

forstarchiv 83, 85-92
(2012)

DOI 10.4432/0300-
4112-83-85

© DLV GmbH

ISSN 0300-4112

Korrespondenzadresse:
wilfried.steiner@
nw-fva.de

Eingegangen:
17.08.2011

Angenommen:
31.01.2012

Hochwertiges Vermehrungsgut durch züchterische Verbesserung: Ein Vergleich verschiedener Möglichkeiten am Beispiel der Roteiche (*Quercus rubra* L.)

High quality reproductive material by genetic improvement: a comparison of different methods using the example of northern red oak (*Quercus rubra* L.)

WILFRIED STEINER

Abteilung Waldgenressourcen, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA), Prof.-Oelkers-Str. 6,
34346 Hann. Münden, Deutschland

Kurzfassung

Das zunehmende Interesse an der Roteiche (*Quercus rubra* L.) in Deutschland führt auch zu einem steigenden Bedarf an hochwertigem Vermehrungsgut dieser Baumart. Für die Entwicklung und Bereitstellung von Vermehrungsgut mit verbessertem Anbauwert gibt es verschiedene Möglichkeiten, die dargestellt und diskutiert werden. Neben der klassischen Methode, über Bestandesprüfungen Vermehrungsgut der Kategorie „Geprüft“ bereitzustellen, wird an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt der Aufbau einer Sämlings-Samenplantage in Kombination mit einer Nachkommenschaftsprüfung geplant. Damit wird die phänotypische Auswahl der Plusbäume noch durch einen weiteren Selektionsschritt ergänzt und es lässt sich ein erheblich verbesserter Anbauwert des Samenplantagen-Saatguts bei insgesamt vertretbarem Aufwand und ohne zusätzliche zeitliche Verzögerung erwarten. Unabhängig von der Baumart werden Bestandesprüfungen kritisch diskutiert und wird die Berücksichtigung anderen Methoden verstärkt empfohlen.

Schlüsselwörter: Forstpflanzenzüchtung, Forstvermehrungsgutgesetz, Bestandesprüfung, Samenplantage, Nachkommenschaftsprüfung

Abstract

The increasing interest in northern red oak (*Quercus rubra* L.) in Germany results in an increasing demand for high quality reproductive material of this tree species. There exist several approaches for the development and provision of improved reproductive material. These approaches are briefly presented and discussed. Besides the typical method of testing seed stands in field trials to make available superior seed of the category "tested", the Northwest German Forest Research Station is planning to establish a seedling seed orchard in combination with a progeny test. By this, the phenotypic selection of plus trees will be followed by an additional selection step. Thus an increased genetic gain of the seed derived from this seed orchard can be expected without any additional delay and while keeping the effort within a justifiable extent. Independent of the tree species stand testing is discussed critically and emphasis is put on taking into account other methods.

Key words: forest tree breeding, stand testing, seed orchard, progeny test

Einleitung

Die Roteiche (*Quercus rubra* L.) gehört zu denjenigen Baumarten, die im Zuge der Klimaänderung verstärkt als Ergänzung des einheimischen Baumartenspektrums diskutiert werden. Es ist davon auszugehen, dass viele Waldbesitzer in Deutschland in den nächsten Jahren verstärkt Roteiche pflanzen werden. Damit gewinnt auch die Frage nach der Verfügbarkeit von geeignetem und möglichst hochwertigem Vermehrungsgut an Bedeutung. So wurde die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA) von ihren Trägerländern beauftragt, Maßnahmen zur Bereitstellung von hochwertigem Vermehrungsgut der Roteiche zu ergreifen.

Unter „hochwertig“ wird hierbei verstanden, dass das Vermehrungsgut eine genetische Veranlagung aufweist, die eine – im Vergleich zum „normalen“ Vermehrungsgut der Kategorie „Ausgewählt“ – überdurchschnittlich gute Ausprägung bei den üblichen forstlich relevanten Merkmalen erwarten lässt, insbesondere höhere Massen- und Wertleistung bei gleicher Vitalität und Widerstandsfähigkeit. Der Schwerpunkt liegt also auf der genetischen Veranlagung und nicht auf der äußeren Beschaffenheit des Saatgutes (z. B. Reinheit

oder Tausendkorngewicht) und auch nicht auf anderen Merkmalen der Pflanzenqualität (z. B. Pflanzenfrische oder Wurzelausformung).

Das Konzept der phänotypischen Auslese spielt in Mitteleuropa die zentrale Rolle bei der Bereitstellung von Vermehrungsgut. Es beruht auf der begründeten Annahme, dass bestimmte beobachtbare Merkmale auch vererbt werden (siehe Nanson 2002, Geburek 2004, Eriksson et al. 2006). Da der beobachtbare Phänotyp andererseits auch durch die Umwelt geprägt wird, ist der Schluss vom Phänotyp auf die genetische Veranlagung nicht notwendigerweise in jedem Fall zutreffend.

Das Konzept der phänotypischen Auslese wird bereits durch waldbauliche Maßnahmen umgesetzt, indem Individuen mit unerwünschten Merkmalen – und damit auch potenzielle Träger unerwünschter Veranlagungen – im Rahmen der Bestandespflege entnommen und so von der Beteiligung an der Folgegeneration ausgeschlossen werden. Auch die im Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) geregelte Auswahl der Saatguterntebestände geht von einem Zusammenhang zwischen äußerem Erscheinungsbild und genetischer Veranlagung aus und beabsichtigt so, für die künstliche Bestandesbegründung nur Saatgut mit guter Veranlagung in den

Handel gelangen zu lassen. Darüber hinausgehende Maßnahmen zur Bereitstellung von höherwertigem Vermehrungsgut sind die traditionellen Arbeitsgebiete der forstlichen Versuchsanstalten. Dazu gehören insbesondere die Durchführung von Bestandesprüfungen und der Aufbau von Samenplantagen, teilweise auch die Bereitstellung von Klonen bzw. Klonegemischen. Aus gesetzlicher Sicht ist dies der Schritt von der Kategorie „Ausgewählt“ hin zu den höherwertigeren Kategorien „Qualifiziert“ und „Geprüft“. Im weiteren Sinne sind diese Ansätze bereits der Züchtung zuzurechnen. Sie werden im Folgenden dargestellt und hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile bewertet, um so die Voraussetzungen für eine einzelfallbezogene Abwägung zu schaffen.

Züchterische Maßnahmen in engerem Sinn wären kontrollierte Kreuzungen zwischen einzelnen Individuen zur gezielten Kombination erwünschter Eigenschaften. Dieser Ansatz hat für die Bereitstellung von forstlichem Vermehrungsgut für die Praxis jedoch so gut wie keine Bedeutung, wenn man von dem Bereich der Kurzumtriebsplantagen einmal absieht, und wird in der folgenden Darstellung auch nicht weiter berücksichtigt. Hier läge zwar unbestritten das größte züchterische Potenzial, an die Auflage entsprechender Forschungs- oder Arbeitsprogramme ist jedoch unter den gegenwärtigen forstpolitischen Rahmenbedingungen in Deutschland nicht gedacht. Erst recht gilt dies für den Einsatz gentechnischer Methoden als intensivste Form der Züchtung.

Der Bedarf an hochwertigem Vermehrungsgut der Roteiche war Anlass, sich grundsätzlich Gedanken über die verschiedenen Möglichkeiten der Bereitstellung zu machen und einen Umsetzungsvorschlag für die Baumart Roteiche zu formulieren.

Möglichkeiten der züchterischen Verbesserung

Von den in der Einleitung genannten Möglichkeiten der züchterischen Verbesserung werden im Folgenden nur diejenigen näher behandelt, die für gegenwärtige Arbeitsprogramme forstlicher Versuchsanstalten bei forstlichen Hauptbaumarten in Betracht kommen, das sind Bestandesprüfungen, Samenplantagen und Vegetativvermehrung.

Bestandesprüfungen – Vermehrungsgut der Kategorie „Geprüft“

Bestandesprüfungen können als Klassiker unter den Möglichkeiten zur Bereitstellung hochwertiges Vermehrungsgutes angesehen werden. Dabei wird Saatgut aus Erntebeständen gewonnen, und die daraus gezogenen Pflanzen werden in Vergleichsprüfungen hinsichtlich ihrer Wuchseigenschaften gegenüber festgelegten Standardbeständen getestet. Das Verfahren muss hinsichtlich der Versuchsanlage und späteren Auswertung wissenschaftlichen Standards genügen, z. B. Wiederholungen der Versuchsanlage aufweisen. Mindeststandards sind in den Empfehlungen des gemeinsamen Gutachterausschusses niedergelegt (BLE 2011, online verfügbar auf den Internetseiten der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, www.ble.de unter Kontrolle und Zulassung). Das Grundprinzip ist auch aus entsprechenden Veröffentlichungen (z. B. Chmura et al. 2003) ersichtlich. Nach einer Mindestprüfdauer können bei statistisch signifikanter Überlegenheit bestimmter Nachkommenschaften deren Elternbestände als Ausgangsmaterial zur Erzeugung von Vermehrungsgut der Kategorie „Geprüft“ zugelassen werden. Die Mindestprüfdauer beträgt nach den Empfehlungen des gemeinsamen Gutachterausschusses je nach Baumart 10 Jahre (Erlen, Birken) bis 20 Jahre (Rotbuche, Stiel- und Traubeneiche), bei Roteiche 15 Jahre.

Bei Erntebeständen der Kategorie „Ausgewählt“ ist lediglich der Phänotyp der Eltern bekannt, und man kann im Einzelfall nicht si-

cher sein, dass der gute Phänotyp auch mit einer überdurchschnittlichen Veranlagung einhergeht. Das gute Erscheinungsbild kann auch durch die Umwelt, z. B. den Standort oder besonders gute waldbauliche Behandlung, hervorgerufen sein. Nur mit dem Verfahren einer Bestandesprüfung kann für Einzelbestände wissenschaftlich überprüft und nachgewiesen werden, ob deren Nachkommenschaften tatsächlich überdurchschnittlich gut und leistungsfähig sind. Damit bildet Vermehrungsgut der Kategorie „Geprüft“ die sicherste Gewähr für eine gute Veranlagung des eingesetzten Saat- und Pflanzguts und erfüllt am ehesten die Anforderungen des Verbraucherschutzes.

Die *Vorteile* liegen auf der Hand: Die höhere genetische Qualität ist gesichert; die Durchführung von Bestandesprüfungen ist ein etabliertes Verfahren, das seit Jahrzehnten durchgeführt wird und für dessen Durchführung umfangreiche Erfahrungen vorliegen, siehe hierzu die Zusammenfassungen für Stiel- und Traubeneiche (Kleinschmit 2000), Schwarzerle (Rau 2001), Kiefer (Schneck 2001), Fichte (Rau 2007) und Douglasie (Rau 2009). Bestandesprüfungen lassen sich gut mit Versuchen der allgemeinen Herkunftsforschung kombinieren. Solche Versuche lassen sich zudem leicht als gemeinsame Versuche mehrerer Bundesländer oder sogar als europäische Versuche koordinieren. Sie sind dann durchaus kostengünstig zu realisieren. Es gibt zudem keine Vorbehalte gegen Saatgut aus geprüften Ausgangsbeständen.

Aber es gibt auch *Nachteile* der Bestandesprüfungen: Saatguternnten sind unter Umständen nur eingeschränkt repräsentativ für den Erntebestand, z. B. wenn bei kommerziellen Ernten nur Teile des Erntebestandes genutzt werden (Janßen 2000) oder wenn die Bestäubungsverhältnisse zu einer sehr ungleichen Blühbeteiligung einzelner Bäume führen. Bestandesabsaaten aus unterschiedlichen Erntejahren unterliegen ebenfalls einer gewissen Variabilität (Konnerth und Behm 1999, Konnerth 2004). Gerade bei einer Baumart mit nicht lagerfähigem Saatgut, wie Eiche, ist man darauf angewiesen, alle zu prüfenden Bestände innerhalb eines Reifejahres zu ernten, um Versuche mit gleichaltrigen Pflanzen anlegen zu können. Die Repräsentativität der Versuchspflanzen für das zukünftige Vermehrungsgut des geprüften Bestandes kann weiter beeinträchtigt werden, wenn dieser Bestand während der Prüfdauer in seiner Zusammensetzung verändert wird.

Bestandesprüfungen stellen eine relativ unflexible Methode dar, denn mit der Beerntung ist die Auswahl der Prüfglieder abgeschlossen und nachträglich nicht mehr erweiterbar. Ausfälle bei der Anzucht oder der Flächenanlage können nur in geringem Ausmaß nachgebessert werden. Die Arbeit mit einer hohen Zahl von Prüfgliedern und entsprechenden Sicherheitsmargen bei den Stückzahlen erhöht den ohnehin beträchtlichen Aufwand zusätzlich. Die formalen Anforderungen des FoVG sind hoch und setzen z. B. voraus, dass die Versuchsflächen während der Prüfungsdauer keine wesentlichen Beeinträchtigungen erfahren und in einem wissenschaftlich auswertbaren Zustand erhalten bleiben.

Ein weiterer Nachteil liegt in dem vergleichsweise geringen Züchtungsfortschritt, den eine Bestandesprüfung erwarten lässt. Eine Mehrleistung von 10 % gegenüber Standardmaterial stellt eine durchaus mögliche Größenordnung dar. Das ist im Vergleich zu anderen Möglichkeiten der Leistungs- oder Effizienzsteigerung zwar schon eine sehr beachtliche Größe, aber die Genetik bietet erheblich größeres Potenzial. Dazu kommt, dass mit einer Bestandesprüfung zwar besonders gut veranlagtes Ausgangsmaterial identifiziert, aber in der Regel dem Markt nicht neu zur Verfügung gestellt wird. Meist waren die nunmehr geprüften Bestände bereits in der Kategorie „Ausgewählt“ zugelassen, und das Saatgut stand im Prinzip zur Verfügung. Ein Nachweis der Überlegenheit erlaubt nun einen gezielten Zugriff auf das geprüfte und überlegene Material, während Ausgangsbestände mit auffallend schlechten Nachkommenschaften auch gänzlich aus der Beerntung ausgeschlossen werden können.

Samenplantagen – Vermehrungsgut der Kategorien „Qualifiziert“ und „Geprüft“

Der Aufbau von Samenplantagen stellt neben der Durchführung von Bestandesprüfungen den zweiten wesentlichen Aktivitätsbereich forstlicher Versuchsanstalten bei der Bereitstellung von hochwertigem Vermehrungsgut dar. Das Grundprinzip von Samenplantagen (s. Schröck et al. 1954, Rohmeder und Schönbach 1959, S. 185 ff.) für die Produktion von hochwertigem Saatgut basiert auf der Auswahl von sogenannten Plusbäumen, die hinsichtlich der forstlichen Kriterien als besonders gut und herausragend eingeschätzt wurden. Die Selektionsintensität ist sehr hoch, denn nur wenige Bäume eines Bestandes werden ausgewählt. Damit macht sich die Plusbaumselektion die große Variabilität zunutze, die innerhalb von Beständen beobachtet werden kann, und bedient sich somit einer weiteren und sehr intensiven Selektionsmöglichkeit im Vergleich zur Bestandesauswahl. Um eine Mindestanzahl von Plusbäumen zu erhalten (als unterste Grenze werden je nach Baumart 20 bzw. 40 empfohlen, s. BLE 2011), werden entsprechend viele Bestände eines vorab definierten Gebietes in die Auswahl einbezogen. Die ausgewählten Plusbäume werden meist als Pflöpflinge vegetativ vermehrt und auf eine Fläche gepflanzt, die später ausschließlich der Saatguterzeugung dient: die Samenplantage. Die Begründung und Behandlung zielen auf ein baldiges Einsetzen der Fruktifikation, eine große Kronenbildung, häufige und reichliche Fruktifikationen und eine technisch einfache Beerntbarkeit.

Die Auswahl der Plusbäume basiert auf den Annahmen, dass besonders gute Phänotypen nicht nur durch die Umwelt, sondern auch durch die Genetik bedingt sind und dass die Nachkommen solcher Individuen ebenfalls überdurchschnittlich gute Phänotypen aufweisen. Nicht für jede Samenplantage wurde dieser Nachweis erbracht oder angestrebt, aber es gibt zahlreiche Hinweise, dass dieses Vorgehen im Allgemeinen zu einem genetisch besser veranlagten Saatgut führt. Die wichtigsten Hinweise hierfür sind die Ergebnisse von Prüfungen, bei denen auch Nachkommenschaften von Samenplantagen enthalten sind. Sobald für eine solche Plantagenabsaat die Überlegenheit in einer Prüfung nachgewiesen wurde, wird sie in der Kategorie „Geprüft“ geführt. Rau (1998) führt zahlreiche Belege für die Überlegenheit von Vermehrungsgut aus Samenplantagen im Vergleich zu solchem der Kategorie „Ausgewählt“ an. Auch Cornelius (1994) kommt in seiner Auswertung von 24 internationalen Veröffentlichungen zu dem Schluss, dass Plusbaumauswahl in den meisten Fällen nachweisbare Effekte bringt. Nicht zuletzt gehen auch die Vorschriften über forstliches Vermehrungsgut, und zwar nicht nur das deutsche FoVG, sondern auch die zugrunde liegende EU-Richtlinie, von einem besseren Anbauwert aus. Hier wird zwischen den Kategorien „Qualifiziert“ (in Deutschland gleichzusetzen mit Samenplantagen ohne Prüfung) und „Ausgewählt“ differenziert.

Die Vorteile von Samenplantagen liegen neben der genetischen Verbesserung und der besseren Beerntbarkeit in der größeren Flexibilität: Der Aufbau muss nicht wie eine Bestandesprüfung aus einem Guss erfolgen, sondern kann auch zeitlich über einige Jahre gestaffelt sein. Eine einmal etablierte Plantage kann mehrere Jahrzehnte bestehen bleiben, wobei sich ihre Zusammensetzung praktisch nicht ändert bzw. jede Änderung der Zusammensetzung nachvollziehbar ist. Die vom Gesetz gestellten Forderungen über den Aufbau von Samenplantagen sind zudem relativ leicht erfüllbar. Eine Samenplantage bietet die Möglichkeit für eine weitere züchterische Bearbeitung und die Realisierung weiterer Züchtungsgewinne. Solche Weiterentwicklungen sind in anderen Ländern üblich, in Deutschland stellen sie die Ausnahme dar.

Ein Nachteil von Samenplantagen liegt wie bei den Bestandesprüfungen in dem hohen Aufwand bei der Anlage. Die Plusbaumauswahl, die Gewinnung von Pflöpfreisern, die Pflöpfung und anschließende Pflege der Pflöpflinge erfordern viel Zeit und erfahrene Spezialisten. Der Pflegeaufwand nach der Aussaat ist sehr viel

höher als bei einer üblichen Kultur, denn die Pflöpflinge wachsen in der Regel langsamer, durch den Weitverband bestehen viel länger Forstschutzprobleme (z. B. Vergrasung, Mäuse), eine regelmäßige Kontrolle auf durchwachsende Unterlagen ist nötig. Nicht immer ist die Entwicklung des Plusbaum-Pflöpfreises auf der genetisch unterschiedlichen Unterlage befriedigend, entsprechend hoch ist der Aufwand für Pflege und eventuell auch Nachbesserungen.

Erst nach einer gewissen Entwicklungszeit, die je nach Baumart zwischen wenigen Jahren bis zu einigen Jahrzehnten gehen kann, setzen eine ausreichende Blüte und Fruktifikation ein. Bei Roteiche ist mit einer ausreichenden Fruktifikation etwa 15 Jahre nach Anlage zu rechnen.

Nicht so einfach wie bei Bestandesprüfungen ist eine Zusammenarbeit über Ländergrenzen hinweg, denn es können zwar problemlos Plusbäume aus mehreren Ländern in einer Samenplantage kombiniert werden, über die Standorte und Zugriffsrechte der Plantage bedarf es jedoch einvernehmlicher Regelungen.

Die meisten der in Deutschland aufgebauten Samenplantagen sind Pflöpflings-Samenplantagen wie sie oben beschrieben wurden. Ein Plusbaum kann aber nicht nur als genetisch identische Kopie (Pflöpfling oder Steckling), sondern auch über seine Sämlinge auf der Samenplantage vertreten sein (*Sämlings-Samenplantage*). Dazu ist Saatgut einzelbaumweise von Plusbäumen zu ernten, und statt mehrerer Kopien eines Plusbaum-Genotyps erwachsen mehrere Nachkommen des Plusbaums auf der Plantage. Die genetische Information des Plusbaums ist in seinen Sämlingen ebenfalls enthalten, gesichert allerdings nur im mütterlich vererbten Anteil. Über die väterlichen Beiträge ist nichts bekannt. Daher weiß man bei einer Sämlings-Samenplantage nur, dass die Hälfte des Genpools von Plusbäumen stammt, während auf Pflöpflings-Samenplantagen der gesamte Genpool von Plusbäumen stammt. Dennoch ist davon auszugehen, dass ein positiver Muttereffekt erhalten bleibt, wenn auch in abgeschwächter Form. Dieser Nachteil kann teilweise durch zusätzliche Selektionsschritte ausgeglichen werden. Unterschiede zu Pflöpflings-Samenplantagen bestehen in dem geringeren Aufwand bei der Anlage, die hinsichtlich Pflanzenanzucht, Pflanzung und Kulturpflege einer normalen forstlichen Kultur entspricht. Allerdings dauert die Entwicklung von Sämlingen bis zur Blühreife generell länger als die von Pflöpflingen.

Vegetativvermehrung, Klone und Klongemische – Vermehrungsgut der Kategorie „Geprüft“

Die Vegetativvermehrung bietet in Mitteleuropa aktuell die höchste Selektionsintensität für forstliches Vermehrungsgut. Aus einem selektierten Ausgangsindividuum lassen sich praktisch beliebig viele genetisch identische Individuen erzeugen. Damit hat man die Gewähr, dass ein Genotyp, der als besonders gut eingeschätzt oder geprüft wurde, ohne genetische Veränderung weiterverwendet werden kann. Es gibt keinen Zwischenschritt der sexuellen Reproduktion mit der zwangsläufigen Neukombination der Gene, die auch zu einer Veränderung der Merkmalsausprägungen führen kann. Die Hochwertigkeit von solchem Vermehrungsgut hängt ausschließlich von der Qualität der Selektion der zu vermehrenden Ausgangsindividuen ab.

Die einzelnen Baumarten lassen sich unterschiedlich gut vegetativ vermehren. Ohne große Mühe lassen sich Pappeln (ohne Aspe) und Weiden (ohne Salweide) über Setzstangen, Steckhölzer oder Stecklinge vermehren. Bei anderen Arten bedarf es schon größerer Mühe, um sie über Grünstecklinge vegetativ zu vermehren. So sind z. B. bei Fichte, Lärche, Douglasie und Eiche Gewächshäuser erforderlich, um während der Bewurzelungsphase eine hohe Luftfeuchtigkeit gewährleisten zu können. Eine noch aufwendigere Methode stellt die Mikrovermehrung unter sterilen Bedingungen dar (*In-vitro*-Kultur). Meier-Dinkel und Elsner (1995) geben einen Überblick über beide

Verfahren der Vegetativvermehrung bei den heimischen Eichenarten.

Für praxistaugliches forstliches Vermehrungsgut genügt es nicht, lebensfähige Individuen zu erzeugen, sondern sie müssen sich in ihrem Wachstum auch wie Jungpflanzen verhalten. In dieser Rejuvenilisierung liegt eine der methodischen Herausforderungen, denn die beste genetische Veranlagung nützt nichts, wenn die vegetativ vermehrte Jungpflanze sich physiologisch wie ein Altbaum verhält.

Bei Eiche ist dieses Phänomen besonders ausgeprägt (Meier-Dinkel und Duckstein 2000). Unter Altbäumen ließe sich aber eine Auswahl vermehrungswürdiger Bäume am leichtesten treffen, deshalb ist die Frage der Rejuvenilisierung bei Eichen von besonderem Interesse. Ein mögliches Vorgehen wäre die Verwendung von Stockausschlägen, die wieder ausreichend juvenil sind. Stöcke von frisch gefällten Wertholzträgern können durch Drahtosen geschützt werden, bis die Stockausschläge groß genug für eine Absteckung und nachfol-

Tab. 1. Zeitschiene für verschiedene Methoden zur züchterischen Verbesserung bei Roteiche. MQ: Mutterquartier, SP: Samenplantage, StA: Stockausschlag, Zahlen in Klammern: Dauer in Jahren. Nähere Erl. s. Text.

Time schedule for different methods of genetic improvement for northern red oak. MQ: clonal archive, SP: seed orchard, StA: stump sucker, numbers in brackets: duration in years. For more details see text.

Jahr	Bestandesprüfung	Pfropflings-Samenplantage	Sämlings-Samenplantage	Vegetativvermehrung (Sämlinge)	Vegetativvermehrung (Altbäume)
0	Bestandes-Auswahl	Plusbaum-Auswahl	Plusbaum-Auswahl	Plusbaum-Auswahl	Plusbaum-Auswahl bei Holzernte
0-1	Pflegeeingriffe zur Vorbereitung der Saatguternte	Gewinnung von Pfropfreisern, ggf. Wiederholung/ Ergänzung in Folgejahren	Pflegeeingriffe zur Vorbereitung der Saatguternte oder direkte Saatguternte	Pflegeeingriffe zur Vorbereitung der Saatguternte oder direkte Saatguternte	Schutz der Stöcke durch Drahtosen
1		Pfropfung, Pflege der Pfropflinge			Stockausschläge schützen u. abstecken/in vitro etablieren
2	Saatguternte	Wiederholung/ Ergänzung	Saatguternte	Saatguternte	Stockausschläge schützen u. abstecken/in vitro etablieren und vermehren
3	Aussaart		Aussaart	Aussaart	wie Vorjahr
6	Anlage der Prüffläche	Anlage der SP	Anlage der SP		wie Vorjahr
7		Ergänzung der SP	Ergänzung der SP	Absteckung, Anlage MQ	In-vitro-Vermehrung
8		wie Vorjahr	wie Vorjahr	wie Vorjahr	In-vitro-Verm. u. Anlage MQ
9				wie Vorjahr	wie Vorjahr
10					wie Vorjahr
11				Erste Stecklingsproduktion	wie Vorjahr
12				Anlage der Prüffläche	
13					Erste Stecklingsproduktion
14					Flächenanlage
15					
16		Erste Ernte (16)			
17					
18					
19		Erste Pflanzen (19)			
20					
21	Aufnahme Alter 15/18				
22	Auswertung, Zulassung				
23	Erste Ernte/Pflanzen (23)				
26					
27				Aufnahme Alter 15	
28				Auswertung, Zulassung	
29				Erste Pflanzen (29)	Aufnahme Alter 15
30					Auswertung, Zulassung
31					Erste Pflanzen (31)
32					
33					
34					
35					
36			Erste Ernte (36)		
37					
38					
39			Erste Pflanzen (39)		
40					

gende Überführung in Mikrovermehrung sind. Dort ist ein weiterer Rejuvenilisierungseffekt zu erwarten.

Das Juvenilierungsproblem stellt sich nicht, wenn mit Sämlingen als Ausgangsmaterial gearbeitet wird. Dies erscheint jedoch nur sinnvoll, wenn bereits Sämlinge mit einem erhöhten Selektionsniveau zur Verfügung stehen, das eventuell durch weitere Frühselektion in der Baumschule weiter erhöht werden kann. Bei der Roteiche wären dies Sämlinge aus Plusbaumbearbeitungen. Damit ließe sich ohne *In-vitro*-Technik nur über Grünstecklinge und Frühselektion in der Baumschule ein Mutterquartier aus vermutlich sehr guten Klonen anlegen.

Problemlos und in der Praxis für den Kurzumtrieb etabliert ist die Vegetativvermehrung bei Pappel und Weide. Bei dem typisch forstlichen Vermehrungsgut gibt es im Prinzip nur ein am Markt etabliertes Klöngemisch der Vogelkirsche (Meier-Dinkel 2003, Meier-Dinkel et al. 2007).

Der wesentliche *Vorteil* dieser Methode liegt in der Möglichkeit, bei einem besonders hohen Selektionsniveau anzusetzen und dieses auch zu halten. Außerdem ist die Flexibilität sehr groß, Klone können ausgetauscht oder ergänzt werden.

Diesen Vorteilen stehen aber auch beträchtliche *Nachteile* gegenüber: Bei vielen Arten bedarf es noch der Entwicklungsarbeit. Bei Eiche gibt es zwar bereits umfangreiche Erfahrungen, aber es ist z. B. nicht problemlos möglich, Altbäume als Ausgangsindividuen einzusetzen. Da die Versuchsanstalten zwar die Entwicklung, aber nicht die Produktion für den Markt übernehmen können, müssten diese bis heute auf dem Markt für Forstvermehrungsgut unüblichen Verfahren in die Baumschulen übertragen werden. In jedem Fall sind diese Verfahren aufwendiger, und das Vermehrungsgut ist damit teurer als das konventionell aus Saatgut gezogene Pflanzenmaterial. Auch bestehen Vorbehalte gegen die Verwendung von vegetativ vermehrtem Material. Die Akzeptanz von Klonen und Klöngmischungen ist deutlich geringer als bei generativem Vermehrungsgut. Nicht zuletzt muss vegetativ vermehrtes Material vor der Markteinführung in Versuchen auf seine Überlegenheit hin geprüft werden, da es nur in der FoVG-Kategorie „Geprüft“ zugelassen werden darf.

Diskussion und Bewertung der Verfahren

Der Vergleich der drei dargestellten Verfahrensbereiche zeigt, dass alle Verfahren sehr zeitaufwendig sind und alles in allem mit 20–30 Jahren Dauer zu rechnen ist. Am schnellsten könnte Saatgut aus einer Pfropfling-Samenplantage verfügbar sein. Entscheidender Zeitfaktor ist hier die Wartezeit bis zum Einsetzen der Fruktifikation. Im Allgemeinen wird diese bei Pfropflingen deutlich früher erreicht als bei Sämlingen. Nach den Erfahrungen mit Traubeneichen kann bei Roteiche mit einem Blühbeginn nach etwa 10 Jahren Standzeit gerechnet werden.

In Tabelle 1 sind Zeitschienen für verschiedene Verfahren dargestellt. Die senkrechten Pfeile deuten an, in welcher Phase der Bearbeitung der Zeitbedarf für die durchzuführenden Arbeiten sich auch verlängern oder verkürzen kann, angenommen sind aufgrund von Erfahrungen erwartete mittlere Werte. Die Verfahren der Vegetativvermehrung können zwar recht schnell Vermehrungsgut erzeugen, doch ist dies zunächst nur für Versuchszwecke einsetzbar. Die reine Entwicklungsdauer wird also um eine übliche Prüfdauer von 15 Jahren verlängert, sodass diese Verfahren am längsten dauern werden. Der Ansatz mit Altbäumen als Ausgangsmaterial wird dabei mindestens zwei Jahre länger dauern als bei der Verwendung von Sämlingen, da die Rejuvenilisierung Zeit kostet (evtl. auch mehr als in Tabelle 1 unterstellt). Eine weitere Verzögerung entsteht, weil für eine ausreichend große Zahl an besten Altbäumen die Wertholzernten mehrerer Jahre genutzt werden müssen.

Der Vergleich zeigt, dass das Verhältnis zwischen Aufwand und Wirkungsgrad beim klassischen Verfahren der Bestandesprüfung als

ungünstig eingeschätzt wird. Ein Beispiel stellt eine Prüfung niedersächsischer Buchenbestände dar, die 1986/87 für 74 Bestände angelegt wurde. Nach der Auswertung konnte für 14 Bestände eine statistisch signifikante Überlegenheit nachgewiesen und eine Empfehlung für eine Zulassung in der Kategorie „Geprüft“ ausgesprochen werden (Grotehusmann 2009). Tatsächlich standen aber nur noch einige wenige Bestände für die Saatguternte zur Verfügung, da die anderen entweder genutzt oder flächig verjüngt waren. Dieses Beispiel kann als typisch angesehen werden: Wenn der Vergleichsstandard durchschnittlich ist oder ersatzweise das Versuchsmittel als Vergleichsbasis verwendet wird, ist damit zu rechnen, dass etwa die Hälfte der Prüfglieder besser als der Standard ist. Bei diesen besseren Prüfgliedern ist die Überlegenheit nur bei einem Teil, z. B. wiederum der Hälfte, so deutlich, dass sie als statistisch signifikant nachgewiesen werden kann. Von dem dann noch verbleibenden Viertel an Kandidaten stehen nach der Prüfdauer viele Ausgangsbestände nicht mehr für zukünftige Beerntungen zur Verfügung. Es existieren zwar in Teilen des Waldbesitzes Regelungen über die Behandlung von Saatgutbeständen bzw. in Prüfung befindlichen Beständen, aber die Umsetzung ist nur mäßig erfolgreich. In der Regel können maximal 10 % der in die Prüfung einbezogenen Bestände nach deren Abschluss als Erntebestände der Kategorie „Geprüft“ genutzt werden. Sind diese Bestände dann schon sehr alt, bleiben sie nur noch für wenige Ernten verfügbar, was den Wirkungsgrad von Bestandesprüfungen weiter senkt.

Diese ungünstige Einschätzung der Bestandesprüfung gilt für das Ziel, Vermehrungsgut der Kategorie „Geprüft“ bereitzustellen. Derartige Versuchsanlagen sind jedoch für grundsätzliche Variabilitätsuntersuchungen der Baumarten unverzichtbar, und bei dieser oder einer kombinierten Zielsetzung könnte Vermehrungsgut der Kategorie „Geprüft“ sehr viel günstiger als Neben- oder Koppelprodukt anfallen.

Tabelle 2 enthält einen Versuch, die drei behandelten Verfahren der Bereitstellung von hochwertigem Vermehrungsgut qualitativ zu bewerten. Dabei wird wegen der relevanten Unterschiede zwischen Sämlings- und Pfropflings-Samenplantagen unterschieden sowie bei der Vegetativvermehrung nach dem Ausgangsmaterial (Altbäume oder Sämlinge)

Ein Entwicklungsrisiko besteht beispielsweise lediglich bei der Vegetativvermehrung von Altbäumen. Die FoVG-Auflagen sind bei vegetativ erzeugtem Material nur mit aufwendigen Feldversuchen erfüllbar, bei Samenplantagen stellen sie keinerlei Erschwernis dar. Bei Bestandesprüfung ist die vom Gesetz geforderte Prüfung ohnehin Bestandteil der Methode und daher nur eine Einschränkung bzgl. mancher Details. Von den aufgeführten Kriterien sind der züchterische Gewinn sowie der Aufwand und die am Markt zu erwartenden Kosten des Vermehrungsgutes von zentraler Bedeutung.

Situation bei Roteiche

Nach Fläche und Vorrat nimmt die Roteiche in Deutschland nur eine sehr untergeordnete Bedeutung ein, die Prognosen lassen jedoch eine Zunahme ihrer Bedeutung erwarten. Über den Ursprung der in Deutschland vorhandenen Vorkommen ist nur sehr wenig bekannt. Eine Zusammenfassung des Kenntnisstandes geben Gödecke (2010) sowie Liesebach und Schneck (2011). Es gibt nur wenige Untersuchungen über den Einfluss der Herkunft und Genetik auf das Wuchsverhalten der Roteiche in Deutschland. Gödecke (2010) hat drei ältere Versuchsflächen ausgewertet und kommt zu dem Schluss, dass sich die Herkünfte innerhalb Deutschlands nicht sehr stark unterscheiden und dass die Nachkommen aus deutschen Vorkommen nicht schlechter abschneiden als Nachkommen aus nordamerikanischen Vorkommen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Liesebach und Schneck (2011). Dennoch ist die Herkunftsfrage bei

Tab. 2. Bewertung von Verfahren zur Bereitstellung höherwertigen Vermehrungsguts.
Evaluation of different methods for the provision of improved reproductive material.

	Bestandes- prüfung	Pfropflings- Samenplantage	Sämlings-Samen- plantage	Vegetative Vermehrung (über Sämlinge)	Vegetative Vermehrung (über Altbäume)
Entwicklungsrisiko	++	+	++	0	-
Aufwand (Zeit, Geld)	-	0	+	-	--
Kooperationsmöglichkeit	+	-	-	+	+
Züchtungsgewinn	--	0	0	+	++
Möglichkeit f. Weiterentwicklung	--	+	+	++	++
Akzeptanz des Vermehrungsguts	++	+	+	-	-
Kosten des Vermehrungsguts	+	+	+	--	--
Dauer bis zur Nutzung	+	+	-	-	--
Nutzungsdauer	-	++	++	0	0
FoVG-Anforderungen	0	++	++	--	--

+ bzw. ++ bedeutet, dass das Verfahren unter dem jeweiligen Aspekt als vorteilhaft bzw. sehr vorteilhaft bewertet wird (- bzw. -- entsprechend nachteilig bzw. sehr nachteilig), 0 ist neutral. Verglichen wird immer nur qualitativ in Bezug auf ein Merkmal. Über die Gewichtung der Merkmale untereinander wird hier nichts ausgesagt, die Bewertungszeichen sind daher nur innerhalb der Zeile, aber nicht innerhalb der Spalte vergleichbar.

+ and ++ resp., mean that a method is considered as advantageous or highly advantageous (- and -- resp., disadvantageous or highly disadvantageous), 0 is neutral. There is only a qualitative comparison for the trait mentioned in each line. No comparison is possible between lines as there is no statement concerning the relative importance of the different aspects.

Roteiche von Bedeutung, denn innerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets scheinen nördliche Herkünfte für Deutschland deutlich besser geeignet als südliche (Gödecke 2010).

Bei einer fremdländischen Baumart wie Roteiche besteht die Möglichkeit einer intensiven züchterischen Bearbeitung, da hier keine Interaktionen von „hochgezüchtetem“ Material mit natürlichen Vorkommen der Art zu befürchten sind und die Roteiche ohnehin nur auf Flächen angepflanzt wird, auf denen kein Naturschutzvorrang besteht.

Zwischen den deutschen Versuchsanstalten besteht eine Absprache über die gemeinsame Durchführung einer Roteichen-Bestandesprüfung mit dem Ziel, Erntebestände in der Kategorie „Geprüft“ zuzulassen.

Für züchterische Ansätze wäre eine Einbeziehung von herkunftsgesichertem Material aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet sicher wünschenswert. Entsprechende Programme scheinen derzeit aber nicht realisierbar, zumal die Arbeiten von Gödecke (2010) und Liesebach und Schneck (2011) keine besonders große Leistungssteigerung durch Einsatz nordamerikanischen Materials erwarten lassen.

Wegen der insgesamt nur sehr geringen Bedeutung dieser Baumart werden an der NW-FVA die Methoden der Vegetativvermehrung nicht weiter verfolgt, obwohl sie vom wissenschaftlichen und methodischen Ansatz her sehr interessant und vielversprechend scheinen. Es erscheint aber zweifelhaft, ob der Markt die unvermeidlich höhe-

ren Kosten solchen Materials akzeptiert und ob die Baumschulen bereit wären, Methoden der Stecklingsvermehrung für diese Baumart zu etablieren.

Vorschlag für ein kombiniertes Vorgehen

Konzeptionelle Überlegungen an der NW-FVA haben dazu geführt, nicht allein auf Bestandesprüfungen als Methode zur Bereitstellung höherwertigen Vermehrungsgutes zu setzen. An der länderübergreifenden Zusammenarbeit wird grundsätzlich festgehalten, allerdings nicht mit der ursprünglich geplanten großen Anzahl von zu prüfenden Beständen.

Statt dessen soll für die langfristige Sicherung der Versorgung mit hochwertigem Vermehrungsgut eine Sämlings-Samenplantage angelegt werden. Die Plusbäume dazu werden in deutschen Vorkommen ausgewählt. Angestrebt wird die Anlage im Stil einer Nachkommenschaftsprüfung mit 100 Komponenten, d. h. mit Sämlingen aus den Einzelbaumabsaaten von 100 Plusbäumen. Nähere Angaben zur Anlage finden sich in Tabelle 3.

Die hohe Zahl an Wiederholungen und die geringe Parzellengröße werden im Hinblick auf die Verteilung der Komponenten auf der künftigen Samenplantage gewählt. Die rechtlichen Anforderungen

Tab. 3. Beispiel für die Anlage einer kombinierten Sämlings-Samenplantage und Nachkommenschaftsprüfung für Roteiche.
Example for a seedling seed orchard in combination with a progeny test for northern red oak.

Komponenten	100 Plusbaum-Nachkommenschaften
Wiederholungen	10 jeder Komponente (= 1.000 Parzellen)
Verband	1 m ² pro Pflanze (z. B. 1 m x 1 m oder 2 m x 0,5 m)
Parzellengröße	6 m x 6 m (36 Pflanzen pro Parzelle)
Flächengröße	36 m ² x 1.000 Parzellen = 3,6 ha
Pflanzenbedarf	36 x 10 = 360 Pflanzen pro Plusbaum (insgesamt 36.000 Pflanzen)
Saatgutbedarf	bei 100 Sämlingen je kg Saatgut: 3,6 kg pro Plusbaum (insgesamt 360 kg)

an eine Samenplantage sind erfüllt, solange mindestens 40 Komponenten in möglichst gleichmäßiger Verteilung vorhanden sind. Die geplante Anordnung soll aber noch weitere Selektionsmöglichkeiten und damit züchterische Verbesserungen erreichen: 10 bis 15 Jahre nach der Pflanzung können eine erste Aufnahme und Auswertung erfolgen. Schlechte Komponenten können komplett entnommen werden, die entstehenden Lücken sind bei einer Parzellengröße von 6 m x 6 m kein Problem, selbst wenn mehrere benachbarte Komponenten entnommen werden. Die Entnahme muss nicht in einem Zug erfolgen, aber rechtzeitig vor der ersten Ernte abgeschlossen sein. Bis zu 50 Komponenten können auf diese Weise selektiv entnommen werden.

In den 10 Wiederholungen werden jeweils alle Komponenten in Parzellen mit wechselnden Nachbarschaften angepflanzt. Damit werden bei den relativ kleinen Parzellen die Randeffekte etwas ausgeglichen. Innerhalb der Parzellen werden die besten Individuen selektiert. Hier bietet der enge Ausgangsverband ein hohes Selektionspotenzial und die forstlich relevanten Selektionskriterien können unter dem praxisnahen Verband besser angesprochen werden als bei einem ansonsten für Samenplantagen typischen Weitverband. Es ist zu erwarten, dass mit diesen Selektionen zwischen den und innerhalb der Komponenten der Nachteil des unbekanntes Vätereffekts bei der Bestäubung der Plusbäume ausgeglichen werden kann, evtl. wird sogar ein höheres Selektionsniveau erreicht.

Nach der ersten Aufnahme und Auswertung wird das Behandlungskonzept auf das Ziel Samenplantage ausgerichtet, es wird sehr stark durchforstet und eine Stellung im Weitverband mit dem Ziel einer frühen, starken und breiten Kronenentwicklung für eine baldige und reichliche Fruktifikation angestrebt. Es reicht aus, wenn von den verbleibenden Komponenten (z. B. 50) ein Baum pro Parzelle verbleibt, das wären auf 3,6 ha noch 500 Bäume; für eine Samenplantage noch mehr als ausreichend. Auch die Gesamtgröße von 3,6 ha ist für eine großfrüchtige Baumart eine angemessene Größe.

Diese kombinierte Vorgehensweise ist neu für Deutschland, in anderen Ländern aber durchaus gebräuchlich. Finkeldey und Hattemer (2007) schreiben in ihrem Standardwerk „Tropical Forest Genetics“, dass Sämlings-Samenplantagen meist aus Nachkommenschaftsprüfungen hervorgehen, und geben Hinweise für die Anlage solcher kombinierter Flächen.

Aufnahme und Auswertung auf nur einer Fläche erfüllen trotz 10 Wiederholungen nicht die Kriterien für eine wissenschaftlich abgesicherte Aussage über die erbliche Veranlagung. Der genetische Effekt der Phänotypenselektion innerhalb der Parzellen ist im konkreten Fall nicht wissenschaftlich zu belegen. Hier verlässt man sich auf Analogieschlüsse und allgemeine Erkenntnisse, dass eine Selektion am Phänotyp in der Regel auch einen genetischen Effekt hat (Cornelius 1994, Rau 1998).

Eine wissenschaftliche Absicherung erhält man, wenn Parallelfächen zu der zukünftigen Samenplantage angelegt werden. Bei grundsätzlich gleichem Zuschnitt wird so eine abgesicherte Aussage zur genetischen Qualität der einzelnen Plusbaum-Nachkommenschaften möglich. Dieses ist im Konzept der NW-FVA vorgesehen: Es werden drei Parallelfächen angelegt, auf denen alle 100 Komponenten enthalten sind. Damit werden auch der Arbeitsaufwand für die Flächenanlage und insbesondere die erforderliche Saatgutmenge pro Baum verdreifacht: 11 kg Saatgut pro Plusbaum dürfte noch realisierbar sein. Dafür bieten Parallelfächen auch eine Risikostreuung für den Fall eines Flächenverlusts. Erst nach der ersten Aufnahme und Auswertung muss die Entscheidung fallen, welche der drei Flächen zu einer Samenplantage weiterentwickelt werden soll. Die verbleibenden Flächen können weiterhin als Versuchsflächen behandelt werden und erlauben noch Auswertungen im höheren Alter. Diese aussagekräftigeren und vor allem wissenschaftlich abgesicherten Ergebnisse hinsichtlich der zu entnehmenden Komponenten können dann auf der zukünftigen, inzwischen schon stark stammzahlreduzierten

Samenplantage immer noch umgesetzt werden. Bei Bedarf können auch die lange als Versuchsflächen behandelten Parallelfächen immer noch in Samenplantagen umgewandelt werden, auch wenn die Kronenentwicklung dann nicht optimal wäre und die Fruktifikation erst später einsetzt. Mit Parallelfächen bieten sich noch weitere Planungsvarianten: Die als reine Versuchsflächen geplanten Flächen benötigen keine 10 Blöcke je Fläche, sodass hier eine deutliche Einsparung denkbar ist. Drei Blöcke mit größeren Parzellen bei halber Flächengröße können den Aufwand um 50 % reduzieren und die Beobachtungsdauer und die Auswertungsmöglichkeiten verlängern.

Ein kritischer Punkt ist die Beerntung einer ausreichend hohen Anzahl von Plusbäumen. Dies wird eine logistische Herausforderung werden, bei der auch durch geeignete Maßnahmen sicher gestellt werden muss, dass die geernteten Samen von dem Plusbaum abstammen und nur eine vernachlässigbarer Anteil an Saatgut fremder Mütter enthalten ist.

Fazit und Ausblick

Aus dem Vergleich verschiedener züchterischer Ansätze wird folgende Empfehlung abgeleitet: Es sollten weniger Arbeitskapazitäten und Ressourcen in die Neuanlage von Bestandesprüfungen gesteckt werden, statt dessen sollten verstärkt andere Wege zur Bereitstellung von höherwertigem Vermehrungsgut genutzt werden, dies dürften unter deutschen Rahmenbedingungen vor allem Samenplantagen sein, aber auch vegetativ vermehrtes Material kommt infrage. Dabei lohnt sich für jede Baumart eine genaue Studie der vorhandenen Ausgangssituation und der bereits verfügbaren Methoden.

Bei der Abwägung verschiedener Methoden sind auch deren Variabilität und Kombinationsfähigkeit zu berücksichtigen. Eine Samenplantage kann so aufgebaut werden, dass sie Aspekte einer Nachkommenschaftsprüfung enthält und ein erhöhtes Selektionsniveau ermöglicht. Versuchsflächen können so angelegt werden, dass sie später zu Saatguterntebeständen weiterentwickelt werden können. Diese Möglichkeit wurde bei vielen früheren Versuchsanlagen bereits explizit berücksichtigt; realisiert wurde sie jedoch bislang kaum.

Auch ohne Kreuzungszüchtung stehen vielfältige Möglichkeiten der züchterischen Bearbeitung zur Verfügung, mit deren Einsatz hochwertiges Vermehrungsgut für die Zukunft bereitgestellt werden kann.

Literatur

- BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) 2011. Forstvermehrungsgutrecht: Empfehlungen des gemeinsamen Gutachterausschusses (gGA) der Länder für die Umsetzung. http://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/02_Kontrolle_Zulassung/06_SaatUndPflanzgut/Empfehlungen.pdf?__blob=publicationFile (10.3.2012)
- Chmura D.J., Giertych M., Rozkowski R. 2003. Early height growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) progenies from Polish clonal seed orchards. *Dendrobiology* 49, 15-23
- Cornelius J. 1994. The effectiveness of plus-tree selection for yield. *For. Ecol. Manage.* 67, 23-34
- Eriksson G., Ekberg I., Clapham D. 2006. *An introduction to forest genetics*. 2nd ed. Genetic Center, Department of Plant Biology and Forest Genetics, SLU, Uppsala (Sweden)
- Finkeldey R., Hattemer H.H. 2007. *Tropical forest genetics*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Geburek T. 2004. Die Weitergabe genetischer Information – eine wichtige Komponente bei der Waldverjüngung. *BFW-Praxisinformation* 4, 18-20
- Gödecke J. 2010. Wuchsleistung verschiedener Roteichen-Herkünfte in Nordwest-Deutschland. Masterarbeit Fakultät Forstwissenschaften u. Waldökologie, Univ. Göttingen (unveröff.)
- Grotehusmann H. 2009. Ergebnis einer Prüfung niedersächsischer Buchenbestände. *Forst und Holz* 64, 12-17
- Janßen A. 2000. Der Einfluß von Ernteverfahren auf die genetische Struktur

- von Saatgut eines Buchenbestandes. Forschungsberichte der Hess. Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie 27
- Kleinschmit J. 2000. Informationsreihe Geprüftes Vermehrungsgut, Folge 2: Bestände und Samenplantagen von Stiel- und Traubeneiche. AFZ/DerWald 55, 512-513
- Konnert M. 2004. Die Saatgutpartie aus genetischer Sicht. LWF aktuell 46, 17-18
- Konnert M., Behm A. 1999. Genetische Strukturen einer Saatgutpartie – Einflußfaktoren und Einflussmöglichkeiten. Beiträge f. Forstwirtschaft u. Landschaftsökologie 4, 152-156.
- Liesebach M., Schneck V. 2011. Entwicklung von amerikanischen und deutschen Herkünften der Roteiche in Deutschland. Forstarchiv 82, 125-133
- Meier-Dinkel A. 2003. Selektion, Prüfung, Zulassung und Vermarktung hochwertiger Kirschenklone. AFZ/DerWald 58, 798-800
- Meier-Dinkel A., Duckstein D. 2000. Influence of the juvenile and mature growth phase on micropropagation and ex vitro characteristics of *Quercus robur* NL 100A and NL 100R. Proc. Intern. Congress „Applications of biotechnology to forest genetics“ (Biofor-99), 259-270
- Meier-Dinkel A., Elsner G. 1995. Möglichkeiten und Problem bei der vegetativen Vermehrung der Eiche. Mitt. Forstl. Versuchsanst. Rheinl.-Pfalz 34, 256-274
- Meier-Dinkel A., Steiner W., Hosius B., Leinemann, L. 2007. Die silva-SELECT-Vogelkirschen-Klonmischung „Escherode I“ – Genetisch geprüfte Qualität und Identität. AFZ/DerWald 62, 246-247
- Nanson A. 2002. Natural regeneration seen from a genetic stand point. In: Meier-Dinkel A., Steiner W. (Hrsg.) Forest tree breeding in an ecologically oriented forest management system. Schr. Forstl. Fak. Univ. Gött. Niedersächs. forstl. Vers.anst., 134, 75-84
- Rau H.-M. 1998. Vermehrungsgut von Samenplantagen im Vergleich zu handelsüblichem Material. AFZ/DerWald 53, 236-239
- Rau H.-M. 2001. Informationsreihe Geprüftes Vermehrungsgut, Folge 3: Samenplantagen und Bestände von Schwarzerle. AFZ/DerWald 56, 229-230
- Rau H.-M. 2007. Geprüftes Vermehrungsgut, Folge 5: Samenplantagen und Bestände von Fichte. AFZ/DerWald 62, 418-419
- Rau H.-M. 2009. Geprüftes Vermehrungsgut, Folge 6: Samenplantagen und Bestände von Douglasie. AFZ/DerWald 64, 220-221
- Rohmeder E., Schönbach H. 1959. Genetik und Züchtung der Waldbäume. Parey, Hamburg u. Berlin
- Schneck V. 2001. Informationsreihe Geprüftes Vermehrungsgut, Folge 4: Bestände und Samenplantagen von Gemeiner Kiefer. AFZ/DerWald 56, 232-233
- Schröck O., Kootz F.W., Hoffmann K. 1954. Forstliche Samenplantagen. Neumann, Radebeul u. Berlin