings-Samenplantagen durch Entnahme der flächenübergreifend schlechtesten Prüfglieder.

### 3.3 Notwendige Ressourcen zur Umsetzung

Die Züchtungsschritte sind bundesweit arbeitsteilig durchzuführen. Die in Tabelle 3.2 aufgeführten Bundesländer bzw. Institutionen können beteiligt werden.

Tabelle 3.2: Vorhandene bzw. aktivierbare Infrastruktur im Züchtungsvorhaben Berg-Ahorn

Züchtungsaktivität	Institution bzw. Bundesland					
	ASP	LSfoV	Thünen	NW-FVA	NW	SBS
Plusbaumauswahl	x	x	-	x	x	x
Samenplantage-anlage	x	x	-	x	x	x
Nachkommen-schaftsprüfung	x	x	x	x	x	x
Herkunftsversuch	x	x	x	x	-	x

#### Zeitplan

Die Maßnahmen 1. bis 4. sind mittel- bis langfristig ausgerichtet. Die 5. Maßnahme wird am schnellsten zu einer Verbesserung führen, wobei hier der Züchtungsfortschritt geringer ist wegen des schwer abschätzbaren väterlichen Einflusses. Bei den Maßnahmen 6. bis 8. kann mit einem Ergebnis in 15-20 Jahren gerechnet werden und die Maßnahme 9 bereits nach 5 bis 10 Jahren.

#### Kostenschätzung

Die Gesamtkosten für die Züchtungsstrategie des Berg-Ahorn belaufen sich für einen Zeitraum von 15 Jahren auf etwa 3,7 Mio. €. Davon entfallen etwa 1,3 Mio. € auf Eigenleistungen der beteiligten Institutionen (Tabelle 3.3). Etwa 2,4 Mio. € sind durch Förderung zu ergänzen (Tabelle 3.4).

### 3. Züchtungsstrategie Berg-Ahorn

Tabelle 3.3: Zusammenstellung der Eigenleistung

Art der Eigenleistung	Erläuterung	Kosten/Jahr	Kosten
Wissenschaftliche Betreuung	Wissenschaftler (50 %) zur Anleitung und Koordinierung der wissenschaftlichen Arbeiten einschließlich der Labornutzung	40.000 €	600.000 €
Technische Betreuung	Technische Assistenz (50 %) zur technischen Anleitung und Koordinierung der Arbeiten einschließlich der Laborkapazitäten	22.500 €	337.500 €
Nutzung vorhandener Anzucht- und Gewächshausflächen	Anteilige Nutzung von vorhandenem Personal in den Baumschulen und der vorhandenen Anzucht- und Gewächshausflächen mit der vorhandenen Infrastruktur	10.000 €	150.000 €
Nutzung der forstlichen Infrastruktur	Förster / Forstwirte zur Flächenbewirtschaftung (z. B. Bereitstellung, Anlage, Pflege)	12.500 €	187.500 €
Übertragung der Ergebnisse in die Praxis	Überarbeitung von Herkunftsempfehlungen, Förderrichtlinien	4.000 €	60.000 €
<b>Summe</b>		<b>89.000 €/Jahr</b>	<b>1.335.000 €</b>

Die Eigenleistung, die von den beteiligten Institutionen jährlich erbracht wird, beträgt 89.000 €/Jahr. Über eine Laufzeit von 15 Jahren ergibt dies eine Gesamtsumme von 1.335.000 € und somit etwa 35 % der Gesamtkosten des Züchtungsprogramms für Berg-Ahorn.

### 3. Züchtungsstrategie Berg-Ahorn

Tabelle 3.4: Schätzung der zusätzlichen Kosten für ein Programm bei Berg-Ahorn mit einer Laufzeit von 15 Jahren

Maßnahme	Erläuterung	Anzahl Einheiten	Kosten/Einheit	Gesamtkosten
Evaluierung	Auswertung bestehender Versuche (Ziel – Hinweise auf herkunftsbedingte Leistungsunterschiede)	10 ha	10.000 €/ha	100.000 €
Auswahl von Plusbäumen zum Aufbau von Zuchtpopulationen	3 Zuchtpopulationen (Tiefland, kollin; montan) für 3 Verwendungsgebiete. Je Zuchtzone 600 Bäume aus Beständen, Versuchsflächen, SP	1.800 Bäume	250 €/Baum	450.000 €
Anlage von Klonarchiven	2 Klonarchive à 500 Klone zur Sicherung der Zuchtpopulationen	1.000 Klone	500 €/Klon	500.000 €
Anlage von Samenplantagen	3 Samenplantagen (à 2 ha)	6 ha	40.000 €/ha	240.000 €
Anlage und Durchführung von Nachkommenschaftsprüfungen	3 Flächen (à 2 ha) mit jeweils 30 Prüfgliedern	6 ha	30.000 €/ha	180.000 €
Aufbau hochwertiger Ernteeinheiten aus Einzelbaumnachkommenschaften	Berntung von 80 Plusbäumen; Anlage von 2 Ernteeinheiten (à 2 ha)	80 Bäume	500 €/Baum (20.000 €/Bestand)	40.000 €
Genetische Untersuchungen	Kloncharakterisierung, Untersuchung Einzelbaumnachkommen etc.	5.000 Proben	20 €/Probe	100.000 €
Anlage von Herkunftsversuchen	Einbezug von Herkünften aus wärmeren Regionen, 7 Flächen (à 2 ha) mit jeweils 25-30 Prüfgliedern	14 ha	35.000 €/ha	490.000 €
Sonderprogramm	Aufbau einer Mehrklonsorte mit besonderen Holzeigenschaften (z. B. „Riegelahorn“)			250.000 €
<b>Summe</b>				<b>2.350.000 €</b>

Tabelle 3.5: Verteilung der Förderung (Tsd. €) über einen Zeitraum von 15 Jahren

	Jahr															Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
BAh	200	250	250	250	260	270	100	70	0	0	200	200	200	100	0	2.350

Eine exaktere Kalkulation des Finanzmittelbedarfs ist erst möglich, wenn der Umfang der konkret vorgesehenen Maßnahmen sowie der zur Verfügung stehende Zeitraum absehbar sind. Da Züchtungsschritte zeitlich aufeinander aufbauen, ist eine Bearbeitungszeit von mindestens 15 Jahren notwendig.

### 3.4 Literatur

- 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. Technische Universität München, 127 S.
- EWALD D, SCHNECK V, LIESEBACH H (2006): Riegelahorn – Vermehrung und Anbauversuch. In: Forstliche Genressourcen als Produktionsfaktor: Tagungsband 26. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Fulda, 20.-22.10.2005. Hessen-Forst, 131-132
- ERMSHAUSEN J (1991): Abhängigkeit der Phänologie und der Wuchsleistung von Berg-Ahorn-Herkünften und Einzelbäumen von den ökologischen Variablen der Herkunftsorte. Diplomarbeit, Göttingen, Univ., Forstwiss. Fachber., Inst. für Waldbau, Abt. 2. Waldbau d. Tropen u. Naturwaldforschung, 156 S.
- GEBHARDT K, BOHNENS J (2006): Mikrovermehrung und Klonprüfung bei Berg-/Riegelahorn. In: Forstliche Genressourcen als Produktionsfaktor: Tagungsband 26. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Fulda, 20.-22.10.2005. Hessen-Forst, 131-132
- HEIN S (2004): Zur Steuerung von Astreinigung und Dickenwachstum bei Esche (*Fraxinus excelsior* L.) und Ahorn (*Acer pseudoplatanus* L.). Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung 25, 1-263
- JONES EW (1945): Biological flora of the British Isles - *Acer pseudoplatanus* L. J. Ecol. 32, 20-237
- KLEINSCHMIT J (1985): Arbeiten der Abteilung Forstpflanzenzüchtung der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt und Aufgaben zur Minderung der Immissionsschäden. Der Forst- und Holzwirt 40, 439-446
- KONNERT M (2006) Erfolge (und Grenzen) bei dem Herkunftsnachweis mittels Isoenzym und DNA-Analysen. <http://www.nw-fva.de/Herkunftskontrolle/Publikation2.pdf>
- KRABEL D, WOLF H, KONNERT M, LIESEBACH M, SCHNECK V (2012): Berg-Ahorn – eine Baumart mit Züchtungspotenzial. AFZ/Der Wald (5), 10-12
- MAYER H (1992): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York
- MAYER F (2010): Das Phänomen der Riegelung des Holzes bei Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) sowie Versuche zur Optimierung der In-vitro-Vermehrung. Diplomarbeit Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, 61 S.
- PANDEY M, GAILING O, FISCHER D, HATTEMER HH, FINKELDEY R (2004): Characterization of microsatellite markers in sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.). Molecular Ecology Notes 4(2), 253-255
- RIEDER A (1998): Ahorn-Wertholzproduktion in kurzen Umtrieben. AFZ/Der Wald 53, 776-779
- ROLOFF A, SCHMIDT O (2009): *Acer pseudoplatanus* LINNE, 1753. Enzyklopädie der Holzgewächse. 51.Erg.Lfg. 2/09. 26 S.
- SCHNEIDEWIND A (2004): Untersuchungen zur Standorteignung von *Acer pseudoplatanus* L. als Straßenbaum in Mitteldeutschland unter besonderer Berücksichtigung abiotischer und biotischer Stressfaktoren. Tenea Verlag, Berlin. 152 S.
- THOMPSON D (2012): [http://www.coillte.ie/coillteforest/environment/research\\_and\\_environment/genetics\\_and\\_tree\\_improvement](http://www.coillte.ie/coillteforest/environment/research_and_environment/genetics_and_tree_improvement)
- WEISER F (1996): Bestandesnachkommenschaftsprüfung von Berg-Ahorn. AFZ-Der Wald (14), 774-777

## 4. Züchtungsstrategie Gewöhnliche Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.)

Die Gewöhnliche Fichte ist eine Baumart des borealen Nadelwaldes sowie der mittel- und südosteuropäischen Gebirge. In Deutschland kommt die Gewöhnliche Fichte lediglich im Schwarzwald, am Rand der Schwäbischen Alb, in den Nördlichen Kalkalpen, im Alpenvorland, im Bayerischen Wald, im Fichtelgebirge, im Erzgebirge, im Thüringer Wald, im Harz sowie in der Niederlausitz natürlich vor. Aufgrund ihrer hohen Ertragsleistung, ihrer hervorragenden Holzeigenschaften und ihrer waldbaulichen Vorzüge ist sie heute die am meisten verbreitete Baumart in Deutschland (Abb. 4.1). Der Fichtenanteil beträgt bei einer Fläche von 2,9 Mio. ha nach der zweiten Bundeswaldinventur 28,2 %. Die höchsten Fichtenanteile wiesen Bayern mit 43,8 % und Thüringen mit 41,2 % auf.

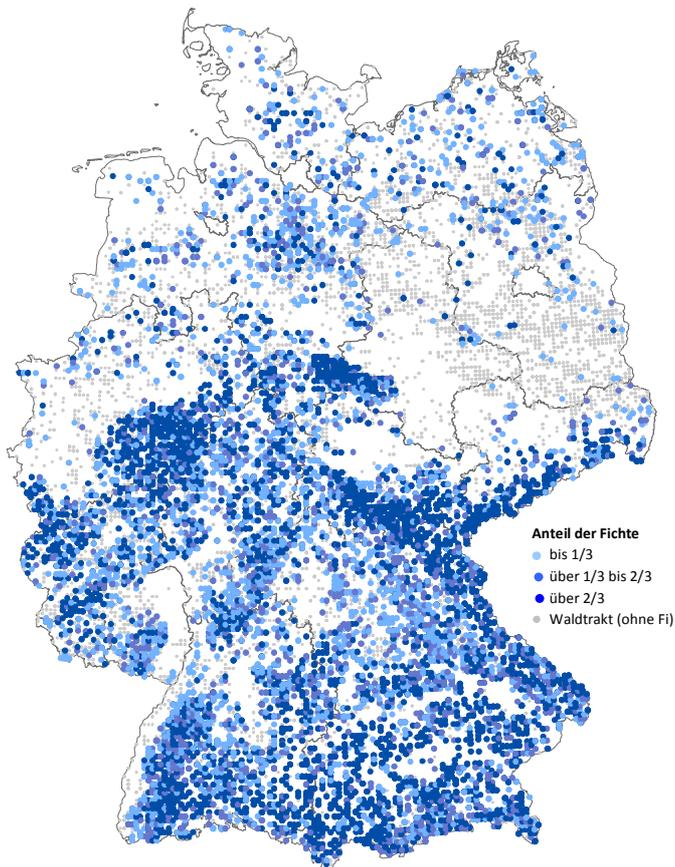


Abb. 4.1: Fichtenverbreitung in Deutschland (Quelle: BWI2, Thünen-WO, 14.10.2013)

Voraussetzung für hohe Wuchsleistungen der Gewöhnlichen Fichte sind frische bis feuchte Standorte mit gutem Wasserzug und ausreichender Bodendurchlüftung. Auf Trockenheit reagiert die Fichte außerordentlich empfindlich und selbst in Folgejahren noch mit herabgesetzter Vitalität. Klimatische

Änderungen insbesondere die Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur verbunden mit geringeren Niederschlägen in der Vegetationszeit werden außerhalb der Gebirgslagen mittel- bis langfristig zu einem deutlichen Rückgang der Fichtenfläche in Deutschland führen. Klimaanpassungsmaßnahmen der Forstverwaltungen und Forstbetriebe fokussieren ganz wesentlich auf den Waldumbau klimatisch nicht standortangepasster Fichtenbestände und die Gestaltung einer günstigeren, arten- und strukturreichen Folgebestockung. Arten- und strukturarme Fichtenwälder sind besonders vulnerabel für Sturmschäden und Borkenkäferbefall. An die Nährstoffausstattung stellt die Fichte dagegen nur mäßige Ansprüche. Ihr Anbau auf flachgründigen Böden ist jedoch mit Risiken verbunden.

### **4.1 Status quo der Züchtung**

#### **4.1.1 Bisherige Züchtung im Ausland**

Es gibt drei umfangreiche internationale Versuche, die einen Großteil (Ausnahme: Russland) des natürlichen Vorkommens der Fichte abdecken:

1. IUFRO-Fichtenherkunftsversuch von 1938 und 1939 mit 36 Provenienzen auf 26 Standorten in Europa und USA (GIERTYCH 1984).
2. IUFRO-Fichtenherkunftsversuch von 1964/68 (1.100 Prüfglieder, 20 Wiederholungen mit je elf Teilflächen in 13 Ländern). Nutzte die Ergebnisse der ersten Serie. Saatgut dieses Versuchs auf verschiedene Art erzeugt: von Einzelbäumen innerhalb Beständen, Bestandesmischungen, kommerzielle Beerntungen (KRUTZSCH 1974).
3. IUFRO-Fichtenherkunftsversuch von 1972 auf 43 Flächen in zehn Ländern (LIESEBACH et al. 2010).

Als Ergebnis der ersten Serien ließen sich hinsichtlich Austriebs drei Gruppen von Herkünften unterscheiden. Aus Skandinavien und den Hochlagen der Zentralalpen kommen in der Regel sehr früh austreibende Herkünfte. Spättreibende Herkünfte gibt es im östlichen Verbreitungsgebiet und dem nördlichen Russland.

Die eigentliche Züchtung begann in Europa in den späten 1940er Jahren mit dem Ziel der Verbesserung von Volumen, Anpassung, Gesundheit und Qualität. Mittlerweile gibt es in Europa etwa 25.000 Plusbäume, die die Elternbasis der nächsten Generation(en) sein sollen. In Nachkommenschaftsprüfungen werden Sämlinge von frei abgeblühten Plusbäumen getestet, um die genetische Veranlagung der Elternbäume zu ermitteln. Weiterhin werden Plusbäume genutzt, um Samenplantagen anzulegen oder (Kreuzungs-)Archive aufzubauen.

Derzeit gibt es in Skandinavien die anspruchsvollsten langfristigen Züchtungsprogramme. Litauen startet ein Programm, in anderen Ländern (Deutschland, Dänemark, Frankreich, Niederlande) wurden (werden) vorhandene Programme heruntergefahren oder gestoppt. Die Ziele, die mit noch bestehenden Züchtungsprogrammen verfolgt werden, ähneln sich. Allgemein wird die Wuchsleistung bei gleichzeitiger Stabilität am Standort als wichtiges Kriterium angesehen. weiterhin soll überall die genetische Variabilität innerhalb der Populationen erhalten bleiben, damit Ausgangsmaterial für Selektionen unter zukünftig möglicherweise veränderten Klimabedingungen erhalten bleibt.

In Skandinavien wird versucht, dies mit einer auf rekurrenter Selektion in multiplen Züchtungspopulationen basierenden Strategie zu erreichen. Schweden (DANELL 1991; KARLSSON & STAHL 2002; ROSVALL 2011) und Norwegen favorisieren 50 nicht-verwandte Individuen je Sub-Population, in Finnland werden 160 Plusbäume je Sub-Population bevorzugt. Die Anzahl der Kreuzungen je Plusbaum schwankt

je nach Land, ebenso der Umfang (z. B. Schweden: 100 Sämlinge/Kreuzung). Danach erfolgt eine Klonprüfung mit den Kreuzungsprodukten an wenigstens vier Orten (Schweden, Finnland) mit drei bis vier Ramets (Schweden) bzw. sechs bis acht Ramets (Finnland) je Klon. Nach der Endaufnahme der Versuchsflächen (10-15 Jahre) erfolgt die Selektion der Eltern für die nächste Generation. In Schweden ist das Kreuzungsprogramm für die 2. Züchtungsgeneration zur Hälfte abgearbeitet.

Litauen ist dabei ein Züchtungsprogramm aufzubauen, das dem skandinavischen strukturell ähnelt, vom Umfang (450 PB) her aber abweicht (DANUSEVICIUS 2009). In anderen europäischen Ländern (Deutschland, Dänemark, Frankreich, Niederlande) gab es Züchtungsprogramme, die allerdings nicht so langfristig ausgerichtet waren wie in Skandinavien. In Rumänien wurde nach 1985 ein neuer Idiotyp mit dichter Krone und dünnen, hängenden Ästen selektiert und mehr als 200 Bäume dieses Typs in einem Diallel mit normaler Fichte gekreuzt. Seit 1996 werden die Nachkommenschaften in fünf Versuchen getestet. In Polen begann 1960 die Auswahl von Plusbäumen und Erntebeständen.

Untersuchungen zur Reaktion auf mögliche Klimaänderungen gibt es unter anderem in Österreich (SCHÜLER & KAPPELLER 2010), wo ein auf 44 Flächen angelegter Herkunftsversuch die Datenbasis bildet, sowie in der Slowakei (KRAJMEROVÁ et al. 2009), wo diese Fragestellung mit Daten der IUFRO-Versuche von 1964/68 und 1972 untersucht wurde.

### 4.1.2 Bisherige Züchtung in Deutschland

Aus den ersten Einsammlungen des IUFRO-Fichtenherkunftsversuch von 1964/68 entstand bereits 1962 eine bundesweite Versuchsserie mit neun Versuchen und 286 Prüfglieder aus dem mitteleuropäischen Raum an fünf Orten (LIESEBACH et al. 2010). Parallel zum IUFRO Versuch wurde 1964 der Hessische Fichten-Provenienzversuch mit 36 Prüfgliedern aus 27 Herkünften auf 15 Versuchen angelegt (GÄRTNER 1980).

Ab 1960 gab es in Deutschland (Hessen, Niedersachsen) eine Züchtung bei Fichte, und zwar als Massenauslese mit Bestäubungslenkung. Dazu wurden in natürlichen Beständen in Leistung und Qualität überlegene Plusbäume ausgewählt. Als Pflöpflinge wurden diese Plusbäume zur Anlage von Samenplantagen möglichst mit Klonen aus einem Herkunftsgebiet verwendet. Die Idee war, dass nur die phänotypisch besten Individuen sich gegenseitig bestäuben und so verbessertes Saatgut produzieren.

Ebenfalls schon in den 1960er Jahren wurde mit Vorarbeiten für die später in größerem Umfang angewendete Stecklingsvermehrung begonnen (KLEINSCHMIT et al. 1973; DEKKER-ROBERTSON & KLEINSCHMIT 1991). In den 1970er Jahren wurden umfangreiche Versuchsserien mit Stecklingen zur Klonprüfung angelegt, mit dem Ziel geprüfte Klone in Mehrklonsorten zu mischen und diese zuzulassen. Da juveniles Material benötigt wird, erfolgte im Kampf die Selektion der Klonmutterbäume in Sämlingsnachkommenschaften von Herkünften oder Beständen, seltener von Einzelbäumen. Das System der Stecklingsvermehrung wurde bis zur Serienreife entwickelt, und es wurde eine Mehrklonsorte mit spätreibenden Klonen für Spätfrostlagen zugelassen. In der Praxis konnte sich dieses System jedoch (bisher) nicht durchsetzen.

Die Toleranz gegenüber anthropogen bedingten Umwelteinflüssen wurde in Deutschland auf dem Höhepunkt der Debatte über das Waldsterben untersucht. Zwischen 1970 und 1990 wurde ein Ansatz verfolgt, um mit Hilfe von vegetativ vermehrten Klonen geeignetes Material für Problemregionen im Erzgebirge zu selektieren (WEISER & SCHACHLER 1988, EWALD & SCHACHLER 1990; WOLF 2001). In 13 Feldversuchen, die zur Evaluierung von SO<sub>2</sub>-Toleranz bei Klonen und Sämlingen angelegt wurden, zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen Klonen. SO<sub>2</sub>-tolerante Klone wiesen allerdings

#### 4. Züchtungsstrategie Fichte

unterdurchschnittliche Wuchsleistung und Formen auf. In Westdeutschland gab es ab den 1990er Jahren ebenfalls Untersuchungen zu diesem Themenkomplex (KNABE et al. 1990; LÖCHELT 1994). Dabei wurden verschiedene Herkünfte auf unterschiedlich stark belasteten Standorten angebaut, um leistungsfähige Herkünfte unter derartigen Bedingungen zu evaluieren.

Verschiedentlich wurden Auswirkungen eines möglichen Klimawandels auf das Wachstumsverhalten von Fichte untersucht. Dabei wurde von Simulationsmodellen (ALBERT & SCHMIDT 2009) ausgegangen oder vorhandene Versuche (NICKE & WOLF 2009) genutzt, um den Zuwachs verschiedener Herkünfte unter unterschiedlichen Umweltbedingungen zu untersuchen. Diese ersten Ansätze wurden nicht in einem Züchtungsprogramm weitergeführt. In Deutschland gibt es geprüfte Bestände (RAU 2007) und bisher eine geprüfte Samenplantage, 2013 wurden 3 weitere Samenplantagen zugelassen. Ein langfristiges bundesweites Programm mit Züchtungspopulationen existiert bisher nicht.

Auf der Grundlage des FoVG sind für die Fichte 30 Herkunftsgebiete ausgewiesen (Abb. 4.2). Insgesamt sind derzeit 2.189 Einheiten, überwiegend in der Kategorie „Ausgewählt“, zur Erzeugung von forstlichem Vermehrungsgut registriert (Tabelle 4.1).

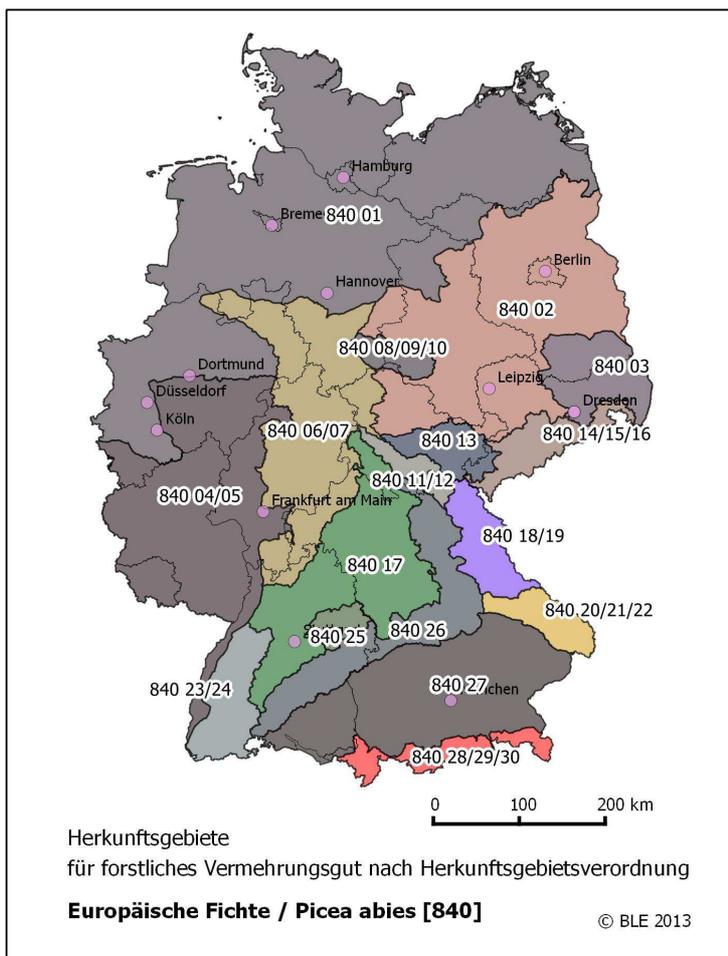


Abb. 4.2: Herkunftsgebiete: Fichte

Tabelle 4.1: Übersicht über zugelassenes Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut (BLE 2013)

Kategorie	„Ausgewählt“		„Qualifiziert“		„Geprüft“				
Ausgangsmaterial	Erntebestände		Samenplantagen		Erntebestände		Samenplantagen		Klonmischung
Baumart	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl
Fichte	2.137	24.648	29	83	20	153	2	13	1

## 4.2 Zielmerkmale der Züchtung und Methode

Züchtungsziele bei Fichte: Massenleistung in den Produktionspopulationen (PP) bei gleichzeitiger guter Qualität in Form und Holzeigenschaften für die technische Verarbeitung. Für die Holzproduktion in Hoch- und in Tieflagen sollten separate Programme aufgelegt werden, das bedeutet den Aufbau und das Management von zwei jeweils getrennten Zuchtpopulationen (ohne Berücksichtigung der derzeit bestehenden Herkunftsgebiete). Die Züchtung für Tieflagen wird verbunden mit der Züchtung auf Toleranz gegenüber Trockenstress, so dass eine Zuchtpopulation für Hochlagen und eine andere für Tieflagen und Trockengebiete aufzubauen sind. Tabelle 4.2 fasst die bisher geleisteten Arbeiten und das daraus vorhandene Material zusammen.

Tabelle 4.2: Vorhandenes Versuchsmaterial der verschiedenen Institutionen bei Fichte

Organisation	Samenplantagen		Klonprüfungen		Erhaltung/ Klonarchive		NKP von Einzelbäumen		Herkunftsversuche		Bestandes-/ SP-Prüfungen		Andere		Gesamt	
	n	ha	n	ha	n	ha	n	ha	n	ha	n	ha	n	ha	n	ha
NW-FVA	12	40,8	220	221,6	12	9,2	34	46,3	38	84,9	15	12,0	8	5,0	339	419,8
LSfoV	4	15,6							2	3,8					6	19,4
NRW	2	2,9							3	3,0					5	5,9
ASP	9	26,3	1		1				2	3,6					13	29,9
Thünen	2	4,2	15	2,3					35	34,0	8	9,2			60	49,7
SBS	5	10,9	12	10,5	6	7,0	1	1,2	15	26,2					39	55,8
TH	1	2,0	2	2,4	2	2,4	1	1,2	3	7,5			13	21,0	22	36,5
MV	1	1,8							1	2,7			7	10,1	9	14,6
FVA									1	2,1					1	2,1
Gesamt	36	104,5	250	236,8	21	18,6	36	48,7	100	167,8	23	21,2	28	26,1	494	633,7

Aufbauend auf diesen Vorarbeiten sind die nachfolgend aufgeführten Schritte für eine züchterische Bearbeitung der Fichte vorgesehen:

1. Gesamtevaluierung aller Versuche mit Einzelbaumabsaaten und von Klonprüfungen
2. Auswahl und Markierung von besonders geeigneten Genotypen auf Samenplantagen; Beerntung der markierten Bäume

3. Umbau von bestehenden Nachkommenschaftsprüfungen (vorzugsweise Einzelbaumabsaaten) oder Klonprüfungen in Saatguterntebestände
4. Aufbau von zwei Zuchtpopulationen unter Verwendung von bereits vorhandenen und neu auszuwählenden Plusbäumen
5. Umbau eines Teils der bestehenden Samenplantagen durch Entnahme weniger geeigneter Genotypen
6. Verbesserung eines Teils der bestehenden Samenplantagen durch Anpflanzung bzw. Pfropfung neuer Genotypen
7. Kreuzungen auf Samenplantagen und Mutterquartieren zur Elternanalyse und Nachkommenschaftsprüfung der auf den Plantagen vorhandenen Klone; die Kreuzungsnachkommen dienen als Pool für die Auswahl neuer Plusbäume
8. Durchführung von Nachkommenschaftsprüfungen mit Einzelbaumabsaaten
9. Neuanlage von Samenplantagen für die beiden Züchtungszonen

Die Evaluierung aller Versuche mit Einzelbaumnachkommenschaften und der Klonprüfungen sind die Voraussetzung für die anschließenden Arbeiten. Zunächst sollten die vorhandenen Daten darauf hin gesichtet werden, auf welchen Flächen sich identische Nachkommenschaften einzelner Plusbäume befinden. In einem zweiten Schritt sollen die Flächen (soweit noch nicht geschehen) ausgewertet werden. Die Versuche mit Einzelbaumabsaaten aus Beständen und von Samenplantagen bzw. Mutterquartieren erlauben Hinweise auf Eignung bestimmter Genotypen. Sofern diese Genotypen auf Plantagen vorhanden und geeignet sind, können sie gezielt beerntet werden. Die Nutzung vorhandener Samenplantagen ist die kostengünstigste Variante, die zugleich auch schnell umsetzbar ist. Frei abgeblühte Plusbaumpfropflinge auf vorhandenen Samenplantagen werden vordringlich beerntet und die Sämlinge für Neuanlage von Produktionspopulationen verwendet.

Die Sichtung aller Versuche kann weiterhin dazu führen, dass bestimmte Flächen mit Nachkommenschaftsprüfungen (insbesondere Klonprüfungen) in Erntebestände umgewandelt werden. In Klonprüfungen wird wertvolles Material unterschiedlichen Ursprungs geprüft. Daher ist die Genotypen-Zusammensetzung derartiger Flächen sehr variabel und die Flächen sind relativ alt, so dass die dort vorhandenen Bäume bald fruktifizieren werden. Bei Klonprüfungen sind größtenteils (ältere) Auswertungen vorhanden, die Aussagen über die Leistung der geprüften Klone erlauben. Auf diesen Flächen werden diejenigen Genotypen entfernt, deren geprüfte Leistung nicht den Erwartungen entspricht. Die verbleibenden erwünschten Kandidaten bestäuben sich gegenseitig und produzieren hochwertiges Saatgut.

Eine Massenvermehrung mit vegetativ produziertem Material für die Produktionspopulation ist nicht vorgesehen. Zwar ist mit vegetativ erzeugten Stecklingen ein hoher genetischer Gewinn möglich und auch die Technik der Massenvermehrung von Fichtenklonen ist vorhanden. Allerdings reduziert sich nach fünf bis sieben Absteckphasen die Vermehrbarkeit der Klone, so dass nach der Prüfung - nach FoVG eine Voraussetzung für den Einsatz von vegetativem Material - nur eine begrenzte Zeit für die Nutzung eines Klons verbleibt. Wegen der derzeitigen Gesetzeslage wird die Verwendung von vegetativ erzeugtem Material kritisch beurteilt. Vor allem im Hinblick auf eine langfristig angelegte Züchtung erscheint das Arbeiten mit Samenplantagen erfolgversprechender zu sein.

Für einen Umbau von Samenplantagen kommen vor allem gut mit Maschinen befahrbare Plantagen infrage. Hier werden Kronenpfropfungen vorgenommen und die Plantagen nach und nach auf diese

Weise umgebaut. Die Reiser werden in Klonarchiven/Mutterquartieren oder auf Versuchsflächen (Nachkommenschaftsprüfungen, Klonprüfungen) geworben. Nach dem Pfropfen erfolgt eine Blühstimulation. Dies und die Tatsache, dass die Pfropfungen im Kronenraum durchgeführt werden, beschleunigt die Blüte. Innerhalb der geernteten Nachkommenschaftsprüfungen wird scharf auf Elitebäume für die Anlage von Klonprüfungen ausgelesen. Mit den Sämlingen werden Nachkommenschaftsprüfungen angelegt. In den Prüfungen (Nachkommenschaftsprüfungen, Klonprüfungen) werden Einzelpflanzen aufgrund der Prüfergebnisse ausgewählt. In den Nachkommenschaftsprüfungen erfolgt eine WPA-Selektion (with parental analysis). Selektierte Einzelbäume (Sämlinge/Klone) werden als Kronenpfropfung, Ppropflinge oder Stecklinge in Samenplantagen genutzt und gleichzeitig in eine der beiden Basispopulationen überführt, und es beginnt ein neuer Züchtungszyklus.

Die Anlage neuer Samenplantagen eignet sich für eine langfristig angelegte Strategie und wird nur kurz behandelt. Die Reiser für Pfropfungen werden in Mutterquartieren/Klonarchiven oder von Versuchsflächen geworben. Die Anlage sollte die mechanische Pflege berücksichtigen, z. B. indem alternierend reine Klonreihen und gemischte Reihen gepflanzt werden. Die Fläche muss groß genug sein, damit später problemlos neue Genotypen hinzukommen können. Eine kontinuierliche Züchtungsstrategie kann darauf beruhen, dass ältere Genotypen von der Samenplantage verschwinden und in Intervallen (abhängig von Auswertungen der Nachkommenschaftsprüfungen, Klonprüfungen) durch bessere jüngere (mittels Kronenpfropfung oder als Ppropflinge) ersetzt werden. Auf diese Weise werden Samenplantagen angelegt, die aufgrund ihrer Zahl an Genotypen eine ausreichende genetische Vielfalt aufweisen und die das jeweils aktuelle Züchtungsniveau berücksichtigen.

### 4.3 Notwendige Ressourcen zur Umsetzung

Beim Umbau von Versuchsflächen in Erntebestände leisten vor allem diejenigen Partner einen Beitrag, die für viele Flächen zuständig sind (vgl. Tabelle 4.2).

Tabelle 4.3: Zusammenstellung der Eigenleistung

Art der Eigenleistung	Erläuterung	Kosten/Jahr	Kosten
Wissenschaftliche Betreuung	Wissenschaftler (50 %) zur Anleitung und Koordinierung der wissenschaftlichen Arbeiten einschließlich der Labornutzung	40.000 €	600.000 €
Technische Betreuung	Technische Assistenz (50 %) zur technischen Anleitung und Koordinierung der Arbeiten einschließlich der Laborkapazitäten	22.500 €	337.500 €
Nutzung vorhandener Anzucht- und Gewächshausflächen	Anteilige Nutzung von vorhandenem Personal in den Baumschulen und der vorhandenen Anzucht- und Gewächshausflächen mit der vorhandenen Infrastruktur	20.000 €	300.000 €
Nutzung der forstlichen Infrastruktur	Förster / Forstwirte zur Flächenbewirtschaftung (z. B. Bereitstellung, Anlage, Pflege)	35.000 €	525.000 €
Übertragung der Ergebnisse in die Praxis	Überarbeitung von Herkunftsempfehlungen, Förderrichtlinien	3.000 €	45.000 €
Summe		120.500 €/Jahr	<b>1.807.500 €</b>

#### 4. Züchtungsstrategie Fichte

Die geschätzten Gesamtkosten für das Züchtungsprogramm Fichte belaufen sich für eine Gesamtdauer von 15 Jahren auf etwa 4,3 Mio. €. Davon entfallen 1,8 Mio. € auf Eigenleistungen (Tabelle 4.3). 2,5 Mio. € wären durch Förderung zu ergänzen (Tabelle 4.4). Das entspricht einer jährlichen Förderung von im Mittel 170.000 € (Tabelle 4.5).

Tabelle 4.4: Schätzung der zusätzlichen Kosten (Förderung) für ein Züchtungsprogramm bei Fichte mit einer Laufzeit von 15 Jahren

Maßnahme	Erläuterung	Erläuterung	Anzahl	Förderung
Gesamtevaluierung	Sichtung vorhandener Versuche mit Plusbaum-NK	1.000 €/Fläche	271	271.000 €
Nutzung vorhandener SP	Markierung ausgewählter Eltern auf 32 SP u. MQ für Beerntungen	550 €/Fläche	32	17.600 €
Umbau von KP / NKP (271 KP/NKP mit 271 ha)	Aufnahme/Auswertung; Auswertung zum Umbau; Auszeichnen, Zulassung	18.000 €/ha	15	270.000 €
Aufbau von 2 Zuchtbaumpopulationen (je 300 Plusbäume)	4 ha: Reiserwerbung, Pfropfungen, Auspflanzung in 2 MQ á 2 ha	40.000 €/ha	4	160.000 €
SP-Umbau				
a) Entnahme	Entnahme minderwertiger Klone (50 %) auf 30 ha (10 SP)	1.000 €/ha	30	30.000 €
b) Verbesserung von 2 ausgewählten SP	4 ha: Verbesserung von 2 SP á 2 ha	14.000 €/ha	4	56.000 €
c) Kreuzungen zur Elternanalyse/NKP auf 5 SP	Kreuzungen auf 5 SP an mehreren Terminen	20.000 €/SP	5	100.000 €
	12 ha NKP: Beerntung, Sämlingsanzucht für 6 NKP á 2 ha	6.500 €/ha	12	78.000 €
	Elternanalyse, Auswertung	25 €/Probe	20.000	500.000 €
d) NKP	12 ha: 6 Prüfung je 2 ha	10.000 €/ha	12	120.000 €
Anlage von SP	15 ha SP: Reiserwerbung, Pfropfung, Pfropflingsanzucht, Anlage, Pflege	42.500 €/ha	15	637.500 €
Begleitende Studien	Untersuchungen zur Trockenheitstoleranz			300.000 €
<b>Summe</b>				<b>2.540.100 €</b>

Tabelle 4.5: Verteilung der Förderung (Tsd. €) über einen Zeitraum von 15 Jahren

	Jahr															Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Fi	140	150	90	120	110	120	130	220	180	190	290	330	370	50	50	2.540

## 4.4 Literatur

- ALBERT M, SCHMIDT M (2009): Erste Ergebnisse zur Modellierung des Standort-Leistungs-Bezuges der Baumart Fichte unter Klimawandel. Verband Deutscher Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Ertragskunde: Beiträge zur Jahrestagung 2009, 32-43
- BLE (2013): Zusammenstellung über Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: 01.07.2013)
- DANELL Ö (1991): Survey of past, current and future Swedish forest tree breeding. *Silva Fennica* 25, 241-247.
- DANUSEVICIUS D (2009): Strategy for long-term breeding of *Picea abies* in Lithuania: short overview. *Dendrobiology*, vol 61 supplement, 87-90
- DEKKER-ROBERTSON DL, KLEINSCHMIT J (1991): Serial propagation in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.): Results from later propagation cycles. *Silvae Genetica* 40, 202-217
- EWALD D, SCHACHLER G (1990): Bessere Bewurzelung bei der Stecklingsvermehrung adulter Fichtenklone. *AFZ* (37-38), 961-963
- GÄRTNER EJ (1980): Beiträge zur Beurteilung der Jugendentwicklung von Fichtenprovenienzen. Mitt. der Hessischen Landesforstverwaltung, Bd 15, 114 S.
- GIERTYCH M (1984): Report on the 1938 and 1939 provenances experiment on Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Kórnik, Polnische Akademie der Wissenschaft, Institut für Dendrologie
- KARLSSON B, STAHL PH (2002): A swedish view of tree improvement in an ecologically orientated forest management system. *Schriften Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. Nieders. Forstl. Versuchsanst* 134, 26-32
- KLEINSCHMIT J, MÜLLER W, SCHMIDT J, RACZ J (1973): Entwicklung der Stecklingsvermehrung von Fichte (*Picea abies* Karst.) zur Praxisreife. *Silvae Genetica* 22, 4-15
- KNABE W, URFER W, VENNE H (1990): Die Variabilität der Immissionsresistenz von Fichtenherkünften - ein Beitrag zum IUFRO-Fichtenprovenienzversuch 1964/68. *Silvae Genetica* 39, 8-17
- KRAJMEROVÁ D, LONGAUER R, PACALAJ M, GÖMÖRY D (2009): Influence of provenance transfer on the growth and survival of *Picea abies* provenances. *Dendrobiology*, vol 61 supplement, 17-23
- KRUTZSCH P (1974): The IUFRO 1964/68 provenance test with Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Silvae Genetica* 23, 58-62
- LIESEBACH M, RAU H-M, KÖNIG AO (2010): Fichtenherkunftsversuch von 1962 und IUFRO Fichten-Herkunftsversuch von 1972. Beiträge aus der Norwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt Bd 5, 467 S.
- LÖCHELT S (1994): Bestimmung genetischer Merkmale von Fichten (*Picea abies* [L.] Karst.) mit unterschiedlich ausgeprägten Schadsymptomen auf Baden-Württembergischen Dauerbeobachtungsflächen. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.* 164, 21-27
- NICKE A, WOLF H (2009): Zuwachsvergleich ausgewählter Fichten- (*Picea abies* [L.] Karst.) Herkünfte und deren Reaktion nach Trockenperioden auf unterschiedlichen Standorten. Verband Deutscher Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Ertragskunde: Beiträge zur Jahrestagung 2009, 120-133
- RAU H-M (2007): Samenplantagen und Bestände von Fichte. *AFZ-DerWald* 62, 418-419
- ROSVALL O (2011): Review of the Swedish tree breeding programme. <http://www.skogforsk.se/PageFiles/57629/Tree%20breeding.pdf>,84
- SCHÜLER S, KAPPELLER S (2010): Klima-Response von Fichtenherkünften im Alpenraum. Eine Adaptionmöglichkeit für die österreichische Forstwirtschaft. Endbericht von StartClim2009.B in StartClim2009: Anpassung an den Klimawandel; Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich. Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, BMWFJ, ÖBF.
- WEISER F, SCHACHLER G (1988): Aufbau sowie erste Ergebnisse zur Entwicklung und Nutzung eines Stecklings-Mutterquartiers mit Fichten-Klonen verminderter Anfälligkeit gegenüber SO<sub>2</sub>. *Beiträge für die Forstwirtschaft* 22, 55-61
- WOLF H (2001): Effects of extreme SO<sub>2</sub>-air pollution in winter 1995/96 on vitality and growth of SO<sub>2</sub>-tolerant Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) clones in the Ore mountains. In MÜLLER-STARCK G & SCHUBERT R (eds.): Genetic response of Forest Systems to Changing Environmental Conditions. Kluwer Acad. Publ., 35-49



## 5. Züchtungsstrategie Gemeine Kiefer (*Pinus sylvestris* L.)

Die Gemeine oder Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) ist mit einem Anteil von 23,5 % an der Waldfläche eine der wichtigsten Wirtschaftsbaumarten in Deutschland (Abb. 5.1). Betrachtet man die geringen Ansprüche dieser Baumart an die Nährstoff- und Wasserversorgung sowie die in erheblichem Umfang existierenden Verarbeitungskapazitäten für Kiefernholz, so wird sie auch in der Zukunft unter sich möglicherweise ändernden klimatischen Bedingungen ihre Bedeutung behalten. Weiterhin wurde in Deutschland in der Vergangenheit bereits in größerem Umfang an der züchterischen Verbesserung der Kiefer gearbeitet. Das sind Gründe, die es rechtfertigen, für diese Baumart eine Strategie zur Steigerung von Holzertrag und -qualität durch Forstpflanzenzüchtung zu erarbeiten und umzusetzen.

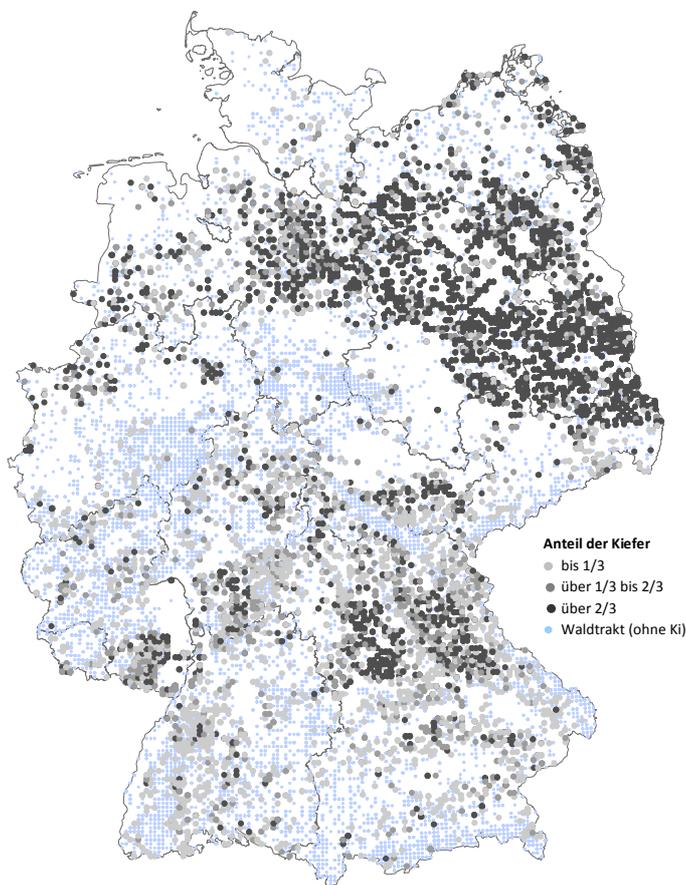


Abb. 5.1: Kiefernverbreitung in Deutschland (Quelle: BWI2, Thünen-WO, 14.10.2013)

## **5.1 Status quo der Züchtung**

### **5.1.1 Bisherige Züchtung im Ausland**

Nachdem es bereits vor über 200 Jahren erste Versuche zur Selektion besser geeigneter Kiefern für den Anbau im Wald in Europa gegeben hat, begann die systematische Forschungsarbeit auf diesem Gebiet mit der Planung und Anlage von Herkunftsversuchen Ende des 19. bzw. Anfang des 20. Jahrhunderts. Besonders ab den 1950er Jahren wurde in fast allen europäischen Ländern, in denen die Gemeine Kiefer eine wichtige Wirtschaftsbaumart ist, mit der züchterischen Bearbeitung dieser Baumart begonnen. Hauptsächlich erfolgte dabei die Auslese von guten Beständen für die Saatguternte und von Plusbäumen für die Anlage von Samenplantagen. In einigen Ländern wurde gleichzeitig mit der Prüfung von Bestandesabsaaten und Nachkommenschaften der Plusbäume begonnen. Insbesondere in Skandinavien und Osteuropa sind diese Aktivitäten bis heute kontinuierlich fortgeführt worden. In anderen Ländern wie Großbritannien und den Niederlanden wurde die Kiefernzüchtung nach Abschluss des ersten Zyklus der jeweiligen Programme gestoppt. Im Rahmen des EU-Projekts „TREEBREEDEX“ ist eine Monographie zur Züchtung der Gemeinen Kiefer in Europa erarbeitet worden (KRAKAU et al. 2013). Weiterhin hat ERIKSSON (2008) eine zusammenfassende Arbeit über Genetik und Züchtung der Gemeinen Kiefer veröffentlicht.

Den Ausgangspunkt für alle Zuchtprogramme bildete die Auswahl der jeweiligen Zuchtpopulation(en). Hierbei handelt es sich meist um Plusbäume, die innerhalb oder auch außerhalb der jeweiligen Verwendungszone selektiert wurden. Der Umfang dieser Selektionen war dabei unterschiedlich. In Frankreich und Litauen waren es zu Beginn des ersten Zyklus ca. 500 Bäume, in Großbritannien 1.000, in Schweden 6.000 und in Finnland über 7.000. Der Zuchtwert dieser Plusbäume wurde und wird in einer Vielzahl von Nachkommenschaftsprüfungen bestimmt. Die zu prüfenden Nachkommenschaften gehen dabei sowohl aus freier Abblüte der Plusbäume als auch aus gelenkten Kreuzungen hervor. In den meisten europäischen Ländern mit aktiven Zuchtprogrammen bei der Kiefer ist dieser erste Zyklus abgeschlossen und die Ergebnisse werden für das Management von Samenplantagen genutzt. In Schweden geht man bei der Verwendung von Vermehrungsgut aus solchen Samenplantagen von einem Mehrertrag von 10 % im Höhenwachstum nach etwa 10 Jahren und von bis zu 25 % beim Volumen/ha im Alter von 30 Jahren aus (ANDERSSON et al. 2003; JANSSON 2007). Derzeit wird in diesen Ländern an der Planung und Realisierung eines zweiten Zyklus gearbeitet. Dabei werden meist ähnliche Ansätze verfolgt. In Finnland wurden etwa 920 Plusbäume für die Bildung von sechs Zuchtpopulationen für den zweiten Zyklus identifiziert. In Schweden existiert eine Metazuchtpopulation mit 1.200 Individuen. Diese ist in 24 Subpopulationen mit mindestens 50 Individuen für die entsprechenden Verwendungszone unterteilt. Die Bäume dieser Zuchtpopulationen stammen sowohl aus der ersten Selektionsrunde als auch aus den Nachkommenschaftsprüfungen. In beiden Ländern werden die Bäume der entsprechenden Zuchtpopulationen untereinander nach verschiedenen Kreuzungsplänen kombiniert und die Nachkommenschaften erneut geprüft. In Großbritannien wurden 200 Bäume als Zuchtpopulation für einen möglichen neuen Zyklus selektiert und fünf Samenplantagen mit diesem Material angelegt. Für diese Samenplantagen wird ein Gewinn im Höhenwachstum von 8 bis 12 % erwartet (LEE 1999).

### **5.1.2 Bisherige Züchtung in Deutschland**

Auf der Grundlage des FoVG sind für die Kiefer 23 Herkunftsgebiete ausgewiesen (Abb. 5.2). Insgesamt sind derzeit 1.568 Einheiten, überwiegend in der Kategorie „Ausgewählt“ zur Erzeugung von forstlichem Vermehrungsgut registriert (Tabelle 5.1).

## 5. Züchtungsstrategie Kiefer

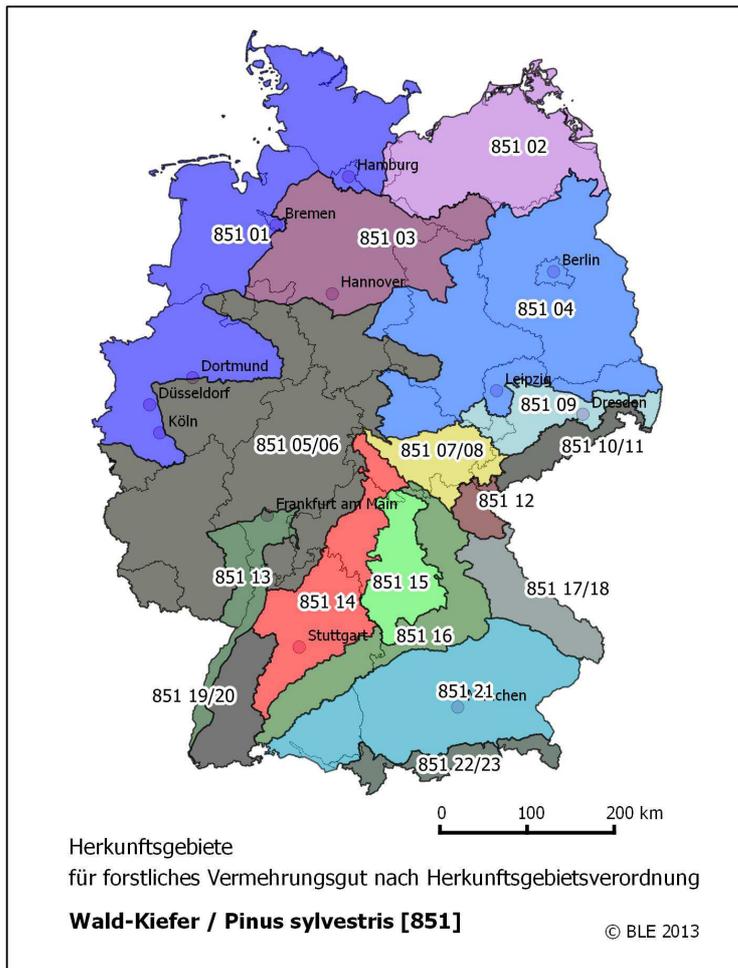


Abb. 5.2: Herkunftsgebiete: Kiefer

Tabelle 5.1: Übersicht über zugelassenes Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut (BLE 2013)

Kategorie	„Ausgewählt“		„Qualifiziert“		„Geprüft“			
	Erntebestände		Samenplantagen		Erntebestände		Samenplantagen	
Ausgangsmaterial	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl	red. Fläche [ha]
Baumart								
Kiefer	1.496	14.934	37	119	19	156	16	95

Die Züchtungsarbeiten bei Kiefer in Deutschland konzentrierten sich auf die Verbesserung des Höhen-, Durchmesser- und Volumenwachstums als Merkmale des Holzertrags und die Stammform und Parameter der Astigkeit als Merkmale der Qualität. Als Merkmal für Stabilität lag das Augenmerk auf der Überlebensrate.

Als eine sehr einfache Form der Selektionszüchtung (positive Massenauslese) kann die in Deutschland seit vielen Jahren praktizierte Auswahl von Saatguterntebeständen nach dem Phänotyp betrachtet werden. Derzeit gibt es in Deutschland 1.496 zugelassene Bestände in der Kategorie „Ausgewählt“.

Ebenfalls nach dem Phänotyp ausgewählt wurden die Plusbäume für die Anlage von Samenplantagen (positive Individualauslese), die heute in der Kategorie „Qualifiziert“ zugelassen sind. Durch die Prüfung der Absaaten von Bestände und Samenplantagen in Feldversuchen kann die Richtigkeit solcher Selektionsentscheidungen bestätigt werden (SCHNECK 1989; KOHLSTOCK & SCHNECK 1992; KOHLSTOCK et al. 1996; RAU 2011). Auf diese Art und Weise sind bisher 19 Bestände und 16 Samenplantagen als Ausgangsmaterial für die Erzeugung von geprüftem Vermehrungsgut zugelassen worden. Im Durchschnitt erreichen Absaaten aus diesem Vermehrungsgut eine Mehrleistung im Höhenwachstum von 5 bis 10 % (Alter 10-20 Jahre).

Weiterhin wurden Konzepte zur Prüfung von Nachkommenschaften der selektierten Einzelbäume entwickelt und teilweise auch umgesetzt (LÜCKE 1951/52; STERN 1960; FRÖHLICH et al. 1967; WEISGERBER 1983). Zur Erzeugung der Nachkommenschaften wurde Saatgut aus gelenkten Kreuzungen aber auch aus freier Abblüte verwendet. Zielsetzung war es, Ausgangsbäume mit negativen Erbeigenschaften auszuschneiden und solche mit wertvollen Anlagen für den Aufbau von Hochzuchtsamenplantagen zu verwenden (WEISGERBER 1981). Allerdings wurden solche Samenplantagen bei der Kiefer in Deutschland bisher nicht angelegt. Die noch existierenden Nachkommenschaftsprüfungen können einen Ansatzpunkt für neue Züchtungsaktivitäten bilden.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgten die im Osten Deutschlands um 1970 entwickelten Konzepte zur Kreuzungszüchtung der Kiefer (LATTKE & BRAUN 1991; KOHLSTOCK & SCHNECK 1992; SCHNECK & KOHLSTOCK 1993; SCHNECK 2007). Ziel dieser Arbeiten war es durch intraspezifische Hybridisierungen von Bäumen mit deutlich unterschiedlicher Herkunft eventuelle Hybrideneffekte zu nutzen. Es ging um das Auffinden von Bäumen mit guter spezieller Kombinationseignung und nicht vorrangig um die Ermittlung des allgemeinen Erbwerts. Bei der Auswertung der entsprechenden Nachkommenschaftsprüfungen ergab sich für die besten Kombinationen eine deutliche Mehrleistung (8 - 18 %) im Höhenwachstum nach 10 Jahren. LATTKE & BRAUN (1991) berichteten sogar über Mehrleistungen von bis zu 35 % nach 16 Jahren im Vergleich zu Bäumen aus Handelssaatgut. Auch die Schaftform ließ sich deutlich verbessern. Im Bereich des nordostdeutschen Tieflands existieren noch mindestens zwölf Versuchsflächen im Alter zwischen 10 und 33 Jahren, auf denen etwa 360 Nachkommenschaften aus gelenkten Kreuzungen ausgepflanzt sind.

## **5.2 Zielmerkmale der Züchtung und Methode**

### **5.2.1 Voraussetzungen**

#### *5.2.1.1 Definition der Verwendungsgebiete (breeding zones)*

Zu Beginn der Züchtungsarbeiten muss klar sein, für welche Anbauggebiete gezüchtet werden soll. Wichtige Standortfaktoren wie Temperatur, Niederschlag und Höhenlage sowie die gegenwärtige und zukünftige Bedeutung der Baumart müssen bei der Abgrenzung von Verwendungsgebieten (Zucht-zonen) beachtet werden. Ein mögliches Vorgehen ist die Zusammenfassung von Herkunftsgebieten. Dabei gilt es bei der Höhenlage drei Zonen zu unterscheiden: das Tiefland (<250 m), das Hügelland (250-600 m) und das Bergland (>600 m). Züchtung wird dabei ausschließlich für die beiden ersten Höhenstufen betrieben, so dass effektiv drei Verwendungsgebiete existieren. Folgende Gruppen von Herkunftsgebieten sind denkbar:

- a) 851 01, 02, 03 und 04;
- b) 851 05, 13, 14, 15, 16, 19 und 21;
- c) 851 07, 09, 10, 12 und 17.

### 5.2.1.2 Zuchtziele

Wie bei anderen Baumarten auch steht die Wuchseistung im Vordergrund der Züchtungsaktivitäten mit Kiefer. Definiert wird die Wuchseistung üblicherweise durch die Baumhöhe und den Durchmesser (BHD). Wichtige Zuchtziele hinsichtlich der Qualität sind die Schaftform, Aststärke, Astlänge, Astwinkel und Anzahl der Äste.

Ein weiterer wichtiger Komplex sind Merkmale der Stabilität. Hierzu zählen die Überlebensrate sowie abiotische und biotische Resistenzen. Bei der abiotischen Resistenz spielt die Trockentoleranz für die Kiefer unter dem Aspekt von Klimaänderungen in der Zukunft die wichtigste Rolle. Eine weitere Verbesserung der Möglichkeiten zur Erfassung der physiologischen Parameter, die die Trockentoleranz bedingen, ist in diesem Zusammenhang wünschenswert.

Biotische Gefahren drohen der Kiefer vor allem durch Pilze (Schütte, Rost, *Diplodia*-Triebsterben) und Insekten. Holzeigenschaften wurden bisher in Deutschland bei der Züchtung der Kiefer kaum berücksichtigt. Zumindest die Holzdichte muss wegen der oft negativen Korrelation mit der Wuchseistung zukünftig stärker beachtet werden.

Um verschiedene Merkmale im Komplex erfassen zu können, bietet es sich an, Selektionsindizes zu verwenden. Für die Erarbeitung von Frühtestmethoden ist es wichtig, die Verbindung relevanter quantitativer und qualitativer Merkmale mit molekular-genetischen Markern zu kennen. Deshalb sollten entsprechende Untersuchungen ein neues Züchtungsprogramm begleiten.

Insbesondere bei fortgeschrittenen Zuchtprogrammen ist auf die Erhaltung einer ausreichenden genetischen Vielfalt und eine nicht zu enge Verwandtschaft zwischen den Mitgliedern der Zuchtpopulationen zu achten.

### 5.2.1.3 Zuchtpopulationen

Für jedes Verwendungsgebiet sind eigene Zuchtpopulationen aufzubauen. Die in der Vergangenheit angelegten Klonsammlungen stellen in diesem Zusammenhang eine wichtige Quelle dar. Gleiches gilt für die Samenplantagen. Besonders interessant sind Bäume, die ihren guten Erbwert bereits in Nachkommenschaftsprüfungen bestätigt haben oder sich noch in Prüfung befinden. Zusätzlich müssen neue Ausleseebäume in die Zuchtpopulationen integriert werden. Diese können in noch existierenden Versuchen, aber auch in Beständen selektiert werden. Unter dem Aspekt der Züchtung trocken-toleranter Kiefern sind Ausleseebäumen aus anderen Ländern, insbesondere von trockenen Standorten von Interesse. Für die Verbesserung der Qualität ist die Beteiligung von Kiefern osteuropäischer Herkunft an den Zuchtpopulationen wünschenswert. Insbesondere trifft dies zu, wenn es um die Ausnutzung möglicher Heterosiseffekte bei Interprovenienz-Kreuzungen geht.

Im Rahmen eines neuen Zuchtprogramms sollen die existierenden Klonsammlungen, Samenplantagen und diversen Versuchsflächen erfasst und auf ihre Eignung als Quelle für den Aufbau von Zuchtpopulationen geprüft werden. Dabei ist darauf zu achten, dass ausreichend neues Material in das Programm integriert wird.

## 5.2.2 Mögliches Vorgehen

Um im vorgegebenen Zeitraum von 15 Jahren zu neuen Ergebnissen bei der züchterischen Bearbeitung der Kiefer zu kommen, sollen die bereits vorhandenen Vergleichs- und Nachkommenschaftsprüfungen genutzt werden. Dabei ist zuerst eine Inventur dieser Versuche durchzuführen. Im Ergebnis dieser

Inventur wird sich zeigen, inwieweit diese Versuche beziehungsweise ihre bereits vorhandenen Ergebnisse verwertbar sind und in welchem Umfang neue Aufnahmen und Datenauswertungen notwendig sind.

Kurzfristig zu realisieren ist die erneute Auswertung vorhandener Vergleichsprüfungen. Ein entsprechendes Alter der Prüfversuche vorausgesetzt, kann bereits nach etwa drei Jahren eine Zulassung von Beständen oder Samenplantagen in der Kategorie „Geprüft“ erfolgen. Alles derzeit als „Geprüft“ zugelassene Vermehrungsgut der Kiefer in Deutschland ist auf diese Art entstanden. Es ist auch möglich, wenn die für die Vergleichsprüfung beernteten Bäume noch vorhanden sind (als Original oder in Klonsammlungen), mit Pfropflingen dieser Bäume Samenplantagen anzulegen. Insgesamt wird die Möglichkeit mit dieser Option neues Ausgangsmaterial zur Zulassung zu bringen, aber als gering eingeschätzt, da die meisten der Versuche älter als 20 Jahre sind und bereits eingehend ausgewertet wurden. Deshalb soll die Anlage neuer Vergleichsprüfungen in Erwägung gezogen werden. Sie stellt eine aussichtsreiche Option dar, da bisher nicht alle Samenplantagen in Prüfungen einbezogen wurden und es auch noch viele geeignete Bestände gibt. Dieses Vorgehen kann zu Ertragssteigerungen von 5 – 10 % führen.

Einen höheren züchterischen Gewinn als die positive Massenauslese (Prüfung von Bestandesabsaaten) verspricht die positive Individualauslese (10 - 30 %). Dabei sind verschiedene Vorgehensweisen denkbar (Abb. 5.3). In einem ersten Schritt sollen die vorhandenen Nachkommenschaftsprüfungen zur Ermittlung des Zuchtwerts und der Kombinationseignung von Ausleseebäumen für den Aufbau neuer Samenplantagen genutzt werden. Dabei kann es ausreichen die Daten von vergangenen Aufnahmen auszuwerten, wenn von den geprüften Bäumen noch Pfropflinge vorhanden sind. Allerdings konzentrieren sich die entsprechenden Nachkommenschaftsprüfungen auf eine Verwendungszone. Die Auswertung dieser Nachkommenschaftsprüfungen erlaubt die Abschätzung des Erbwerts und der Kombinationseignung der geprüften Ausleseebäume. Weiterhin werden Informationen über die Heritabilität der verschiedenen Merkmale, ihre genetische Korrelation untereinander sowie mögliche Genotyp-Umwelt-Wechselwirkungen gewonnen. Auf diese Art und Weise ist es relativ schnell möglich, einen züchterischen Gewinn für die Praxis verfügbar zu machen. Konkret kann nach 14 bis 16 Jahren Saatgut in einer auf dieser Basis entwickelten Samenplantage produziert werden. Solche Samenplantagen können auf zwei Wegen angelegt werden. Zum einen werden Bäumen mit einem hohen Zuchtwert und guter allgemeiner Kombinationseignung miteinander kombiniert. Dabei ist es möglich, auch größere Klonzahlen in den jeweiligen Samenplantagen zu verwirklichen, wenn ausreichend geeignete Bäume zur Verfügung stehen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, Samenplantagen aus Pfropflingen von jeweils zwei Bäumen mit guter spezieller Kombinationseignung aufzubauen (Familieneltern). Durch dieses Vorgehen werden auch nicht additive Geneffekte genutzt. Um eine ausreichende genetische Vielfalt zu gewährleisten, sollen mehrere solcher Bi-Klonsamenplantagen gleichzeitig aufgebaut werden. Dabei brauchen die Einzelplantagen nicht groß zu sein. Eine Mischung des Vermehrungsguts mehrerer solcher Plantagen kann sinnvoll sein.

5. Züchtungsstrategie Kiefer

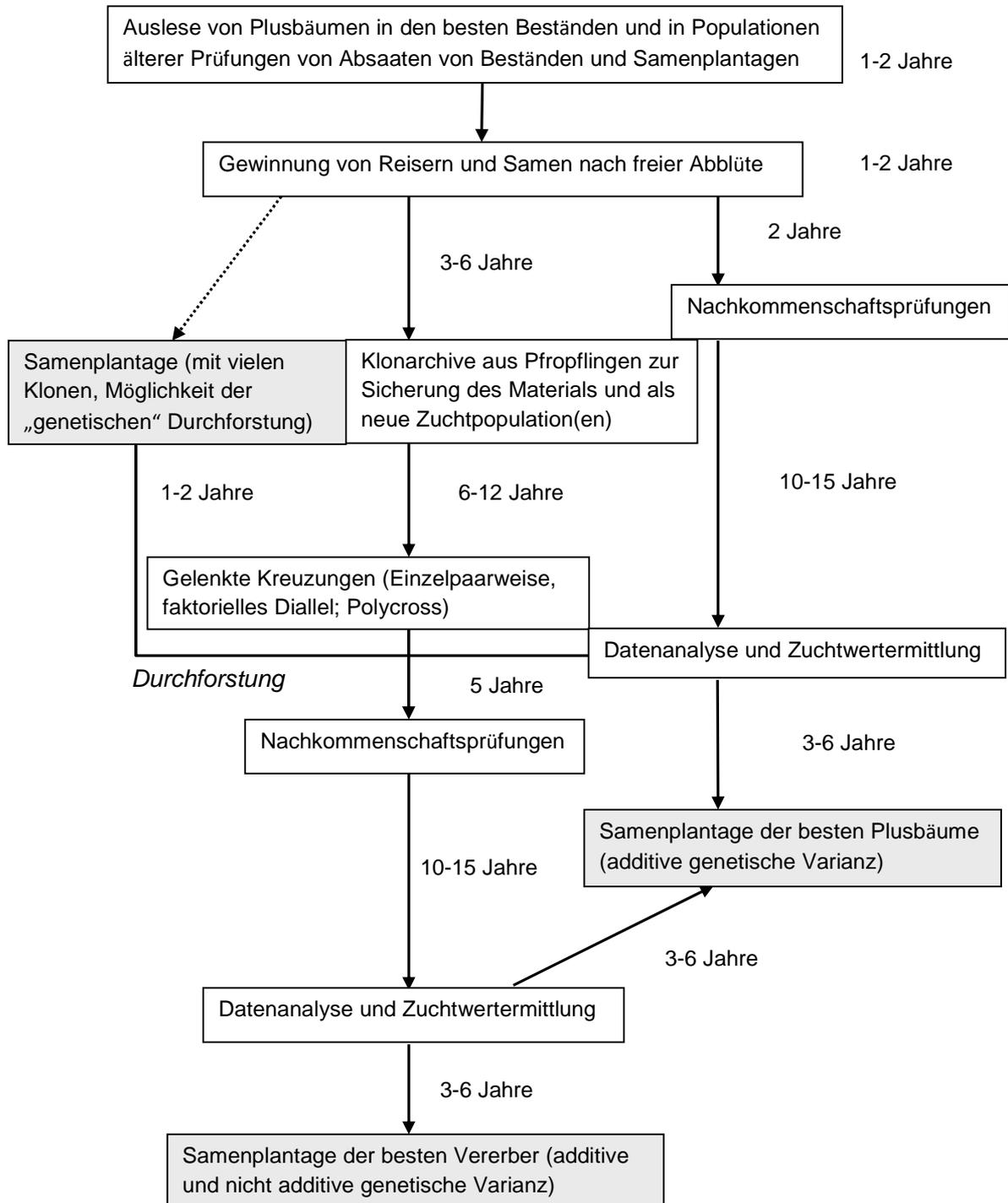


Abb. 5.3: Positive Individualauslese mit Nachkommenschaftsprüfung

Parallel dazu ist es notwendig, neue Plusbäume auszulesen und in Klonarchiven zu sichern. Dabei sollen gezielt Bäume in älteren Herkunftsversuchen bzw. Vergleichs- und Nachkommenschaftsprüfungen selektiert werden. Vermehrungsgut aus Samenplantagen, die mit Pfropflingen dieser Bäume aufgebaut werden, lässt einen deutlichen Mehrertrag erwarten. Geht man davon aus, dass die Auswahl der Ausleseebäume und die Anlage einer Samenplantage fünf bis acht Jahre beanspruchen und bis zur ausreichenden Fruktifikation der Plantage noch einmal acht bis zehn Jahre vergehen, kann bei dieser Variante nach 13 bis 15 Jahren mit größeren Mengen Vermehrungsgut gerechnet werden. Zeitgleich mit der Anlage der Samenplantagen muss eine Prüfung der Nachkommenschaften der ausgewählten Bäume erfolgen. Liegen dann die Ergebnisse dieser Prüfung vor (nach 10 bis 15 Jahren) kann eine Durchforstung der Samenplantage dahingehend erfolgen, dass Klone mit schlechtem Zuchtwert entfernt werden. Damit eine entsprechende Durchforstung durchgeführt werden kann, muss die anfängliche Klonzahl ausreichend groß gewählt werden (60 bis 100). Natürlich kann mit der Anlage von Samenplantagen auch gewartet werden, bis die Ergebnisse der Nachkommenschaftsprüfungen vorliegen. Allerdings verlängert sich so die Zeitdauer bis verbessertes Vermehrungsgut produziert werden kann deutlich (insgesamt etwa 30 Jahre).

### **5.3 Notwendige Ressourcen zur Umsetzung**

#### **5.3.1 Infrastruktur**

Für die Realisierung eines Zuchtprogramms für die Kiefer ist eine Reihe von infrastrukturellen Voraussetzungen zu erfüllen.

- Klonsammlungen, Samenplantagen und Versuchsflächen
- Personelle und technische Voraussetzungen für die Versuchsauswertung
- Möglichkeit zur Gewinnung von Pfropfreisern und Saatgut
- Personelle und technische Voraussetzungen für die Durchführung von Kreuzungsarbeiten
- Anzuchtkapazitäten für Pfropflinge und Pflanzen aus Saatgut (Gewächshaus, Baumschule)
- Geeignete Flächen für die Anlage von Klonsammlungen, Samenplantagen und Nachkommenschaftsprüfungen (ausreichend homogen, gut bearbeitbar usw.)
  - Zukünftig verstärkte Nutzung von Einzelpflanzenparzellen oder Parzellen mit geringer Pflanzenzahl bei Nachkommenschaftsprüfungen – Möglichkeit der Prüfung vieler Nachkommenschaften in einem Versuch
  - Vergleichsprüfungen wie bisher mit größeren Parzellen

#### **5.3.2 Arbeits- und Zeitplan**

Die konkrete Arbeitsplanung ist abhängig davon, welches Vorgehen gewählt wird. Wie bereits erwähnt, können durch die erneute Auswertung der vorhandenen Vergleichsprüfungen am schnellsten Ergebnisse erzielt werden (3 Jahre). Das Hauptaugenmerk soll aber auf der Zuchtwertermittlung von Ausleseebäumen anhand bestehender Nachkommenschaftsprüfungen liegen. Dabei werden die Arbeiten auf eine Verwendungszone konzentriert. Der Aufbau von Samenplantagen ist somit innerhalb von zehn Jahren möglich. Dabei soll die Anlage von drei Samenplantagen mit 30 bis 40 Klonen auf etwa je 3 ha angestrebt werden. Zusätzlich wird der Aufbau von bis zu zehn kleinen Samenplantagen (0,3 ha) aus jeweils zwei Auslesebaumklonen mit guter spezieller Kombinationseignung angestrebt.

In allen Verwendungszonen erfolgt die Auslese von 200 bis 600 Plusbäumen, wobei ein Schwerpunkt auf der Selektion innerhalb älterer Versuchsflächen liegen soll. Für jede Zuchtzone wird mindestens ein Klonarchiv aufgebaut. In zwei Zuchtzonen werden je zwei bis drei Samenplantagen mit hohen Klonzahlen angelegt. Zeitgleich erfolgt die Nachkommenschaftsprüfung der entsprechenden Ausleseebäume.

Weiterhin sind neue Versuche zur Vergleichsprüfung von Absaaten von bisher nicht geprüften Samenplantagen und Beständen anzulegen. Dabei sollen in drei Verwendungszonen jeweils zwei Versuche mit 30 bis 50 gemeinsamen Prüfgliedern angelegt werden (je Fläche 1,2 - 1,5 ha). Diese Maßnahme kann nach erfolgter Evaluierung der bestehenden Prüfversuche begonnen werden.

### 5.3.3 Budgetabschätzung

Die Gesamtkosten für die Züchtungsstrategie der Kiefer belaufen sich für einen Zeitraum von 15 Jahren auf etwa 4,5 Mio. €. Davon entfallen etwa 1,3 Mio. € auf Eigenleistungen (Tabelle 5.2), die etwa 30 % der Gesamtkosten ausmachen. 3,1 Mio. sind durch Förderung zu ergänzen (Tabelle 5.3). Das entspricht einer jährlichen Förderung von etwa 207.000 € (Tabelle 5.4).

Tabelle 5.2: Zusammenstellung der Eigenleistung

Art der Eigenleistung	Erläuterung	Kosten/Jahr	Kosten
Wissenschaftliche Betreuung	Wissenschaftler (50 %) zur Anleitung und Koordinierung der wissenschaftlichen Arbeiten einschließlich der Labornutzung	40.000 €	600.000 €
Technische Betreuung	Technische Assistenz (50 %) zur technischen Anleitung und Koordinierung der Arbeiten einschließlich der Laborkapazitäten	25.000 €	375.000 €
Nutzung vorhandener Anzucht- und Gewächshausflächen	Anteilige Nutzung von vorhandenem Personal in den Baumschulen und der vorhandenen Anzucht- und Gewächshausflächen mit der vorhandenen Infrastruktur	12.000 €	180.000 €
Nutzung der forstlichen Infrastruktur	Förster / Forstwirte zur Flächenbewirtschaftung (z. B. Bereitstellung, Anlage, Pflege)	7.000 €	105.000 €
Übertragung der Ergebnisse in die Praxis	Überarbeitung von Herkunftsempfehlungen, Förderrichtlinien	3.000 €	45.000 €
Summe		87.000 €/Jahr	<b>1.305.000 €</b>

Tabelle 5.3: Schätzung der durch Förderung zu deckenden Kosten bei der Kiefer (Zeithorizont 15 Jahre)

Maßnahme	Erklärung	Anzahl Einheiten	Kosten je Einheit	Gesamtkosten in €
Auswahl von Zuchtbäumen	Je Zuchtzone einige hundert Bäume (200-600) aus bereits bestehenden Klonsammlungen und Samenplantagen sowie älteren Versuchsflächen und Beständen	1.400 Bäume	250 €/Baum	350.000 €
Anlage von Klonarchiven	1-2 je Zuchtzone mit 200-600 Klonen (je 5-6 ha), insg. 5 Archive à 400 Klone	2.000 Klone	125 € / Klon	250.000 €
Evaluierung vorhandener Vergleichsprüfungen	nochmalige Aufnahme und Auswertung der bereits bestehenden Vergleichsprüfungen mit dem Ziel der Zulassung von geprüftem Vermehrungsgut	ca. 15 ha	10.000 €/ha	150.000 €
Bestimmung von Zuchtwert und Kombinationseignung von bereits in Prüfungen befindlichen Ausleseebäumen	Aufnahme und Auswertung von Nachkommenschaftsprüfungen mit dem Ziel der Identifizierung von Kandidaten zur Anlage von Samenplantagen	ca. 17 ha	15.000 €/ha	250.000 €
Anlage von Samenplantagen	13 Samenplantagen in einer Zuchtzone (ca. 13 ha, 4.000 Pflöplinge); zusätzlich 5 Samenplantagen in den anderen beiden Zuchtzonen (ca. 15 ha, 5.000-6.000 Pflöplinge)	27,5 ha	40.000 €/ha	1.100.000 €
Anlage von Vergleichs- und Nachkommenschaftsprüfungen	11 Prüfflächen (à 1 ha) je Zuchtzone	33	30.000 €/ha	1.000.000 €
<b>Gesamt</b>				<b>3.100.000 €</b>

Tabelle 5.4: Verteilung der Förderung (Tsd. €) auf einen Zeitraum von 15 Jahren

	Jahr															Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Ki	210	310	340	250	220	340	340	350	280	170	50	0	40	110	90	3.100

## 5.4 Literatur

- ANDERSSON B, ELFVING B, ERICSSON T, PERSSON T, GREGORSSON B (2003): Performance of improved *Pinus sylvestris* in northern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research 18, 199-206
- BLE (2013): Zusammenstellung über Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: 01.07.2013)
- ERIKSSON G (2008): *Pinus sylvestris* - Recent genetic research. Department of Plant Biology and Forest Genetics, Genetic Center, SLU, Uppsala, Sweden, 115 S.
- FRÖHLICH HJ, BAUMEISTER G, GROSSCURTH W, WEISGERBER H (1967): Untersuchungen zur Erbwertprüfung von Samenplantagen. XIV. IUFRO-Kongreß München, Bd. III, 467-490

## 5. Züchtungsstrategie Kiefer

- JANSSON G (2007): Gains from selecting *Pinus sylvestris* in southern Sweden for volume per hectare. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22, 185-192
- KOHLSTOCK N, SCHNECK H (1992): Scots pine breeding (*Pinus sylvestris* L.) at Waldsieversdorf and its impact on pine management in the north-eastern German lowland. *Silvae Genetica* 41, 174-180
- KOHLSTOCK N, SCHNECK V, SCHNECK H (1996): Kiefern-Bestandesnachkommenschaftsprüfung Waldsieversdorf von 1975. *AFZ/DerWald* 51, 764-766
- KRAKAU U-K, LIESEBACH M, ARONEN T, LELU-WALTER M-A, SCHNECK V (2013): Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). In: PAQUES LE (ed.): *Forest Tree Breeding in Europe*. Springer-Verlag, 267-323
- LATTKE H, BRAUN H (1991): Auswertungsergebnisse eines Versuchsanbaus von Kiefern-Kreuzungsnachkommenschaften im StFB Gera nach 16jähriger Standzeit. *Beiträge für die Forstwirtschaft*. 25, 93-99
- LEE SJ (1999): Genetic gain from Scots pine: Potential for new commercial seed orchards. *Information Note*, Forestry Commission, Edinburgh, July 1999, 4 S.
- LÜCKE H (1951/52): Züchtungsversuche mit Kiefer (*Pinus sylvestris*) und Lärche (*Larix decidua* Miller) in Niedersachsen. *Zeitschrift für Forstgenetik* 1, 74-77
- RAU H-M (2011): Leistungen und Qualitätseigenschaften von nordwestdeutschen Kiefernbeständen (*Pinus sylvestris* L.). *Mitteilungen FAWF*, Nr. 69/11, 238 S.
- SCHNECK H (1989): Methodische Fragen forstpflanzenzüchterischer Versuche am Beispiel des 1975 angelegten Kiefernleistungsprüfungsversuches unter besonderer Berücksichtigung der Sortenerkennung. *Diss. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR*, 101 S.
- SCHNECK H, KOHLSTOCK N (1993): Ergebnisse eines 10jährigen Anbauversuchs mit Nachkommenschaften aus gelenkten Kreuzungen zwischen Ausleseebäumen der Gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris* L.). *Beiträge f. Forstwirtschaft und Landschaftsökologie* 27, 52-55
- SCHNECK V (2007): Ergebnisse und Perspektiven der Kreuzungszüchtung bei der Kiefer im nordostdeutschen Tiefland. In Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg.): *Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland - Ökologie und Bewirtschaftung*. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXXII, 407-413
- STERN K (1960): Plusbäume und Samenplantagen. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/M., 116 S.
- WEISGERBER H (1981): Forstpflanzenzüchtung in Hessen. *Allg. Forstzeitung*, Wien, Folge 8
- WEISGERBER H (1983): Forstpflanzenzüchtung. *Mitt. der Hessischen Landesforstverwaltung* Bd 19, 104 S.



## 6. Züchtungsstrategie Eiche (*Quercus* L.)

In Deutschland sind wie in ganz Mitteleuropa *Quercus robur* L. (Stiel-Eiche) und *Q. petraea* (Matt.) Liebl. (Trauben-Eiche) einheimische waldbildende Arten, denen eine große ökologische und waldbauliche Bedeutung zukommt. Aufgrund der nacheiszeitlichen Besiedlungsgeschichte und der edaphischen sowie klimatischen Standortfaktoren hätten die Stiel- und die Trauben-Eiche heute einen Anteil von 22 % an der potenziell natürlichen Vegetation Deutschlands. Nach den Ergebnissen der zweiten Bundeswaldinventur bilden die beiden Eichenarten auf einer Waldfläche von etwa 1 Mio. ha (9,6 %) den Hauptbestand (Abb. 6.1).

Der deutlich geringere Anteil an der aktuellen Bestockung hat seine Ursachen u. a. in der Dominanz von Nadelholzreinbeständen auf potenziellen Eichenstandorten sowie in dem Habitatverlust von Hartholzauen. Alle Landesforstverwaltungen Deutschlands verfolgen daher das Ziel, den Eichenanteil im Rahmen des Waldumbaus von Nadelholzreinbeständen zu erhöhen. Neben der Übernahme von Naturverjüngung erfolgt dies zumeist durch Voranbau mit Pflanzung oder Saat unter dem Altholzschirm.



Abb. 6.1: Eichenverbreitung in Deutschland (Quelle: BWI2, Thünen-WO, 14.10.2013)

## 6.1 Status quo der Züchtung

### 6.1.1 Bisherige Züchtung im Ausland

Eiche wurde auch im Ausland bislang nicht intensiv züchterisch bearbeitet. Aktivitäten beschränkten sich auf die Auswahl von Erntebeständen und von Plusbäumen für den Samenplantagenaufbau. Ein Beispiel für ein vergleichsweise intensives Programm stellt das 1993 begonnene britisch-irische Züchtungsprogramm für Laubbäume dar (CLARK & HEMERY 2009), in dessen Rahmen auch die Eiche bearbeitet wird (HUBERT & SAVILL 1999). Grundlage des Programms ist die Auswahl von Plusbäumen und die Anlage von Sämlings-Samenplantagen aus Absaaten dieser Plusbäume. Eine weitere Selektion zwischen den Plusbaumabsaaten ist vorgesehen, weshalb die Anlagen auch als BSO (breeding seedling orchard, „Züchtungs-Sämlings-Samenplantage“) bezeichnet werden. Bemerkenswert ist, dass bei der Plusbaumauswahl und Flächenanlage sowohl Stiel- als auch Trauben-Eiche sowie Hybriden ausgewählt wurden. Eine Durchforstung auf artreine Plantagen ist erst in späteren Phasen angedacht. Bei der Plusbaumauswahl wurde außerdem auf einen geringen Splintanteil sowie auf geringe Dimension der Frühholzgefäße geachtet, da es Hinweise gibt, dass diese Merkmale mit der Neigung zu Stammrissen korrelieren und stark erblich bedingt sind. Für die Zukunft ist die Möglichkeit der Vegetativvermehrung von hochwertigen Sämlingen angedacht.

### 6.1.2 Bisherige Züchtung in Deutschland

Bislang hat im Wesentlichen nur Bestandesauswahl und in geringem Umfang auch Plusbaumauswahl für Samenplantagen (KLEINSCHMIT et al 1975a) stattgefunden (Tabelle 6.1). Für die Trauben-Eiche sind auf der Grundlage des FoVG in Deutschland 13 Herkunftsgebiete und für die Stiel-Eiche 9 Herkunftsgebiete ausgewiesen (Abb. 6.2). Genetische Untersuchungen wurden vorrangig zur allgemeinen populationsgenetischen Charakterisierung durchgeführt, vor allem unter dem Aspekt der Artunterscheidung von Stiel- und Trauben-Eiche. Besondere Aufmerksamkeit galt dem Problem der Hybridisierung (DENGLER 1941; RUSHTON 1978, 1979, 1993; AAS 1988, 1991; KLEINSCHMIT et al. 1995a, b; SCHÜTE 1995; STEINHOFF 1993, 1998; HERTEL & DEGEN 2000). In diesem Zusammenhang wurden auch gelenkte Kreuzungen durchgeführt, Züchtungsprogramme entstanden daraus jedoch nicht. Auch Forschungsansätze zu genetischen Untersuchungen anpassungsrelevanter Merkmale wie dem Austriebsverhalten (GAILING et al. 2005) mündeten nicht in Züchtungsprogramme.

Tabelle 6.1: Übersicht über zugelassenes Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut (BLE 2013)

Kategorie Ausgangsmaterial	„Ausgewählt“		„Qualifiziert“		„Geprüft“			
	Erntebestände		Samenplantagen		Erntebestände		Samenplantagen	
Baumart	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl	red. Fläche [ha]	Anzahl	red. Fläche [ha]
Trauben-Eiche	2.526	30.054	-	-	13	243	1	1
Stiel-Eiche	1.954	9.655	6	14	3	17	-	-

## 6. Züchtungsstrategie Eiche

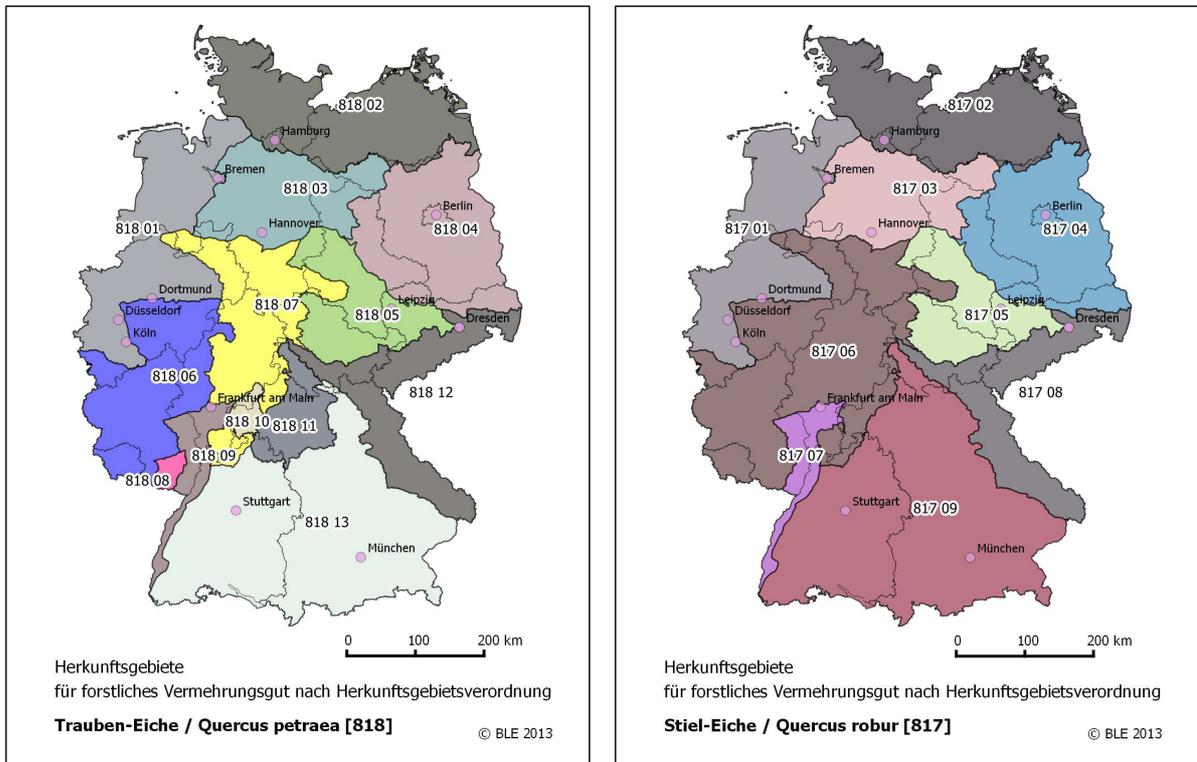


Abb. 6.2: Herkunftsgebiete: Trauben-Eiche (links) und Stiel-Eiche (rechts)

Die Auswahlmerkmale (Züchtungsmerkmale) sind bei Eiche vorrangig Qualitätsmerkmale wie Formigkeit (geradschaftiger Stamm, zwieselreie und wipfelschäftige Krone), aber auch geringe Neigung zur Wasserreiserbildung; außerdem Vitalitäts- und Gesundheitszustand sowie Wuchsleistung (Höhenwachstum), Austriebszeitpunkt und Fraßgesellschaft.

Die bisherigen Erfahrungen und Erkenntnisse zeigen, dass die relevanten Merkmale einer genetischen Kontrolle unterliegen und dass die Plusbaumauswahl für Samenplantagen zu besseren Nachkommen führt. Aber nur in einem Fall wurde eine Samenplantage für die Gewinnung von geprüftem Vermehrungsgut zugelassen. Es gibt auch bei Eiche eine Reihe von vorhandenen Herkunfts-, Nachkommenschafts- und sogar Klonprüfungen, die bei Züchtungsaktivitäten einbezogen werden könnten.

Es gibt umfangreiche Vorarbeiten zur Vegetativvermehrung der Eichen, sowohl mikrovegetativ (MEIER-DINKEL 1987, 1993; MEIER-DINKEL & ELSNER 1995) als auch über Stecklinge (SPETHMANN 1986, 1988; Kleinschmit et al 1975b). Beide Methoden funktionieren, zur Erzeugung von forstlich verwendbarem Pflanzenmaterial ist jedoch in beiden Fällen nur juveniles Ausgangsmaterial brauchbar, also entweder junge Sämlinge oder durch regelmäßigen Rückschnitt juvenil gehaltene Stecklingsmutterpflanzen oder ausreichend rejuveniliertes adultes Ausgangsmaterial. Dabei ist noch nicht sicher geklärt, wie lange ein Stecklingsmutterquartier ausreichend juvenil erhalten werden kann und wie sicher und mit welchem Zeitaufwand adultes Ausgangsmaterial rejuveniliert werden kann. Die Versuche wurden eingestellt, bevor vegetativ vermehrtes Material zugelassen werden konnte.

Besondere Aufmerksamkeit galt der slawonischen Eiche, einer speziellen Herkunft der Stiel-Eiche. Sie zeigt auffallend gute Stammformen und einen späteren Austrieb, wodurch sie regelmäßig von der

Eichenfraßgesellschaft verschont bleibt, was sich vorteilhaft auf Vitalität und Wuchsleistung auswirkt. Auch hier zeigen sich die genetische Komponente relevanter Merkmale und die grundsätzliche Möglichkeit eines erfolgreichen züchterischen Ansatzes (z. B. WACHTER 2011).

## **6.2 Zielmerkmale der Züchtung und Methode**

### **6.2.1 Zuchtziele**

Vorrangiges Zuchtmerkmal ist bei beiden Eichenarten die Schaftqualität. Bei der Auswahl und Bearbeitung von Zuchtmaterial ist selbstverständlich auch auf die Wuchsleistung (i. d. R. als Höhenwuchsleistung) und die Vitalität (Gesundheitszustand) zu achten. Generell kann davon ausgegangen werden, dass gute Formeigenschaften und hohe Vitalität nicht negativ mit der Wuchsleistung korreliert sind, auch wenn sich in Einzelfällen solche negativen Korrelationen zeigen, wie z. B. bei einigen sehr wüchsigen Herkünften in einer niedersächsischen Prüfung der Stiel-Eiche.

In wie weit andere Merkmale, wie Durchmesser der Frühholzgefäße und Splintanteile, berücksichtigt werden sollten, bedarf noch einer genaueren Überprüfung zumindest der einschlägigen Literatur. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese Merkmale positiv mit der Jahrringbreite und damit mit der Wuchsleistung und diese wiederum mit der Neigung zu Stammrissen einhergeht. Keinesfalls sollte man eine Selektion auf schwächere Wuchsleistung in Kauf nehmen, denn eine evtl. erwünschte schmalere Jahrringbildung des Einzelbaums auf wüchsigen Standorten lässt sich auch durch waldbauliche Maßnahmen wie Grad der Freistellung erreichen, die Leistungskapazität würde sich dann in der Flächenproduktivität widerspiegeln.

Ein bei der Eiche immer wieder beachtetes Merkmal ist das Austriebsverhalten. Dabei scheinen spät austreibende Eichen einen Vorteil gegenüber der Fraßgesellschaft, insbesondere dem Eichenwickler, zu haben und sie sind weniger durch Spätfröste gefährdet. Aber ein späterer Austrieb mag auch zu Lasten der Wuchsleistung gehen, da nicht die maximale Wachstumszeit ausgenutzt wird.

Unter dem Aspekt des Klimawandels dürfte die Trauben-Eiche mit ihren geringeren Ansprüchen an die Wasserversorgung gegenüber der Stiel-Eiche insgesamt an forstlicher Bedeutung gewinnen. Vorrang für eine züchterische Bearbeitung sollte daher der Trauben-Eiche zukommen, wobei die Stiel-Eiche nicht ganz vernachlässigt werden sollte. Nach den bisherigen Erkenntnissen ist die Stiel-Eiche eine typische Baumart der Auengesellschaften und spezialisiert auf sehr nährstoffreiche Standorte. Die in Frage kommenden Standorte sind flächenmäßig viel kleiner als die der Trauben-Eiche. Außerdem dürften sie zu einem großen Anteil unter naturschutzrechtlichen Vorgaben stehen, meist mit Vorrang für Erhaltung und natürliche Dynamik.

### **6.2.2 Möglichkeiten der Nutzbarmachung**

- (a) Bewirtschaftungskonzept für Saatgutbestände: Saatgutgewinnung geht vor Holzernte, keine Entnahme von Zielstärken und Wertholz; bei den langen Umtriebszeiten der Eiche eher durchführbar als bei anderen Baumarten. Angesichts der unterschiedlichen Ansprüche von Stiel- und Trauben-Eiche sollte eine sichere Artbestimmung in allen beernteten Saatgutbeständen die Regel sein.

- (b) Nutzung der hohen Variabilität innerhalb der Bestände: Abkehr von Bestandespernten, Konzentration auf Beerntung der besten Einzelbäume, ggf. Anpassung des FoVG, Erntezulassungsregister mit Erntebäumen statt Beständen; Behandlungskonzept für Saatgut**bäume** und deren Umgebung.
- (c) Zuchtpopulationen und Samenplantagen: Trotz der langen Generationsdauer können Eichen-Pfropflinge von adulten Bäumen bereits nach knapp 20 Jahren fruktifizieren. Außerdem dürfte der selektive Effekt der Plusbaumauswahl bei dieser Baumart sehr groß sein, da die Heterogenität innerhalb der Bestände (insbesondere hinsichtlich der Qualität) meist sehr groß ist. Nachteilig ist die geringe Anzahl an Samen bzw. Sämlingen, die diese Baumart je Hektar produziert.
- (d) Nachkommenschaftsprüfungen zur züchterischen Weiterbearbeitung von Samenplantagen: Sowohl die Auswertung vorhandener Versuche auch die Anlage neuer Versuche ermöglichen eine Identifikation besonders leistungsfähiger Plusbäume.
- (e) Vegetativvermehrung: Hierzu gibt es bereits umfangreiche Vorarbeiten zur Stecklingsvermehrung, die Methode scheint grundsätzlich realisierbar. Die Vorteile liegen in der Möglichkeit, hervorragende Genotypen fast beliebig oft in identischen Kopien herstellen zu können, der Züchtungsgewinn könnte beträchtlich sein. Außerdem würde durch die Vegetativvermehrung die derzeit immer noch bestehende Abhängigkeit von Mastjahren gemildert. Der technische Aufwand wäre allerdings beträchtlich und es scheint unsicher, ob die Methode der Stecklingsvermehrung in den Baumschul-sektor übertragen werden kann und ob die zwangsläufig höheren Pflanzenkosten vom Markt akzeptiert werden. Daher wird auf diese Möglichkeit nur grundsätzlich hingewiesen, ggf. liegen Konzeptskizzen für einen Neueinstieg in die Stecklingsvermehrung bei der NW-FVA vor.

## 6.3 Notwendige Ressourcen zur Umsetzung

### 6.3.1 Maßnahmen der Umsetzung

**Maßnahmen zu (a)** sind ohne besondere Infrastruktur und ohne zusätzliche Mittel realisierbar. Vorschläge für Erlasse bzw. Dienstanweisungen können durch Stammpersonal der Versuchsanstalten erstellt werden, die Umsetzung erfolgt durch Verwaltung und Betriebe. Ein Minderertrag durch evtl. Nutzungsverzicht muss durch Forstbetriebe und Erntefirmen aufgefangen und über Erntepachten und Saatgutpreise kompensiert werden.

Der Zeitbedarf für übliche Verwaltungsvorgänge ist relativ gering.

Kostenansatz für konzeptionelle Erarbeitung von Behandlungskonzepten, Betreuung von Demonstrationsobjekten zur Umsetzung: Personal- und Reisekosten, insgesamt ca. 2 Personenjahre h.D. mit 150 Reisetagen.

Für **Maßnahmen zu (b)** gilt grundsätzlich Gleiches wie zu (a), allerdings scheinen Begleituntersuchungen zur Abschätzung des „Fremdsamen“-Anteils bei der Plusbaumbeerntung und Maßnahmen zu dessen Minimierung unerlässlich. Außerdem müsste über Versuchsanlagen der Nachweis geführt werden, dass dieses Vorgehen tatsächlich wirksam ist. Die Ernte würde wegen des nur noch geringen Saatgutaufkommens pro Hektar erheblich aufwändiger. Um Einzelbäume möglichst effektiv beernten zu können, sind wahrscheinlich Schüttler als Alternative zur Bodensammlung einzusetzen. Der Zeitbedarf für übliche Verwaltungsvorgänge ist relativ gering, eventuell ist eine Anpassung des FoVG erforderlich.

Bei einer Zusammenarbeit mit den Darren beschränkt sich der Aufwand im Wesentlichen auf die Anlage von (vereinfachten) Versuchen und deren Aufnahmen und Auswertungen. Werden für vereinfachte

Versuche die Plusbaumabsaaten nicht getrennt gehalten, sondern nach bestimmten Maßgaben gemischt (z.B. nach HKG, ÖGE, Standortstypen), so würde über mehrere Erntejahre bei Berücksichtigung unterschiedlicher Plusbaumauswahlen jährlich etwa 2 bis 3 ha Versuchsfläche (pro Versuchsanstalt) ausreichen. Der versuchsbedingte Mehraufwand könnte bei Kooperation mit den Forstämtern (Praxisversuche) auf ca. 5.000 €/ha beschränkt werden. Bei 30 ha Versuchsfläche (Anlage über mehrere Jahre und durch mehrere Versuchsanstalten) ergeben sich im einfachsten Fall also Anlagekosten von 150.000 €, dazu kommen die mehrmaligen Aufnahmen und Auswertung, insgesamt ca. 2 Personenjahre g.D. und Reisekosten plus 0,5 Jahre h.D.

Als **Maßnahmen zu (c)** werden 3 Mutterquartiere (Klonarchive, Zuchtpopulationen) vorgeschlagen, 2 für Trauben-Eiche und 1 für Stiel-Eiche, jeweils etwa 300 Plusbäume. Außerdem 3 Samenplantagen (2 für Trauben-Eiche und 1 für Stiel-Eiche) mit je 100 Klonen in 10-facher Wiederholung.

Die **Maßnahmen nach (d)** umfassen die Anlage von Nachkommenschaftsprüfungen (Einzelbaumabsaaten von Plusbäumen auf bereits fruktifizierenden Samenplantagen), um eine Weiterentwicklung zu einer Hochzucht-Samenplantage zu ermöglichen.

Bei den verschiedenen Arbeitsschritten sind auch begleitende genetische Untersuchungen erforderlich, so bei der Auswertung alter Versuche, insbesondere von Nachkommenschaftsprüfungen zur sicheren Zuordnung von Nachkommen und Mutterklon, zur genetischen Unterscheidung von Stiel- und Trauben-Eiche sowie zur Überprüfung der Effizienz von Einzelbaumberntungen. Mit Mikrosatelliten als genetischen Markern (ca. 25 € je Probe) und insgesamt 10.000 Untersuchungen belaufen sich die Kosten auf 250.000 €.

Der Aufwand für die (Wieder-)Etablierung der **Stecklingsvermehrung (e)** ist schwer kalkulierbar. Hier wären auf jeden Fall mehrjährige Projekte mit technischer und wissenschaftlicher Ausstattung erforderlich. Im Rahmen des vorliegenden Konzeptes wird sie nicht weiter verfolgt.

### 6.3.2 Budgetabschätzung

Die Gesamtkosten für die Züchtungsstrategie bei den Eichen belaufen sich für einen Zeitraum von 15 Jahren auf etwa 3,3 Mio. €. Davon entfallen etwa 1,0 Mio. € auf Eigenleistungen, was 70.000 € jährlich bedeutet (Tabelle 6.2). 2,2 Mio. sind durch Förderung zu ergänzen (Tabelle 6.3). Das entspricht einer jährlichen Förderung von im Mittel 182.000 € (Tabelle 6.4).

## 6. Züchtungsstrategie Eiche

Tabelle 6.2: Zusammenstellung der Eigenleistung

Art der Eigenleistung	Erläuterung	Kosten/Jahr	€ insges.
Wissenschaftliche Betreuung	Wissenschaftler (25 %) zur Anleitung und Koordinierung der wissenschaftlichen Arbeiten einschließlich der Labornutzung	20.000 €	300.000 €
Technische Betreuung	Technische Assistenz (50 %) zur technischen Anleitung und Koordinierung der Arbeiten einschließlich der Laborkapazitäten	22.500 €	337.500 €
Nutzung vorhandener Einrichtungen	Anteilige Abschreibung von Anzuchtflächen, Gewächshäusern, Labors einschl. Betreuung durch Stammpersonal	15.000 €	225.000 €
Nutzung der forstlichen Infrastruktur	Förster 7 Forstwirte zur Flächenbewirtschaftung (z. B. Bereitstellung, Anlage, Pflege)	10.000 €	150.000 €
Übertragung der Ergebnisse in die Praxis	Herkunftsempfehlungen, Schulungen, Aufbereitung von Infomaterial	2.000 €	30.000 €
<b>Summe</b>		<b>69.500 €/Jahr</b>	<b>1.042.500 €</b>

Tabelle 6.3: Schätzung der zusätzlichen Kosten für ein Züchtungsprogramm Eiche mit einer Laufzeit von 15 Jahren

Maßnahme	Erläuterung	Anzahl	Kosten/Einheit	Gesamtkosten
Konzept Saatgutbestände (Auswahl und Bewirtschaftung)	Vor allem Personal- und Reisekosten, gleichzeitig Vorauswahl von Plusbäumen)	ca. 2,5 Jahre	70.000 €/Jahr	180.000 €
	Bestimmung der Artanteile von Stiel- und Trauben-Eiche	500	200 €/Bestand	100.000 €
Evaluierung vorhandener Flächen	Samenplantagen, Nachkommenschaftsprüfungen, Stecklingsversuche	10	10.000 €/ha	100.000 €
Beerntung von Plusbäumen (statt Beständen)	Konzeption, Auswahl	1 Jahr	60.000 €/Jahr	60.000 €
	Beerntung	125 Bäume	200 €/Baum	25.000 €
	Anlage von Praxisversuchen	30 ha	5.000€/ha	150.000 €
	Aufnahmen und Auswertungen	ca. 2,5 Jahre	60.000 €/Jahr	160.000 €
Auswahl von Plusbäumen für Basispopulationen	Plusbaumauswahl erfolgt in Kombination mit dem Konzept für Erntebestände (geringerer Ansatz je Einheit)	900	150 €/Baum	135.000 €
Anlage von Klonarchiven	3 Klonarchive zur Sicherung (je 1 ha)	3 ha	50.000 €/ha	150.000 €
Anlage von SP	3 SP (à 4 ha)	12 ha	50.000 €/ha	600.000 €
Anlage NKP	4 NKP (à 2 ha)	8 ha	40.000 €/ha	320.000 €
Genetische Untersuchungen		10.000	25 €/Probe	250.000 €
<b>Summe</b>				<b>2.230.000 €</b>

Tabelle 6.4: Verteilung der Fördermittel (Tsd. €) auf einen Zeitraum von 15 Jahren

	Jahr															Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Ei	310	330	160	370	330	320	170	50	80	20	20	20	20	15	15	2.230

## 6.4 Literatur

- AAS G (1988): Untersuchungen zur Trennung und Kreuzbarkeit von Stiel- und Traubeneichen (*Quercus robur* L. und *Q. petraea* (Matt.) Liebl.). Diss. Fortwiss. Fak. Univ. München
- AAS G (1991): Kreuzungsversuche mit Stiel- und Traubeneiche (*Quercus robur* L. und *Q. petraea* (Matt.) Liebl.). Allg. Forst- u. J.-Ztg. 162, 141-145
- BLE (2013): Zusammenstellung über Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: 01.07.2013)
- CLARK J, HEMERY G (2009): Outcomes from 15 years of hardwoods research at the Northmoor Trust. Quarterly Journal of Forestry 99, 212-219
- DENGLER A (1941): Bericht über Kreuzungsversuche zwischen Traubeneiche und Stieleiche und zwischen europäischer und japanischer Lärche. Mitt. Hermann Göring Akad. dt. Forstwirtschaft. 1, 87-109
- GAILING O, KREMER A, STEINER W, HATTEMER HH, FINKELDEY R (2005): Results on quantitative trait loci for flushing date in oaks can be transferred to different segregating progenies. Plant Biology 7, 516-525
- HERTEL H, DEGEN B (2000): Unterscheidung von Stiel- und Traubeneichen (*Quercus robur* L. und *Q. petraea* [Mattuschka] Liebl.) mit Hilfe von genetischen und morphologischen Merkmalen. Forest Snow and Landscape Research 75, 169-183
- HUBERT J, SAVILL P (1999): Improving oak: The first steps towards a breeding programme. Quarterly Journal of Forestry 93(2), 117-125
- KLEINSCHMIT J, OTTO J, SAUER A (1975a): Möglichkeiten der züchterischen Verbesserung von Stiel- und Traubeneichen (*Quercus robur* und *Quercus petraea*). I. Inventur der Eichen-Samenplantagen. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 146, 157-166
- KLEINSCHMIT J, WITTE R, SAUER A (1975b): Möglichkeiten der züchterischen Verbesserung von Stiel- und Traubeneichen (*Quercus robur* und *Quercus petraea*). II. Versuche zur Stecklingsvermehrung von Eiche. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 146, 179-186
- KLEINSCHMIT JRG, KREMER A, ROLOFF A (1995a): Sind Stiel- und Traubeneiche zwei getrennte Arten? AFZ/DerWald 50, 1453-1456
- KLEINSCHMIT JRG, BACILIERI R, KREMER A, ROLOFF A (1995b): Comparison of morphological and genetic traits of pedunculate oak (*Q. robur* L.) and sessile oak *Q. petraea* (Matt.) Liebl.). Silvae Genetica 44, 256-269
- MEIER-DINKEL A (1987): *In vitro* Vermehrung und Weiterkultur von Stieleiche (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Q. petraea* [Matt.] Liebl.). Allg. Forst- u. J.-Ztg. 158, 199-204
- MEIER-DINKEL A (1993): Untersuchungen zur Charakterisierung der juvenilen und adulten Entwicklungsphase von *Quercus robur* L. und *Q. petraea* (Matt.) Liebl. als Beitrag zur Optimierung der In-vitro-Vermehrung. Diss. Fachbereich Biol. Univ. Hamburg
- MEIER-DINKEL A, ELSNER G (1995): Möglichkeiten und Probleme bei der vegetativen Vermehrung der Eiche. Mitt. Forstl. Versuchsanst. Rheinl.-Pfalz 34, 256-274
- RUSHTON BS (1978): *Quercus robur* and *Quercus petraea*: a multivariate approach to the hybrid problem: 1. Data acquisition, analysis and interpretation. Watsonia 11, 81-101
- RUSHTON BS (1979): *Quercus robur* and *Quercus petraea*: a multivariate approach to the hybrid problem: 2. The geographical distribution of population types. Watsonia 12, 209-224
- RUSHTON BS (1993): Natural hybridization within the genus *Quercus* L. Ann. For. Sci. 50, 73s-90s
- SCHÜTE G (1995): Kontrollierte Kreuzungen und Entwicklung der Hybriden von Stiel- und Traubeneiche (*Quercus robur* L. und *Q. petraea* (Matt.) Liebl.). Mitt. Forstl. Versuchsanst. Rheinl.-Pfalz 34, 38-49

## 6. Züchtungsstrategie Eiche

- SPETHMANN W (1986): Stecklingsvermehrung von Stiel- und Traubeneiche (*Quercus robur* L. und *Q. petraea* (Matt.) Liebl.). Schriften Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. Nieders. Forstl. Versuchsanst. 86, 1-99
- SPETHMANN W (1988): Massenvermehrung von Eichen – durch Stecklinge. Taspo-Magazin 12, 19-20
- STEINHOFF S (1993): Results of species hybridization with *Quercus robur* L. und *Q. petraea* (Matt.) Liebl. Ann. Sci. For. 50 (suppl.), 137s-143s
- STEINHOFF S (1998): Kontrollierte Kreuzungen zwischen Stiel- und Traubeneiche: Ergebnisse und Folgerungen. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 169, 163-168
- WACHTER H (2011): Die Stieleiche (*Quercus robur* L.) slawonischer Herkunft in Westfalen und am Niederrhein. Verlag Kessel: Remagen-Oberwinter, 147 S.



## 7. Vermarktungsstrategie

Die in den vorigen Abschnitten dargestellten Züchtungsarbeiten werden durch ein Marketingkonzept ergänzt, welches die kontinuierliche Bereitstellung und die Vermarktung des gezüchteten Vermehrungsgutes fördert. Die Vermarktung von höherwertigem Vermehrungsgut ist noch ausbaufähig. Nur ein relativ kleiner Teil des gehandelten forstlichen Vermehrungsgutes entspricht den nach FoVG höherwertigen Kategorien „Geprüft“ oder „Qualifiziert“. Die überwiegende Mehrzahl des gehandelten forstlichen Saat- und Pflanzgutes entspricht lediglich der Kategorie „Ausgewählt“ (LIESEBACH 2011). Es existieren in allen Flächenländern Herkunftsempfehlungen, in denen die Verwendung höherwertigen Vermehrungsgutes empfohlen wird (z. B. <http://www.nw-fva.de/HKE/>). Diese Herkunftsempfehlungen sind in der Regel für den Staatswald verbindlich. Dennoch muss das Bewusstsein der Endverbraucher für die Verwendung höherwertigen Vermehrungsgutes deutlich erhöht werden.

In zahlreichen Publikationen sind die Ergebnisse von Herkunfts- und Nachkommenschaftsprüfungen vorgestellt worden. Diese Publikationen sind hauptsächlich in wissenschaftlichen Journalen und Tagungsbänden sowie in Forstfachzeitschriften erschienen. Gesondert aufbereitete Informationen wie beispielsweise für die Douglasien-Samenplantagen der französischen Firma Vilmorin existieren nur in wenigen Fällen (ANONYMUS 2011).

Für forstliches Vermehrungsgut gibt es Erfahrungen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt mit den beiden eingetragenen Warenzeichen silvaSELECT und nwplus (JANSEN 2011).

Aufgrund der geringen Nachfrage nach höherwertigem Vermehrungsgut ist auch die Lagerhaltung nicht optimal. Hier muss es eine Annäherung des Angebotes an eine stärkere Nachfrage in der Zukunft geben.

Es sollte ein Internetportal geschaffen werden, in dem die vorliegenden Informationen zu höherwertigem Vermehrungsgut vorhanden sind und laufend aktualisiert werden. Analoge Beispiele für solche Portale könnten das bayerische Erntezulassungsregister oder die Herkunftsempfehlungen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt sein.

In die Marketing-Aktivitäten werden die öffentlichen und privaten Forstsamen- und Forstbaumschulbetriebe von Beginn an mit einbezogen. Damit wird sichergestellt, dass bei Erfolg der Marketingmaßnahmen auch ausreichend Vermehrungsgut in der gewünschten Qualität und Quantität zeitnah zur Verfügung steht.

### 7.1 Ziel

Die Vorteile der Verwendung von höherwertigem forstlichen Saat- und Pflanzgut müssen vermittelt werden. Dies betrifft sowohl die Produzenten als auch die Abnehmer. Auf Produzentenseite muss die Lagerhaltung verbessert werden, damit auf Nachfrage genügend höherwertiges Vermehrungsgut vorhanden ist. Bei den Abnehmern muss die Akzeptanz für das höherwertige Saat- und Pflanzgut deutlich gesteigert werden.

### 7.2 Ablauf

- Durchführung einer Marktanalyse

## 7. Vermarktung

- Erstellung eines Vermarktungskonzeptes
- Aufbau und Pflege eines Internetportals
- Herausgabe von Veröffentlichungen und Informationen zu höherwertigem Vermehrungsgut
- Anlage von Demonstrationsflächen
- Übernahme der Ergebnisse in waldbauliche Richtlinien
- Übernahme in Förderrichtlinien
- Aufbau eines gemeinsamen deutschlandweiten Warenzeichens

### 7.3 Kosten

Die geschätzten Gesamtkosten für die Vermarktung belaufen sich für eine Gesamtdauer von 15 Jahren auf 1,155 Mio. €. Davon entfallen 555.000 € auf Eigenleistungen (Tabelle 7.1). 600.000 € wären durch Förderung zu ergänzen (Tabelle 7.2). Dies entspricht einer jährlichen Fördermittelsumme von 40.000 € pro Jahr (Tabelle 7.3).

Tabelle 7.1: Zusammenstellung der Eigenleistung

Art der Eigenleistung	Erläuterung	Kosten/Jahr	Kosten
Wissenschaftliche Betreuung	Wissenschaftler (25 %) zur Anleitung der Marktanalyse und des Vermarktungskonzeptes sowie zur Koordinierung der geplanten Maßnahmen einschl. Öffentlichkeitsarbeit	20.000 €	300.000 €
Technische Betreuung	Technischer Assistenz (25 %) zu Aufbau und Pflege des Internetportals und zur Anlage von Demonstrationsflächen	15.000 €	225.000 €
Veröffentlichung und Aufbereitung der Ergebnisse	Herkunftsempfehlungen, Förderrichtlinien, Waldbaurichtlinien, Internetportal	2.000 €	30.000 €
Summe		37.000 €/Jahr	<b>555.000 €</b>

Tabelle 7.2: Schätzung der zusätzlichen Kosten für eine Vermarktungsstrategie

Maßnahme	Erläuterung	Kosten
Marktanalyse	Erstellung durch ein Marktforschungsunternehmen in enger Zusammenarbeit mit den Züchtungsinstitutionen	150.000 €
Vermarktungskonzept	Erarbeitung durch ein Marktforschungsunternehmen in enger Zusammenarbeit mit den Züchtungsinstitutionen	150.000 €
Internetportal	Aufbau, regelmäßige Aktualisierung und Pflege eines Internetportals mit zugehöriger Datenbank	70.000 €
Demonstrationsflächen	Anlage und Pflege bei den 6 Fokus-Baumarten	150.000 €
Warenzeichen	Aufbau eines gemeinsamen Warenzeichens	50.000 €
Sonstiges	Ausarbeitung von Förder- und Waldbaurichtlinien Öffentlichkeitsarbeit (u.a. Flyer, Merkblätter, Tagungen, Lehrgänge)	50.000 €
Summe		<b>600.000 €</b>

## 7. Vermarktung

Tabelle 7.3: Verteilung der Fördermittel (Tsd. €) auf einen Zeitraum von 15 Jahren

	Jahr															Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
VM	150	150	30	30	30	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	600

### 7.4 Literatur

- ANONYMUS (2011): Samenplantage Douglasie La Luzette. VILMORIN s.a., 49250 La Méniltré, 4 S. ([http://www.vilmorin-tree-seeds.com/media/douglasie\\_la\\_luzette\\_\\_038030900\\_1618\\_22112011.pdf](http://www.vilmorin-tree-seeds.com/media/douglasie_la_luzette__038030900_1618_22112011.pdf))
- JANßen A (2011): Vermarktungskonzept für hochwertiges Vermehrungsgut. In: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2011): Workshop Forstpflanzenzüchtung. Gülzower Fachgespräche, Band 36, 29 + 271-281
- LIESEBACH M (2011): Forstpflanzenzüchtung in Deutschland – Status quo. In: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2011): Workshop Forstpflanzenzüchtung. Gülzower Fachgespräche, Band 36, 17 + 162-171

# Thünen Report

Bereits in dieser Reihe erschienene Hefte – *Volumes already published in this series*

- 1** Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Ulrich Dämmgen, Eike Poddey, Annette Freibauer, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Beate Bauer und Bernhard Osterburg  
**Calculation of gaseous and particulate emissions from Germany agriculture 1990 - 2011**  
**Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2011**
- 2** Walter Dirksmeyer und Katrin Fluck  
**Wirtschaftliche Bedeutung des Gartenbausektors in Deutschland** 2. überarbeitete Auflage
- 3** Heike Kuhnert, Gesine Behrens, Ulrich Hamm, Henriette Müller, Hiltrud Nieberg, Jörn Sanders und Renate Strohm  
**Ausstiege aus dem ökologischen Landbau: Umfang – Gründe – Handlungsoptionen**
- 4** Peter Mehl  
**Agrarstrukturelle Wirkungen der Hofabgabeklausel – Zielerreichung und mögliche Folgen einer Abschaffung dieser Leistungsvoraussetzung in der Alterssicherung der Landwirte**
- 5** Bernhard Forstner und Andreas Tietz  
**Kapitalbeteiligung nichtlandwirtschaftlicher und überregional ausgerichteter Investoren an landwirtschaftlichen Unternehmen in Deutschland**
- 6** Janina Krug  
**Perspektiven ackerbaulicher Grenzstandorte in Nordostdeutschland – Übertragbarkeit extensiver Produktionssysteme überseeischer Trockenstandorte**
- 7** M. Liesebach, B. Degen, H. Grotehusmann, A. Janßen, M. Konnert, H.-M. Rau, R. Schirmer, D. Schneck, V. Schneck, W. Steiner, H. Wolf  
**Strategie zur mittel- und langfristigen Versorgung mit hochwertigem forstlichem Vermehrungsgut durch Züchtung in Deutschland**



THÜNEN

## Thünen Report 7

Herausgeber/Redaktionsanschrift

Johann Heinrich von Thünen-Institut

Bundesallee 50

38116 Braunschweig

Germany

[www.ti.bund.de](http://www.ti.bund.de)

ISBN 978-3-86576-107-1

