

Leistungssteigerung durch klassische forstliche Züchtung¹

Zunächst werden die Ziele der Forstpflanzenzüchtung kurz beschrieben. Nach einem kurzen historischen Abriss folgen Beispiele aus den Züchtungsbereichen Provenienzforschung, Bestandesprüfung, Klonprüfung und Resistenzprüfung. Anhand der Beispiele wird deutlich gemacht, dass eine Steigerung sowohl der quantitativen als auch der qualitativen Leistung durch Forstpflanzenzüchtung erreicht worden ist. Die Sicherung der Herkunftsidentität ist vornehmlich als Verbraucherschutz unerlässlich und kann durch Zertifizierungssysteme sichergestellt werden. Angesichts der prognostizierten Umweltänderungen muss in Zukunft die Anpassungsfähigkeit stärker berücksichtigt werden. Zum Schluss werden zukünftige Themen der Forstpflanzenzüchtung zur Diskussion gestellt.

Schlagwörter: Forstpflanzenzüchtung, Anpassung, Anpassungsfähigkeit

Yield increase by classical forest tree breeding

At first aims of forest tree breeding are described. After a short historical review examples from provenance trials, stand tests, clone tests and resistance breeding will be given. On the basis of these examples it is shown that yield increase of both quantitative and qualitative traits could be achieved by forest tree breeding. Source identification as a part of consumer protection could be ensured by certification systems. In face of predicted climate change adaptability has to be considered more intensively in the future. Finally future topics of forest tree breeding are discussed.

Keywords: Forest tree breeding, adaptation, adaptability

1 Einleitung

Holz ist im Gegensatz zu Kohle, Öl und Gas eine strategische Ressource, die Europa bei nachhaltiger Bewirtschaftung auf Dauer zur Verfügung hat und die CO₂-neutral genutzt werden kann. In Zukunft ist weltweit nach den neuen Holzaufkommensprognosen mit einer steigenden Nachfrage bei verringertem Angebot zu rechnen (MANTAU 2006). Weil die Fläche zur Erzeugung von Holz aber begrenzt ist, bleibt nur die Möglichkeit, mit Hilfe von leistungssteigernden Maßnahmen die Produktion auf der Fläche selbst zu erhöhen. Bei der Bestandesbegründung müssen die richtigen Baumarten und Herkünfte gewählt werden. Bei bestehenden Beständen bietet die Wahl einer angemessenen Bewirtschaftungsweise eine Möglichkeit zur Erhöhung der Massen- und Wertleistung. Durch Düngung – im Wald eine wohl eher hypothetische Möglichkeit – könnte ebenfalls der Massenertrag in gewissem Rahmen gesteigert werden.

Während mit waldbautechnischen Maßnahmen das Optimale aus dem Vorhandenen herausgeholt werden kann, ist eine Erhöhung des veranlagungsbedingten Leistungspotenzials nur während eines Generationswechsels durch die Verwendung genetisch höherwertigen Vermehrungsgutes erreichbar. Das Ziel einer Leistungssteigerung muss dabei angesichts der prognostizierten Klimaänderungen eine ausreichende Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen berücksichtigen. In diesem Zusammenhang darf auch die Räumung schlecht veranlagter Bestände oder Naturverjüngungen kein Tabu mehr sein, wenn durch nachfolgende Pflanzung die quantitative und qualitative Leistung des Bestandes bei gleichzeitiger Erhöhung der Anpassungsfähigkeit erheblich gesteigert werden kann (J. KLEINSCHMIT 2000, NANSON 2002). Die bisher erreichte Steigerung der Leistung sowohl quantitativer als auch

qualitativer Merkmale durch Forstpflanzenzüchtung wird im Folgenden anhand von Beispielen aus den Bundesländern Hessen und Niedersachsen beschrieben.

2 Ziele der Forstpflanzenzüchtung

Forstpflanzenzüchtung verfolgt das Ziel, Waldbäume in ihren Erbanlagen so zu beeinflussen, dass sie den an sie gerichteten anthropogenen Ansprüchen optimal gerecht werden können (WEISGERBER 1983). Dabei spielen nicht nur die Steigerung der Wuchs- oder Qualitätseigenschaften, sondern auch die Erhaltung der Anpassungsfähigkeit, also Stabilität und Vitalität, entscheidende Rollen. Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Züchtung sind also das Vorhandensein genetischer Variation und die Anpassungsfähigkeit der gezüchteten Population an die standortgegebenen Umweltbedingungen (HATTEMER et al. 1993). Es werden folgende Züchtungsschritte unterschieden:

- Auslesezüchtung,
- Kreuzungszüchtung einschließlich Hybrid- und Heterosiszüchtung,
- Mutationszüchtung.

Der Phänotyp ist vereinfacht ausgedrückt das Ergebnis von genetischer Veranlagung und Umwelteinfluss. Der Erfolg eines Züchtungsschritts hängt vom Vererbungsgrad des jeweiligen Merkmals ab. Aus vielen Versuchsergebnissen wurde die Heritabilität diverser Merkmalsausprägungen berechnet, die genau genommen nur unter den Bedingungen des jeweiligen Versuchs den Vererbungsgrad schätzt. Dennoch kann zusammenfassend ausgesagt werden, dass der Austriebszeitpunkt zu einem sehr hohen Grad von etwa 80 % vererbt wird. Der Höhen- und der Durchmesserzuwachs dagegen können nur zu einem Viertel durch genetische Veranlagung erklärt werden. Bei den quantitativen Wuchsleistungen ist der Einfluss der Umweltbedingungen wesentlich höher als bei einer Vielzahl von qualitativen Merkmalen wie Geradschaftigkeit, Ästigkeit oder Drehwuchs, die etwa zur Hälfte genetisch bedingt sind (GEBUREK 2004, NANSON 2002).

¹ Vortrag anlässlich der 27. Tagung der Arbeitsgemeinschaft „Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung“ am 10. 10. 2007 in Wien

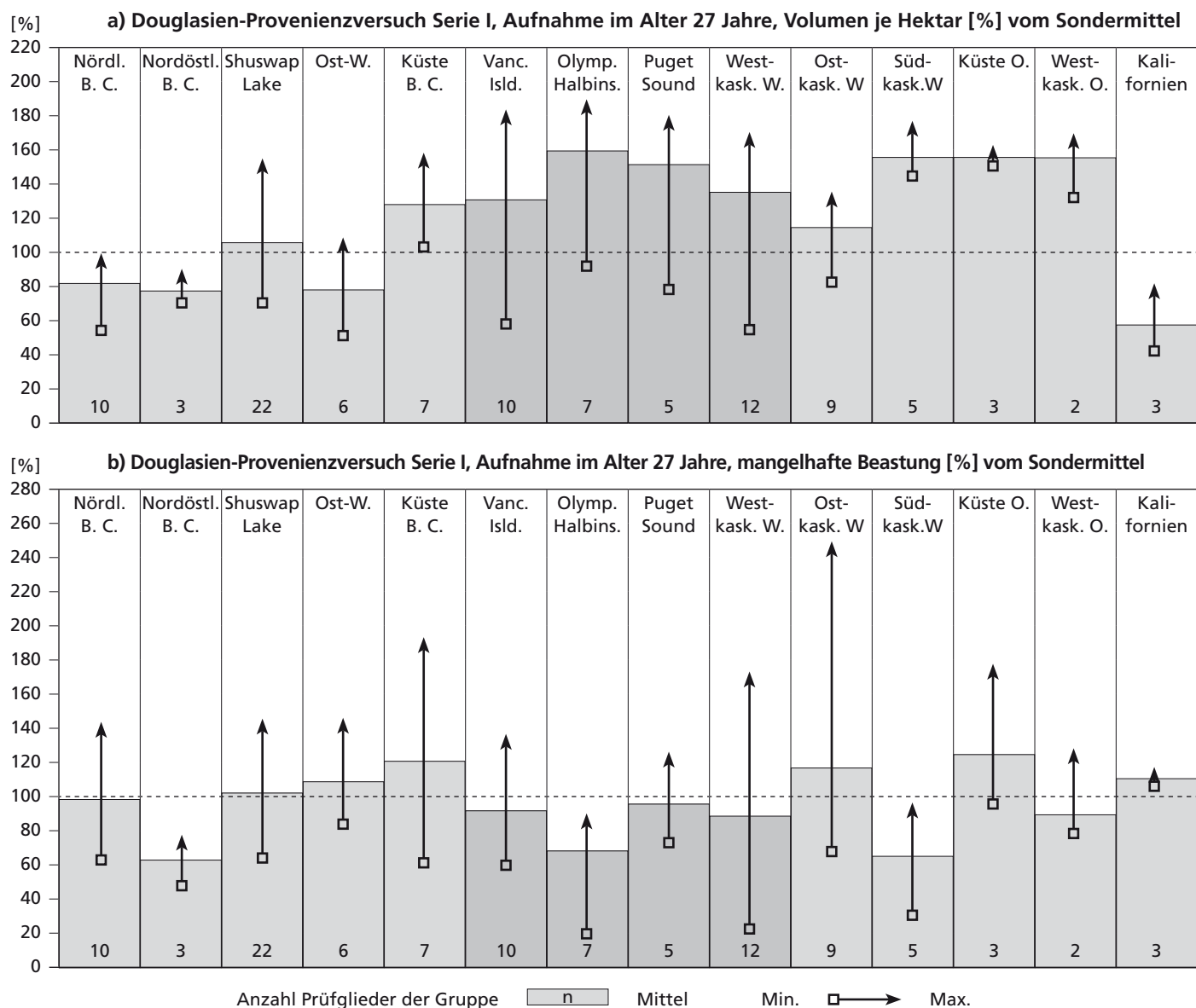


Abbildung 1: Douglasienherkunftsversuch; a) Höhenwuchsleistung, b) Ästigkeit (aus RAU 2005, verändert)

Figure 1: Douglas-fir provenance experiment; a) Height increment, b) Branchiness (according to RAU 2005, changed)

Bei der Züchtungsarbeit muss aber nicht nur die Heritabilität einzelner Merkmale, sondern auch die genetische Vielfalt und die daraus sich ergebende Anpassungsfähigkeit beachtet werden. Die Züchtungsprodukte, seien es Bestandes- oder Samenplantagenabsaaten oder vegetativ vermehrte Mehrklonsorten, müssen erwarten lassen, dass sie bis zum Generationswechsel stabile und viable Bestände bilden können. Ein Generationswechsel durch Naturverjüngung darf zudem keine nachteiligen Folgen beispielsweise durch Inzuchteffekte auf die spätere Anpassungsfähigkeit haben. WEISGERBER hat 1990 die Notwendigkeit eines Gleichgewichts zwischen Ertragsstabilität und Ertragsleistung bzw. Ertragsqualität beschrieben. Danach muss dem praxisorientierten Züchter an hohen und hochwertigen, vorrangig aber auch an sicheren Erträgen gelegen sein.

3 Kurzer historischer Abriss

ROHMEDER und SCHÖNBACH schreiben 1959 in einem der ersten Lehrbücher zur Forstpflanzenzüchtung, dass „die Waldpflanzen bis vor wenigen Jahrzehnten züchterisch nicht bearbeitet“ wurden. Erst in den Zwanziger-Jahren des 20. Jahrhun-

derts wurden mehrere Forstpflanzenzüchtungsinstitutionen gegründet. Die Forschungen zur Züchtung von Waldbäumen umfassen bei vielen Baumarten also noch nicht mal die Dauer einer einzigen Generation bzw. einer Umtriebszeit. Zwar ist seit DU MONCEAU ab der Mitte des 18. Jahrhunderts bekannt, dass die Herkunft des Saat- bzw. Pflanzgutes eine entscheidende Bedeutung für den Erfolg einer Pflanzung hat, aber erst seit Beginn des 20. Jahrhunderts sind im deutschsprachigen Raum beispielsweise von CIESLAR (1923), ENGLER (1908) oder SCHOTT (1907) systematisch Provenienzversuche angelegt worden. Erst 1928 wurde die Abteilung Forstpflanzenzüchtung des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Züchtungsforschung als erste deutsche Institution in diesem Bereich gegründet. Bedingt durch den Zweiten Weltkrieg konnte nur wenig erforscht und untersucht werden. Nach 1945 wurden in beiden deutschen Staaten und in den Bundesländern Anstalten für Forstpflanzenzüchtung etabliert. Im Jahr 1961 schlossen sich die Forstpflanzenzüchtungsinstitute der Bundesländer zu einer Arbeitsgemeinschaft zusammen, um die Züchtungsarbeiten auf Bundesebene zu koordinieren. Näheres zur Geschichte der Forstpflanzenzüchtung ist bei LANGLET (1971) oder J. KLEINSCHMIT (1974) nachzulesen.

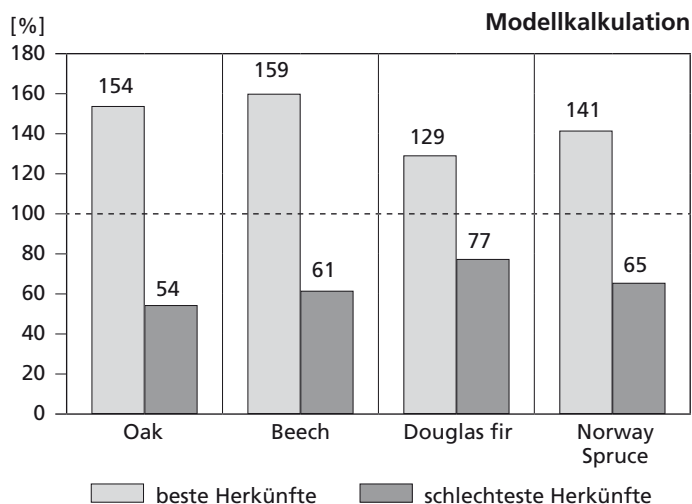


Abbildung 2: Deckungsbeitrag je Hektar der 25 % besten bzw. schlechtesten Herkünfte (nach W. KLEINSCHMIT 2002)

Figure 2: Profit margin per hectare of 25 % superior and inferior provenances respectively (according to W. KLEINSCHMIT 2002)

1949 begann KRAHL-URBAN mit der Einsammlung von Bucheckern, um daraus Herkunftsversuche anzulegen (KRAHL-URBAN 1958). Die Ergebnisse der Versuche führten 1987 zur ersten Zulassung von Buchenbeständen, aus denen Saatgut der Kategorie „geprüft“ geerntet werden durfte (KLEINSCHMIT und SVOLBA 1996). Dies zeigt den langen Zeitraum, der von der Anlage von Versuchsflächen bis hin zu gesicherten Erkenntnissen vergeht.

4 Provenienzforschung

Die Notwendigkeit der Provenienzforschung soll am Beispiel der allochthonen Baumart Douglasie gezeigt werden. Das natürliche Verbreitungsgebiet weist eine deutliche Differenzierung der Umweltbedingungen auf.

Im Jahr 1970 wurden an der damaligen Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt in Hann. Münden 127 Herkünfte aus dem gesamten Verbreitungsgebiet der Douglasie ausgesät und auf 16 Versuchsflächen in Hessen angepflanzt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Herkünfte sowohl in quantitativen als auch in qualitativen Merkmalen unterscheiden. In Abbildung 1 ist beispielhaft die Höhenwuchsleistung (Abb. 1a) und der Anteil von Bäumen mit mangelhafter Bestattung (Abb. 1b) dargestellt (RAU 2005). Nach den Ergebnissen dieses Provenienzversuches werden unter Berücksichtigung aller aufgenommenen Merkmale folgende Herkünfte für den Anbau in Hessen empfohlen, wobei die Empfehlung sicherlich für den Großteil von Deutschland zutrifft: Insel Vancouver, Olympic Halbinsel, Puget Sound und Westkaskaden Washington. Die Herkünfte unterscheiden sich in ihren genetischen Strukturen aufgrund des durch den von den herrschenden Umweltbedingungen des Herkunftsurprungs hervorgerufenen Anpassungsprozesses signifikant. Eine falsche Herkunftswahl kann daher zu einem deutlich schlechteren Ertrag bis hin zum Totalverlust führen. Nach SPELLMANN (2004) kann die richtige Herkunftswahl den Ertrag stärker steigern als waldbauliche Maßnahmen.

Um die Herkunftswahl betriebswirtschaftlich bewerten zu können, wurden Ergebnisse verschiedener Herkunftsversuche in Waldwachstumsmodelle eingebracht, beispielsweise auch der schon erwähnte Buchenprovenienzversuch

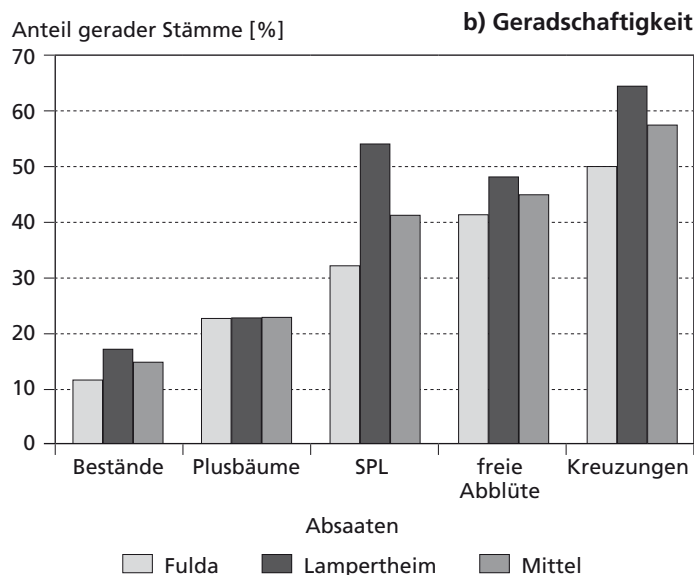
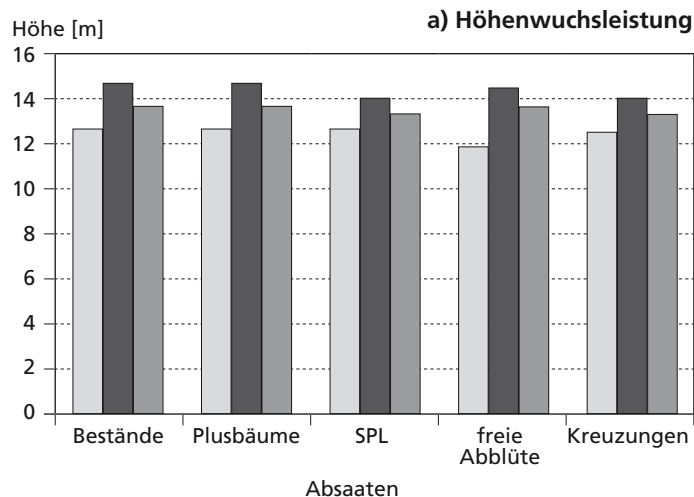


Abbildung 3: Kiefernbestandesabsaatversuch, Anlage 1976; a) Höhenwuchsleistung, b) Anteil geradschaftiger Bäume (nach RAU 2002, verändert)

Figure 3: Progeny test of Pine stands, established 1976; a) Height increment; b) Percentage of straight stems (according to RAU 2002, changed)

von KRAHL-URBAN (W. KLEINSCHMIT 2002). Der hochgerechnete Ertrag der 25 % besten Herkünfte pro Hektar nach einem Umtrieb liegt beispielsweise bei Buche 59 % höher als beim Versuchsmittel. Die 25 % schlechtesten Herkünfte erbringen dagegen nur 61 % des Ertrags des Versuchsmittels (Abb. 2). Bei den ebenfalls in die Untersuchung einbezogenen Baumarten Eiche, Douglasie und Fichte liegen die Ergebnisse tendenziell im gleichen Bereich. Auch LIESEBACH (2002) kommt bei Buche und Fichte zu ähnlichen Ergebnissen.

Letztlich gelangen die Ergebnisse der Provenienzversuche über die Herkunftsempfehlungen der einzelnen Bundesländer in die forstliche Praxis. So wird nach WEISGERBER (1996) gerade beim Anbau der Douglasie deutlich, dass durch die Herkunftsempfehlungen in Hessen der Anteil der Anpflanzungen geeigneter Herkünfte von 40 % im Jahr 1970 auf 98 % im Jahr 1984 gesteigert werden konnte und damit das Anbaurisiko durch falsche Herkunftswahl drastisch vermindert werden konnte. Auch bei den Laubbaumarten ist der Anteil empfohlener oder örtlich bewährter Herkünfte von 1980 bis 1995 deutlich angestiegen.

Tabelle 1: Fläche der zugelassenen Samenplantagen und Bestände, gruppiert nach Baumart und Kategorie, Stand 31. 12. 2004 (Bund-Länder-Arbeitsgruppe 2006)**Table 1:** Area of registered seed orchards and stands grouped by tree species and categories as at December 2004 (Bund-Länder-Arbeitsgruppe 2006)

Baumart	Kategorie „Quellengesichert“ [ha]	Kategorie „Ausgewählt“ [ha]	Kategorie „Qualifiziert“ [ha]	Kategorie „Geprüft“ [ha]
<i>Abies alba</i>		7920		
<i>Abies grandis</i>		24	2	
<i>Acer platanoides</i>	1	92		
<i>Acer pseudoplatanus</i>		1035	18	
<i>Alnus glutinosa</i>		1826	18	29
<i>Alnus incana</i>		1	1	
<i>Betula pendula</i>		86		
<i>Betula pubescens</i>		23	2	
<i>Carpinus betulus</i>	2	283		
<i>Castanea sativa</i>		20		
<i>Fagus sylvatica</i>		75348	9	134
<i>Fraxinus excelsior</i>		2741	11	
<i>Larix decidua</i>		2381	40	42
<i>Larix kaempferi</i>		677	11	6
<i>Larix x eurolepis</i>			4	2
<i>Picea abies</i>		35322	72	195
<i>Picea sitchensis</i>		28		
<i>Pinus nigra</i>		536	7	
<i>Pinus sylvestris</i>		18159	144	124
<i>Prunus avium</i>	22	79	10	
<i>Populus ssp.</i>		4		
<i>Pseudotsuga menziesii</i>		3026	26	9
<i>Quercus petraea</i>		31126		251
<i>Quercus robur</i>		8811	11	29
<i>Quercus rubra</i>		751		
<i>Robinia pseudoacacia</i>		11	1	
<i>Tilia cordata</i>		827	18	2
<i>Tilia platyphyllos</i>	1	26		
Total	26	191163	405	823

5 Bestandesprüfung

An dieser Stelle soll auf das deutsche Forstvermehrungsgutrecht kurz eingegangen werden, das den Vertrieb von forstlichem Vermehrungsgut an bestimmte Bedingungen knüpft. So muss das vertriebene Saat- oder Pflanzgut aus Beständen oder Samenplantagen stammen, die in den Kategorien „ausgewählt“, „qualifiziert“ oder „geprüft“ zur Beerntung zugelassen sind. Bestände der Kategorie „ausgewählt“ sind dabei nur nach dem Phänotyp ausgewählt, während für die Kategorie „geprüft“ eine definierte Prüfung genetisch bedingter Merkmale durchgeführt worden ist. Eine Unterscheidung, ob die Ausprägung eines Bestandesmerkmals vom Genotyp bedingt oder durch die herrschenden Umweltbedingungen verursacht ist, kann nur durch eine Bestandesprüfung erfolgen. Während in den Jahren von 1950 bis 1980 vor allem bei Nadelbaumarten Versuchsflächen angelegt worden sind, wurden in den letzten beiden Jahrzehnten verstärkt bei den Laubbaumarten Bestandesprüfungen angelegt.

In Deutschland können nach einer Zusammenstellung der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Erhaltung forstlicher Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ (Tab. 1) zurzeit beispielsweise bei Buche nur 134 ha und bei Fichte nur 195 ha „geprüfte“ Bestände beerntet werden, eine im Verhältnis zur Anbaufläche verschwindend geringe Zahl (Bund-Länder-Arbeitsgruppe 2006). Die Anzahl geprüfter Bestände ist bei den meisten Baumarten so gering, dass nur ein Bruchteil des benötigten Pflanzgutes daraus an-

gezogen werden kann. Leider ist aber auch die Nachfrage nach „geprüftem“ Vermehrungsgut ausgesprochen niedrig. Vielen in der Forstwirtschaft scheinen nach wie vor die Vorteile dieses in Prüfungen nachgewiesenen Mehrwertes von geprüftem Vermehrungsgutes nicht bewusst zu sein.

6 Samenplantagen

Anhand eines hessischen Kiefernbestandesabsaatenversuchs, angelegt im Jahr 1976, soll die Bedeutung der Vererbung qualitativer Merkmale anschaulich gemacht werden (RAU 2002). In diesem Versuch sind auf zwei Versuchsflächen sowohl Absaaten von Beständen und Plusbäumen dieser Bestände als auch von Samenplantagen angepflanzt worden. Zusätzlich sind auf Samenplantagen Plusbäume miteinander gekreuzt worden und deren Nachkommen ebenfalls in diesem Versuch geprüft worden. Während im Höhenwuchs keine Unterschiede zwischen den Nachkommen von Beständen, ausgewählten Plusbäumen, Samenplantagen und Kreuzungen der besten Plusbäume zu finden sind (Abb. 3a), werden bei der Geradschaftigkeit erhebliche Unterschiede sichtbar. So liegt der Anteil gerader Bäume in den Nachkommenschaften der untersuchten Bestände bei 15 %, während die Nachkommen der besten Einzelbäume 23 % gerade Bäume aufweisen. Samenplantagenabsaaten weisen in diesem Versuch einen Anteil von 41 % gerader Bäume auf. Kreuzt man die Plusbäume von Samenplantagen gezielt miteinander, erhöht sich der Anteil gerader Bäume noch mal auf 57 % (Abb. 3b).

Tabelle 2: Fichtenstecklingsprüfung 1976, Auswirkung der Selektion auf die Merkmalsmittelwerte (4 Flächen in Norddeutschland) (aus KLEINSCHMIT und SVOLBA 1998)**Table 2:** Norway spruce clonal test 1976, result of selection on character mean values (4 test sites in North Germany) (from KLEINSCHMIT and SVOLBA 1998)

		Sämlinge	Stecklinge					
			gesamt	oberste 50 %	oberste 30 %	oberste 20 %	oberste 10 %	oberste 5 %
Anzahl	[St.]	140	245	122	73	49	24	12
Höhe	Alter 18 [m]	8,25	8,49	9,07	9,31	9,48	9,72	9,92
	[%]	100	103	110	113	115	118	120
BHD	Alter 18 [cm]	10,16	10,31	11,20	11,58	11,81	12,13	12,39
	[%]	100	101	110	114	116	119	122
Volumen pro Stamm	Alter 18 [fm]	0,0368	0,0408	0,0490	0,0532	0,0560	0,0592	0,0617
	[%]	100	111	133	145	152	161	168

Dies Beispiel zeigt, dass bereits durch die phänotypische Auslese qualitativer Merkmale eine Steigerung der mittleren Qualität der Nachkommen erreicht werden kann. In vielen Staaten werden daher Samenplantagen angelegt und das dort erzeugte, dem Handelssaatgut in vielen Merkmalen überlegene Saatgut konsequent verwendet. So stammt zum Beispiel in Schweden ein Großteil der gepflanzten Nadelbäume aus Samenplantagen. In Südkorea beträgt der Anteil der Pflanzen aus Samenplantagensaatgut über alle Baumarten über 90 % bei einer jährlichen Aufforstungsfläche von etwa 20000 ha.

7 Klonprüfung

Um die Produktivität guter Einzelbäume in Bezug auf Wuchs- und qualitative Merkmale am besten ausnutzen zu können, muss die Vermehrung dieser Bäume über autovegetative Verfahren erfolgen. So bleibt die genetische Veranlagung der ausgelesenen Individuen unverändert. Mit Hilfe von Klonprüfungen kann der genetisch bedingte Anteil durch Anbau auf mehreren Versuchsflächen errechnet werden. So wurden in Niedersachsen 1976 über 600 Fichten über Stecklinge bewurzelt und auf sechs Versuchsflächen ausgebracht. Zum Vergleich wurden Sämlinge aus einem geprüften Bestand der Herkunft Westerhof ausgepflanzt. Die Ergebnisse nach der Aufnahme im Alter 18 zeigen eine Überlegenheit der 245 Fichtenstecklingsklone, die auf vier Flächen gemeinsam angebaut wurden, gegenüber den Sämlingen um 10 % in der Volumenwuchsleistung. Vergleicht man nur die 20 % besten Klone (49 Klone) mit den Sämlingen, errechnet sich sogar eine Überlegenheit von 52 %. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt (KLEINSCHMIT und SVOLBA 1998). Allerdings nimmt die Anpassungsfähigkeit mit verminderter Klonzahl stark ab, was zu einem erheblichen Anbauisiko führt. Dazu hat sich herausgestellt, dass die vegetative Vermehrung in der Baumschule selbst bei Klonzahlen von nur 50 Stück nicht praktikabel ist. Zudem behindern natürliche Alterungsprozesse, die die vegetative Vermehrungsfähigkeit negativ beeinflussen, eine kommerzielle Vermarktung in größerem Umfang.

Bei Kirsche sind inzwischen silvaSELECT-Mehrklonsorten mit hessischen und niedersächsischen Klonen auf dem Markt, die über In-vitro-Vermehrung erzeugt werden. Bei dieser Vermehrungsmethode spielen Alterungseffekte keine Rolle, da die Klone bei der Etablierung in vitro rejuveniliert werden. Bei der Auswahl der niedersächsischen Mehrklonsorte wurde der Schwerpunkt neben einer guten Wuchsleistung auf qualitative Eigenschaften gelegt. Aus Klonprüfungen wurden die Kirschenklone ausgewählt, die mindestens 50 % gerade Stämme hatten. Die zum Vergleich mit angebauten Sämlinge wiesen dagegen nur einen Anteil von 10 % geraden Stämmen auf (MEIER-DINKEL 2003, GEBHARDT und BOHNENS 2002).

In Ländern mit intensiver Plantagenbewirtschaftung z. B. mit *Eukalyptus*- oder *Pinus*-Arten wie Brasilien, Südafrika und Australien konnte durch intensive Züchtung die Leistung erheblich gesteigert werden (BURLEY und KANOWSKI 2005; FNKELDEY und HATTEMER 2007). Auch bei der Züchtung schnell wachsender Baumarten wie Pappel und Weide ist eine erhebliche Leistungssteigerung nachgewiesen. Die neu gezüchteten und verbesserten Sorten werden konsequent eingesetzt (STANTON et al. 2002; LARSSON 1998).

8 Resistenzzüchtung

Bei Verwendung vegetativ vermehrter Klone bzw. Mehrklonsorten spielt die Resistenz gegenüber Schaderregern eine wichtige Rolle. KECHERL (1983) hat beispielsweise bei der Pappelzüchtung eine Methode entwickelt, die in einem Frühstestverfahren die Resistenz von Pappelsorten gegenüber dem Pappelkrebs ermittelt. Nach der Kreuzung werden die Sämlinge nach einer ersten Verklonung zunächst auf ihre Resistenz geprüft. Erst danach werden weitere Züchtungsschritte durchgeführt. Dieses Verfahren hilft zukünftig, die Probleme der 1960er Jahre durch Pappelkrebsbefall beim Pappelanbau zu vermeiden. Gerade bei Einengung der Sortenbasis auf wenige Klone muss der Resistenz eine überragende Rolle bei der Züchtungsarbeit zugebilligt werden. So wird bei der Züchtung von Pappeln zur Erzeugung von Biomasse in kurzen Umtriebszeiten die Resistenz gegen den Pappelblattrost eine große Bedeutung haben, weil bei Rostbefall aufgrund verminderter Assimilationsleistung auch die Gesamtwuchsleistung nachlässt.

9 Herkunftssicherung

Das deutsche Forstvermehrungsgutgesetz von 2003, basierend auf der EU-Richtlinie aus dem Jahr 1999, ist ein Verkehrsgesetz. Im § 1 sind die Erhaltung und Verbesserung der genetischen Vielfalt und die Förderung der Forstwirtschaft und ihrer Leistungsfähigkeit durch Bereitstellung von hochwertigem und identitätsgesichertem forstlichen Vermehrungsgut als Zweck genannt. Dennoch regelt das Gesetz nur den Vertrieb von forstlichem Vermehrungsgut, nicht dessen Verwendung in der forstlichen Praxis. Die Verwendung von forstlichem Vermehrungsgut wird durch die von den Bundesländern erstellten Herkunftsempfehlungen geregelt. Diese sind jedoch nur für den Staatswald verbindlich. Für den Kommunal- und Privatwald sind sie empfohlen.

Von entscheidender Bedeutung ist aber neben der Bereitstellung geeigneter Herkünfte die Identitätssicherung des jeweiligen Vermehrungsgutes. Es gibt in Deutschland zurzeit zwei Zertifizierungssysteme (ZÜF und FFV), die auf dem privat-

rechtlichen Zertifizierungsweg die Herkunftssicherheit gewährleisten. Die Möglichkeit der Herkunftsüberprüfung mittels biochemisch-genetischer Methoden ist im Rahmen hoheitlicher Kontrollen nach wie vor notwendig, um den Verbraucher vor den immer wieder vorkommenden Lieferungen falsch deklarierter Herkünfte zu schützen (KONNERT 2006).

10 Anpassungsfähigkeit

Nach dem Bericht des IPCC aus dem Jahr 2007 ist eine Klimaänderung bis zum Jahr 2100 sehr wahrscheinlich. Die Spanne der Temperaturerhöhung wird zwischen 1,8 und 4,0 °C liegen. In Mitteleuropa wird zudem wahrscheinlich viel weniger Sommerniederschlag fallen, und es wird zu längeren Perioden mit Sommertrocknis kommen. Diese Veränderungen verlangen von unseren Wäldern eine Anpassungsfähigkeit in erheblicher Größenordnung. Auch bei der zukünftigen Züchtung ist diese Erhöhung der Anpassungsfähigkeit auf Kosten der Leistungsfähigkeit zur Risikominimierung zu berücksichtigen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass einige Herkünfte die erforderliche Anpassungsfähigkeit nicht besitzen. Daher kann es notwendig werden, aus anderen Gebieten Herkünfte einzubringen, um die genetische Anpassungsfähigkeit zu erhöhen.

Nicht nur bei künstlicher Verjüngung sollte die Herkunftsfrage gestellt werden. Auch bei natürlicher Verjüngung muss immer die Frage gestellt werden, ob der zu verjüngende Bestand die erforderliche Angepasstheit und Anpassungsfähigkeit besitzt und diese an die nachfolgende Generation weitergeben kann. Bei nicht ausreichender Anpassungs- oder Leistungsfähigkeit sollte eine natürliche Verjüngung möglichst vermieden werden. Mit waldbautechnischen Maßnahmen kann zwar das Risiko vermindert, aber nicht grundsätzlich verhindert werden. Die forstgenetische Forschung muss verstärkt auch den Vererbungsgrad von phänotypischen Merkmalen aufzeigen, um der forstlichen Praxis verlässliche Kriterien zur Einschätzung der Naturverjüngungswürdigkeit an die Hand geben zu können.

11 Zukunftsanforderungen

Die jetzigen und künftigen Anforderungen an multifunktionale Forstwirtschaft bedingen eine Anpassung der Ausrichtung der Forstpflanzenzüchtung. Hierzu hat bereits die Arbeitsgemeinschaft der Länderinstitutionen für Forstpflanzenzüchtung ein Positionspapier verfasst (Arbeitsgemeinschaft 2001). Aufbauend auf diesem Vorschlag sollten in Zukunft folgende Themenbereiche verstärkt diskutiert werden:

1. In Deutschland muss in der Zukunft verstärkt in Richtung einer gemeinsamen Züchtungsstrategie des Bundes und der Länder gearbeitet werden. Die Züchtungsinstitution eines Bundeslandes kann alleine nicht den zukünftig prognostizierten Klima- und Umweltänderungen begegnen. Zudem ist durch den allgemeinen Stellenabbau in der öffentlichen Verwaltung die Personalstärke in vielen Institutionen nicht mehr ausreichend, um gezielt Züchtungsarbeit im notwendigen Umfang betreiben zu können.
2. Die Ergebnisse der bisherigen Züchtungsarbeit basieren bei den meisten Baumarten auf nur jeweils wenigen Versuchsflächen. Änderungen der Umweltbedingungen in Richtung der Klimaprognosen konnten bisher bei der Bewertung der Ergebnisse nur bei den wenigen Baumarten berücksichtigt werden, die auch auf Versuchsflächen unter Umweltbedingungen getestet wurden, die zukünftig möglich erscheinen. Bei neu geplanten Nachkommenschaftsprüfungen müssen alle nach den Prognosen

wahrscheinlichen Umweltkonstellationen berücksichtigt werden, was auch Anlagen in anderen Bundesländern oder Staaten einschließen muss.

3. Dringend erforderlich sind weitere Untersuchungen zur genetischen Variation bei vielen Baumarten. Züchtungsarbeit, aber auch Maßnahmen zur Erhaltung forstlicher Genressourcen erfordern ein genügendes Wissen über die genetischen Strukturen.
4. Die bisherigen Herkunftsgebietsabgrenzungen basieren in Deutschland auf ökologischen Grundeinheiten. Es sollte überprüft werden, ob auch bei einer Klimaänderung die ökologischen Grundeinheiten so bestehen bleiben können und ob die Höhenabgrenzungen angepasst werden müssen. Zudem sollte untersucht werden, wie die Herkunftsgebiete mit genetisch differenzierbaren Subpopulationen der jeweiligen Baumarten übereinstimmen.
5. Die prognostizierte Klimaänderung lässt erwarten, dass einige Baumarten oder Herkünfte sich zukünftig nicht mehr an die dann vorherrschenden Klimabedingungen anpassen können. Es sollten vermehrt Herkunftsversuche zukünftig interessant erscheinender Baumarten wie beispielsweise Roteiche und Schwarzkiefer möglichst unter großräumiger Einbeziehung von Züchtungsinstitutionen auch über Staatsgrenzen hinweg angelegt werden.
6. Letztlich bietet auch die auf *quantitative trait loci* (QTL) basierte markergestützte Selektion Möglichkeiten, den Zeitraum für eine erfolgreiche Forstpflanzenzüchtung erheblich zu verkürzen. Dieser Bereich steht erst am Anfang der Entwicklung, und es ist noch sehr viel Forschungsarbeit zu investieren.

Literatur

- Arbeitsgemeinschaft der Länderinstitutionen für Forstpflanzenzüchtung, 2001: Nachhaltige Nutzung forstgenetischer Ressourcen. *Forst und Holz* 56: 570–572.
- Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“, 2006: Tätigkeitsbericht 2001 bis 2004. Bonn, <http://www.genres.de/fgr/blag/ber-0104/>.
- BURLEY, J., KANOWSKI, P. J., 2005: Breeding strategies for temperate hardwoods. *Forestry* 78: 198–208.
- CIESLAR, A., 1923: Untersuchungen über die wirtschaftliche Bedeutung der Herkunft des Saatgutes der Stieleiche. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen* 49: 97–149.
- ENGLER, A., 1908: Tatsachen, Hypothesen und Irrtümer auf dem Gebiete der Samenprovenienzfrage. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 30: 295–314.
- FINKELDEY, R., HATTEMER, H. H., 2007: *Tropical Forest Genetics*. Springer, Berlin.
- GEBHARDT, K., BOHNENS, J., 2002: Wuchsleistungen mikrovermehrter hessischer Wildkirschen-Selektionen. *Forst und Holz* 57: 582–584.
- GEBUREK, T., 2004: Die Weitergabe genetischer Information – eine wichtige Komponente bei der Waldverjüngung. *BFW-Praxisinformation* Nr. 4: 18–20.
- HATTEMER, H. H., BERGMANN, F., ZIEHE, M., 1993: Einführung in die Genetik für Studierende der Forstwissenschaft. J.D.Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- IPCC, 2007: 4. Sachstandsbericht (AR4) des IPCC über Klimaänderungen. (<http://www.ipcc.ch/activity/ar4outline.htm>).
- KECHEL, H.-G., 1983: Untersuchungen über die Resistenz von Pappeln gegenüber dem Erreger des Pappelkrebses, *Xanthomonas populi* subsp. *populi* (Ridé) Ridé und Ridé. *Schriften des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten Hann. Münden*, Band 3.
- KLEINSCHMIT, J., 1974: Geschichtliche Entwicklung, Stand und zukünftige Aufgaben forstlicher Herkunftsforschung. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 145: 197–205.

- KLEINSCHMIT, J., 2000: Ist Naturverjüngung immer die beste Lösung für den naturnahen Waldbau? In: KOHLSTOCK, N., T. STAUBER und I. ZASPEL (Hrsg.): *Erhaltung und Nutzung genetischer Ressourcen für den naturnahen Waldbau, Betriebswirtschaft und/oder Naturschutz. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft* Nr. 194: 199–214.
- KLEINSCHMIT, J., SVOLBA, J., 1996: Ergebnisse der Buchenherkunftsversuche von KRAHL-URBAN. *AFZ/DerWald* 51: 779–782.
- KLEINSCHMIT, J., SVOLBA, J., 1998: Variation zwischen Fichtenklonen (*Picea abies* KARST.) und Möglichkeiten der Auslese. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 169: 225–229.
- KLEINSCHMIT, W., 2002: Herkunftsfrage aus Sicht der Betriebswirtschaft. In: *Nordwestdeutscher Forstverein (Hrsg.): Jahrestagung 2002 in Hann. Münden*: 28–33.
- KONNERT, M., 2006: Erfolge beim Herkunftsnachweis mittels Isoenzym- und DNA-Analysen. *AFZ-DerWald* 61: 430–432.
- KRAHL-URBAN, J., 1958: Vorläufige Ergebnisse der Buchenprovenienzversuche. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 129: 242–251.
- LANGLET, O., 1971: Two Hundred Years Genecology. *Taxon* 20: 259–329.
- LARSSON, S., 1998: Genetic improvement of willow for short-rotation coppice. *Biomass and Bioenergy* 15: 23–26.
- LIESEBACH, M., 2002: Forstgenetik rechnet sich. *Österreichische Forstzeitung* 6: 33–35.
- MEIER-DINKEL, A., 2003: Selektion, Prüfung, Zulassung und Vermarktung hochwertiger Kirschenklone, *AFZ/DerWald* 58: 798–800.
- MANTAU, U., 2006: Kampf um den Rohstoff Holz trotz riesiger Potenziale? *AFZ-DerWald* 61: S. 111–113.
- NANSON, A., 2002: Natural regeneration seen from the genetic stand point. In: Meier-Dinkel, A. und W. Steiner (Hrsg.): *Forest Tree Breeding in an Ecologically Oriented Forest Management System. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt*, Band 134, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main: 75–84.
- RAU, M., 2002: Quantitative and qualitative traits of Hessian Pine stands (*Pinus sylvestris* L.) in comparison to material of higher selection degree. In: MEIER-DINKEL, A. und W. STEINER (Hrsg.): *Forest Tree Breeding in an Ecologically Oriented Forest Management System. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt*, Band 134, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main: 133–138.
- RAU, M., 2005: Der internationale Douglasien – Provenienzversuch in Hessen – Ergebnisse bis zum Alter 27. *Forst und Holz* 60, S. 291–294.
- ROHMEDEER, E., SCHÖNBACH, H., 1959: *Genetik und Züchtung der Waldbäume*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin: 338 S.
- SCHOTT, P. C., 1907: Rassen der gemeinen Kiefer. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 29: 199–218 und 262–279.
- SPELLMANN, H., 2004: Ursache-Wirkungs-Beziehungen am Beispiel der Douglasie, waldwachstumskundliche Entscheidungshilfen für Waldbewirtschaftung und Forstplanung. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 175: 142–150.
- STANTON, B., EATON, J., JOHNSON, J., RICE, D., SCHUETTE, B., MOSER, B., 2002: Hybrid poplar in the Pacific Northwest: The effects of market-driven management. *Journal of forestry* 100: 28–33.
- WEISGERBER, H., 1983: *Forstpflanzenzüchtung – Aufgaben, Ergebnisse und Ziele von Züchtungsarbeiten mit Waldbäumen in Hessen*. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- WEISGERBER, H., 1990: Beiträge zur genetischen Variation der Waldbäume und Gefahren der Genverarmung durch Pflanzenzüchtung. *Forstliche Forschungsberichte* 107.
- WEISGERBER, H., 1996: Erfahrungen mit Herkunftsempfehlungen in Hessen in zwei Jahrzehnten. *AFZ-DerWald* 51: 778–780.

Autorenanschriften:

*Dr. Alwin Janßen
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Abteilung Waldgenressourcen
Prof.-Oelkers-Straße 6
34346 Hann. Münden
E-Mail: Alwin.Janssen@nw-fva.de*

*Hans-Martin Rau
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Abteilung Waldgenressourcen
Prof.-Oelkers-Straße 6
34346 Hann. Münden
E-Mail: Hans-Martin Rau@nw-fva.de*