

Schutz durch Nutzung forstlicher Genressourcen der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in Nordwestdeutschland

Protection through utilisation of the forest genetic resources of beech (*Fagus sylvatica* L.) in northwest Germany

Jörg Kleinschmit, Hans-Martin Rau und Karl Gebhardt

Zusammenfassung

Genetische Variation ist die Voraussetzung für die Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Umweltbedingungen und für die nachhaltige Leistungsfähigkeit unserer Wälder. Eine nachhaltige Nutzung ohne Erhaltung ist daher nicht möglich. Die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA) stellt dem Waldbesitzer Herkunftsempfehlungen auf der Basis gesicherten Wissens zur Verfügung. Prüfungen von Buchen-Nachkommenschaften zeigen deutliche genetische Unterschiede bei phänotypischen Merkmalen wie Vitalität und Wüchsigkeit. Dies bietet dem Forstbetrieb die Chance zur Steigerung der Produktivität durch die Wahl des besten Vermehrungsgutes. Naturverjüngung ist nicht immer die beste Wahl. Die Auswahl der besten Bestände ist entscheidend.

Die Erfassung von Objekten zur Erhaltung forstlicher Genressourcen liefert wertvolle Daten für die nachhaltige Nutzung und den Schutz der Buche. Dazu

Beiträge aus der NW-FVA, Band 3, 2008

wurde über die Länder Nordwestdeutschlands verteilt ein Netz phänotypisch herausragender Bestände ausgewählt, in welchen die Weitergabe der bestehenden genetischen Information an die folgende Bestandesgeneration besondere Bedeutung hat. Neben dieser *In-situ*-Erhaltung werden weitere Maßnahmen zur Erhaltung und Bereitstellung besonderer genetischer Information getroffen.

Die Methoden der Herkunftssicherung: amtliche Kontrolle und Dokumentation, genetischer Vergleich mit Referenzproben und Stabilisotopen-Untersuchungen geben dem Verbraucher und den Behörden Instrumente an die Hand, um Zweifel an der Identität des genutzten Vermehrungsgutes zu überprüfen.

Stichworte: Erhaltung, Produktivitätssteigerung, forstliche Genressourcen, nachhaltige Nutzung, Herkunftssicherung, Buche

Abstract

Genetic variation is essential for the ability to adapt to changing environmental conditions, and for the sustainable productivity of our forests. Therefore, sustainable utilisation in the absence of conservation is not possible. Based on their scientific knowledge, the Northwest German Forest Research Station (NW-FVA) provides forest owners with provenance recommendations. Tests of beech progenies reveal clearly the genetic differences in relation to phenotypic characteristics such as vitality and vigour. This gives forest enterprises the opportunity to increase productivity by selecting the best reproductive material. Natural regeneration is not always the best choice. The selection of the best stands is crucial.

The survey of units for the conservation of forest genetic resources provides valuable data for the sustainable use and conservation of beech. To this end, a network of phenotypically excellent stands has been selected across the states of northwest Germany so that the existing genetic information can be passed on to subsequent forest generations. In addition to this *in situ* conservation, other measures for the conservation and provision of special genetic information have been undertaken.

The methods to be able to verify the origin of a provenance, including state control and documentation, genetic comparisons with reference samples, and stable isotope investigations provide users and government departments with the tools needed to check any uncertainty about the genetic identity of reproductive material used.

Keywords: conservation, productivity increase, forest genetic resources, sustainable utilisation, provenance verification, beech

1 Einleitung

Die biologische Vielfalt ist die Grundlage für die Stabilität und Anpassungsfähigkeit und damit die nachhaltige Produktivität unserer Wälder. Biologische Vielfalt ist daher sowohl ökologisch wie auch ökonomisch wichtig. Die biologische Vielfalt umfasst die Vielfalt an Lebensräumen, die Artenvielfalt und die genetische Vielfalt. Der vorliegende Artikel befasst sich mit der genetischen Vielfalt der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in den Bundesländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein.

Die besondere Bedeutung der genetischen Vielfalt liegt darin begründet, dass die Erbinformation Basis der Informationsweitergabe über die Lebensspanne einzelner Individuen hinaus ist (GREGORIUS 1997). Durch die in den Genen gespeicherte Information ist Anpassung von Populationen an sich ändernde Umweltbedingungen erst möglich. Aus Sicht des Menschen als Nutzer der Natur ist die Erhaltung forstlicher Genressourcen daher zum einen notwendige Voraussetzung als Basis für eine Auswahl möglichst wüchsiger und stabiler Genotypen zur Produktion nachwachsender Rohstoffe, zum anderen ist die Erhaltung aber auch Daseinsvorsorge im Hinblick auf sich verändernde, nicht genau vorhersagbare Umweltbedingungen. Erhaltung und nachhaltige Nutzung ergänzen sich. Eine nachhaltige Nutzung ohne gleichzeitige Erhaltung ist nicht möglich. In diesem Sinne sollen im Folgenden Ergebnisse aus der angewandten forstgenetischen Buchenforschung vorgestellt werden.

Um dem Ziel Schutz durch Nutzung der forstgenetischen Ressourcen gerecht zu werden, müssen die Erkenntnisse der forstgenetischen Forschung über genetische Variation zwischen Herkünften, Beständen und innerhalb von Beständen im Rahmen der forstlichen Bewirtschaftung berücksichtigt werden. Zu diesen Erkenntnissen gehört die Tatsache, dass die heute zu sehenden Muster genetischer Variation bei der Buche zum einen durch die Rückzugs- und Ausbreitungseignisse während und nach den Eiszeiten geprägt sind (MAGRI et al. 2006). Zum anderen spiegeln sie den Einfluss des Menschen in der neueren Forstgeschichte wider. Hier sind neben waldbaulichen Eingriffen besonders anthropogen bedingte Arealveränderungen der Buche durch Rodungen oder Ersatz der Buche durch andere Baumarten und die künstliche Wiederverbreitung der Buche durch Pflanzungen zu nennen.

2 Prüfung von Buchen-Nachkommenschaften

Bei der Prüfung von Buchen-Nachkommenschaften wird das Ausmaß genetisch bedingter Unterschiede phänotypischer Merkmale wie z. B. Vitalität, Qualität, Stabilität und Anpassungsfähigkeit geschätzt. Dazu werden Nachkommenschaften (Familien oder Bestandesabsaaten) verschiedener Ausgangsbestände unter gleichen Umweltbedingungen in speziellen Versuchsanordnungen nebeneinander angebaut.

Die besten Ausgangsbestände sollen später als „geprüft“ nach dem Forstvermehrungsgutgesetz zur Saatguternte zugelassen werden.

Die Buche hat sich in solchen Versuchen als relativ schwieriges Untersuchungsobjekt erwiesen. Teilweise treten starke Einflüsse der Versuchsumwelten auf, sodass dadurch die veranlagungsbedingten Unterschiede in Leistung und Qualität überlagert werden. Des Weiteren hat sich herausgestellt, dass es bei Buche sehr lange dauern kann, bis man die genetische Veranlagung, forstwirtschaftlich wichtige Eigenschaften wie Gerad- oder Wipfelschäftigkeit auszubilden, mit ausreichender Sicherheit bewerten kann. Deswegen müssen Buchenversuche über Jahrzehnte hinweg beobachtet werden. Das hat zur Folge, dass man relativ große Parzellen benötigt, in denen auch nach ersten Durchforstungen noch genügend Individuen verbleiben. Daraus ergibt sich wiederum, dass man auf einer gegebenen Fläche weniger verschiedene Prüfglieder testen kann. Die für den Versuch beernteten Bestände sollten nicht zu alt sein, sonst besteht die Gefahr, dass sie nach Abschluss der Prüfung nicht mehr existieren.

Im Vergleich zu ihrer heutigen forstwirtschaftlichen Bedeutung ist die Buche, abgesehen von den 19 durch Krahl-Urban in den 50- und 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts begründeten Herkunftsversuchen mit 133 Herkünften (KLEINSCHMIT u. SVOLBA 1996), erst relativ spät in größere Vergleichsprüfungen aufgenommen worden. So sind zwischen 1986 und 1998 auf Initiative des Institutes für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der damaligen Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft 62 Feldversuche mit insgesamt 350 Herkünften in 21 europäischen Ländern begründet worden, davon 21 in Deutschland (LIESEBACH et al. 1998). Die Vorgängerinstitutionen der NW-FVA haben schwerpunktmäßig zwischen 1986 und 1999 ca. 40 Versuchsflächen angelegt, die vorrangig der Prüfung von über 250 Bestandesnachkommenschaften vor allem in Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein dienen.

Aus den Herkunfts- und Bestandesprüfungen bei Buche lassen sich trotz der beschriebenen Schwierigkeiten wichtige Erkenntnisse für den Waldbau und die Erhaltung besonders wertvoller Genressourcen ableiten: Die Vorkommen der Buche zeigen eine ihrem ausgedehnten natürlichen Verbreitungsgebiet entsprechende große Variabilität in ihren Leistungs- und Qualitätsmerkmalen wie auch in ihrer Toleranz gegenüber Umwelteinflüssen wie Spätfrost oder Trockenheit (CZAJOWSKI u. BOLTE 2006a und 2006b, LIESEBACH 2000, MUHS u. VON WÜHLISCH 1992, KLEINSCHMIT u. SVOLBA 1996, THOMASIU u. GÄRTNER 1988). Das kann auch für relativ nahe beieinander liegende Bestände gelten. Bei der Pflanzung von Buchen kann daher nicht nur, wie bei den meisten anderen Baumarten auch, die Herkunft, sondern vielfach sogar der einzelne Erntebestand entscheidenden Einfluss auf den Anbauerfolg haben. Die räumliche Nähe von Ursprung des Vermehrungsgutes und Anbauort (hier Versuchsflächen) ist nicht unbedingt Garant für optimales Wachstum. Das heißt, dass lokales Material nicht notwendigerweise das Beste ist. So wird die ortsnahe Bestandesnachkommenschaft aus dem Bram-

wald in einem von Krahl-Urban dort angelegten Versuch sowohl in ihrer Vitalität als auch Qualität im Alter von 50 Jahren von mehreren weit entfernten Herkünften sehr deutlich übertroffen.

Wichtiger als die horizontale Nähe scheint zu sein, dass Buchen aus vergleichbaren Höhenlagen verwendet werden (LIESEBACH 2000). Dies passt zu Ergebnissen von genetischen Untersuchungen in Hessen. Sie haben gezeigt, dass an den untersuchten Isozymgenorten dann eher Unterschiede zwischen Beständen auftreten, wenn diese aus sehr unterschiedlichen Höhenstufen stammen (SANDER et al. 2000). Konsequenterweise sind bei Buche in der FORSTVERMEHRUNGSGUTHERKUNFTSGEBIETSVERORDNUNG (1994) nicht nur horizontale Herkunftgebiete, sondern für Berglandregionen auch Höhenzonen ausgewiesen.



Abbildung 1: Vergleich der Schaftform der Herkunft Zwiesel-Ost (links) zur Herkunft Metzlingen (rechts) im Versuch von Krahl-Urban im Niedersächsischen Forstamt Münden, Abteilung 136 im Alter 39

Welchen entscheidenden Einfluss der Ausgangsbestand beispielsweise auf die Geradschaftigkeit haben kann, lässt sich auf Flächen des Buchenversuches von Krahl-Urban zeigen. Es gibt dort ohne schützende Beschirmung Parzellen mit etwa 90 % weitgehend geraden Buchen (Herkunft „Zwiesel-Ost“, Bayerischer Wald) und andere, bei denen nicht eine einzige gerade Buche zu finden ist (s. Abb. 1). Aus einer Reihe von Versuchen zeichnet sich ab, dass Buchenherkünfte aus höheren Lagen tendenziell eher gerade Formen entwickeln als Tief-lagenherkünfte. Versuche mit Nachkommen einzelner Buchen zeigen darüber

hinaus, dass es auch auf individueller Ebene beträchtliche Unterschiede geben kann.

3 Herkunftsempfehlungen, verfügbares Vermehrungsgut

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus der Herkunftsforschung gibt es für die meisten Bundesländer baumartenweise gegliederte Herkunftsempfehlungen für die dort jeweils vorkommenden Anbaubereiche. Schaut man sich die von der Versuchsanstalt erarbeiteten Empfehlungen für Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein an, so fällt auf, dass es für Buche nur sehr wenige Empfehlungen von Vermehrungsgut der besten Kategorie „geprüft“ gibt, deren Zulassung auf Ergebnissen von langjährigen Vergleichsanbauten beruht. Das hängt mit den oben geschilderten Problemen bei der Buchenherkunftsforschung zusammen.

Während für Hessen an zweiter Stelle bewährtes, autochthones Vermehrungsgut aus vergleichbaren Lagen im gleichen Forstbetrieb empfohlen wird, folgen für die beiden anderen Länder sogenannte „Sonderherkünfte“ und „Spitzenbestände“. „Sonderherkünfte“ sind von der Gütegemeinschaft für forstliches Vermehrungsgut nach phänotypischen Merkmalen ausgewählte Bestände, welche die amtlich vorgeschriebenen Zulassungsvoraussetzungen für die Saatguternte in besonderem Maße erfüllen. Bei den „Spitzenbeständen“ handelt es sich um eine kleine Gruppe amtlich zugelassener Saatguterntebestände, die aus Sicht der für die niedersächsischen Landesforsten zuständigen Saatgutberatungsstelle beim Forstamt Oerrel für die Bereitstellung von forstlichem Vermehrungsgut besonders geeignet erscheinen. In beiden Fällen ist die erbliche Überlegenheit von Vermehrungsgut aus solchen Beständen nicht durch vorangehende Vergleichsprüfungen belegt. Im Gegensatz zu den bestandesweise abgegrenzten „geprüften“ Beständen und den „Spitzenbeständen“ handelt es sich bei „Sonderherkünften“ meist um Gruppen von verschiedenen Beständen zwischen 3 und 1.156 ha. Bei sehr großen „Sonderherkünften“ ist damit zu rechnen, dass die Qualität des Vermehrungsgutes je nach Ort des einzelnen beernteten Bestandes schwankt, weil bei so großen Komplexen auch eine entsprechende genetische Variabilität innerhalb des Komplexes zu erwarten ist.

Das weitaus meiste Vermehrungsgut von Buche, das in Deutschland verwendet wird, stammt aus den 5.709 amtlich in der Kategorie „ausgewählt“ zugelassenen Beständen, die mit ihren rd. 75.000 ha ungefähr 5 % der Buchenfläche in Deutschland ausmachen (BUND-LÄNDER-ARBEITSGRUPPE „FORSTLICHE GENRESSOURCEN UND FORSTSAATGUTRECHT“ 2006). Die Kriterien für die amtliche Zulassung von Beständen sind in einer Bundesverordnung geregelt (FORSTVERMEHRUNGSGUT-ZULASSUNGSVERORDNUNG 2002). Sie beinhalten für die Kategorie „ausgewählt“ neben den Mindestforderungen zur Sicherung einer ausreichenden genetischen Vielfalt – Alter (70 Jahre), Fläche (2,5 bzw. in höheren Lagen auch nur 1 oder ¼ ha) und Baumzahl (40 bzw. 20) – Kriterien wie Gesundheit, Schaft-

und Kronenform, Zuwachs und Homogenität. Bei der Zulassung ist es wichtig, nicht nur die absolut phänotypisch besten Bestände einer Baumart in einem Land zuzulassen, sondern in dem gesamten potenziellen Anbaugebiet die relativ besten auszuwählen. Damit soll erreicht werden, dass auch für ganz unterschiedliche Standortbedingungen das voraussichtlich am besten angepasste Vermehrungsgut geerntet werden kann. Andernfalls könnte beispielsweise Vermehrungsgut von hochproduktiven Tieflagenstandorten auch in ökologisch stark abweichende Hochlagen verbracht werden, an die es womöglich nicht ausreichend angepasst ist.

Nach Angaben der BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG 2007 sind seit 1997 in Deutschland pro Jahr ca. 91.000 kg Bucheckern in als „ausgewählt“ zugelassenen Beständen gesammelt worden. Während die Buche früher nur etwa alle zehn Jahre eine sogenannte Vollmast ausbildete, haben sich die Abstände – vermutlich in Zusammenhang mit der Klimaerwärmung – deutlich verringert. Allerdings schwanken die Mengen von Jahr zu Jahr sehr stark (2005/6 nur 11 kg). Zu den genannten Mengen kommen jährlich jeweils rund 800 kg aus „geprüften“ Beständen und aus Beständen im Ausland. Zieht man die Mengen ab, die in andere Länder verbracht werden, so ergibt sich ein Saldo von jährlich 95.000 kg, was einer theoretisch möglichen Ausbeute an 1-jährigen Sämlingen von etwa 95 Mio. entspräche.

3.1 Empfehlungen zur Saatguternte

Wie JANBEN (2000) mithilfe von Isoenzymanalysen zeigen konnte, beeinflussen Saatgut-Ernteverfahren die genetischen Strukturen der daraus hervorgehenden Nachkommen. Zu berücksichtigen ist ferner, dass aus Naturverjüngung entstandene Bestände der schwersamigen Buche teilweise Familienstrukturen aufweisen, benachbarte Bäume also genetisch ähnlicher sind (VORNAM et al. 2004). Da sich die Ziele von Beerntungen unterscheiden, ergeben sich je nach Ziel unterschiedliche Empfehlungen:

Beerntungen zur Erhaltung forstlicher Genressourcen sollen die genetischen Strukturen der Ausgangspopulation möglichst genau repräsentieren. Deshalb soll in einem Vollmastjahr auf möglichst großer Fläche mit Netzen geerntet werden. Ist eine Beerntung der Gesamtfläche nicht möglich, kann ein Stichprobenraster verwendet werden, dessen Maximalabstand der Erntepunkte 25 m betragen sollte, da dies dem effektiven Genfluss durch Samenverbreitung entspricht. Für Beerntungen zur Anlage von Provenienz- und Nachkommenschaftsprüfungen gelten dieselben Vorgaben.

Saatgutbeerntungen für die Versorgung der Forstbetriebe müssen den Anforderungen des Forstvermehrungsgutgesetzes entsprechen. Es sind mindestens 20 Bäume je Bestand zu beernten. Diese Bäume sollten über den ganzen Bestand verteilt sein. Durch Mischung des Saatgutes verschiedener Erntebestände desselben Herkunftsgebietes kann zwar die Anpassungsfähigkeit der Mischung erhöht

werden, jedoch ist anzunehmen, dass sich der Vorteil der Angepasstheit verringert. Bei Einsatz von Sauggeräten und bei der Wildlingswerbung muss darauf geachtet werden, dass ein repräsentativer Teil des Bestandes einbezogen ist, damit die vorhandenen Familienstrukturen in der Folgegeneration nicht zu Inzuchteffekten führen.

Berntungen zur Durchführung genetischer Untersuchungen müssen bei geringem Stichprobenumfang die genetische Struktur des Ausgangsbestandes repräsentieren. Nach ZIEHE et al. (1998) liefert das Verfahren der Saatgut-sammlung unter jedem Altbaum gegenüber dem Verfahren der Sammlung mit Netzen unter stark fruktifizierenden Bestandespartien die besseren Schätzwerte. GILLET (1999) berechnete an einem Genort mit drei verschiedenen Genotypen für eine qualifizierte Schätzung genotypischer Werte einen Mindeststichprobenumfang von 499 Eckern.

4 Programm zur Erhaltung forstlicher Genressourcen

Damit Bäume sich an veränderte Umweltbedingungen, wie z. B. an die erwartete Klimaänderung, anpassen können, müssen sie über ausreichende genetische Variabilität verfügen. Für das Überleben der Arten ist es also nicht nur wichtig, dass sie an die aktuellen Bedingungen angepasst sind, was u. a. in Anbauversuchen untersucht wird, sondern auch, dass sie sich ihre genetische Anpassungsfähigkeit bewahren können. Im Sinne der multifunktionalen Waldbewirtschaftung ist es daher ein Ziel der im Jahr 2000 verabschiedeten Neufassung des *Konzeptes zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland* der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ (PAUL et al. 2000), die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der genetischen Vielfalt der Wälder großflächig miteinander zu verbinden. Dazu muss die genetische Vielfalt in ihrer aktuellen Verteilung erfasst werden. Anschließend soll sie in den verschiedenen Wuchsgebieten und Wuchsbezirken repräsentativ erhalten und damit langfristig für eine nachhaltige Nutzung zur Verfügung gestellt werden.

Die langfristige – über die Lebensspanne eines Individuums hinausgehende – Erhaltung von genetischer Information ist nur über die Weitergabe dieser Information von Generation zu Generation möglich. Dies geschieht im Normalfall durch Samenproduktion (generative Vermehrung) und natürliche Verjüngung. Dabei haben die jeweils an die Umwelt angepassten genetischen Varianten eine bessere Überlebenschance. Gleichzeitig wird durch die Neukombination der Gene im Rahmen der generativen Vermehrung die Anpassungsfähigkeit erhöht.

Geeignete Objekte zur Erhaltung forstlicher Genressourcen sind daher qualitativ herausragende Bestände, die sowohl aktuell angepasst sind als auch eine ausreichende genetische Vielfalt besitzen und sich natürlich verjüngen können, damit die besten Bestandesglieder ihre genetische Information vor ihrem Aushieb aus dem Bestand an die Folgegeneration weitergeben können. Dieser dynamischen

Erhaltung forstlicher Genressourcen *in-situ* (vor Ort) wird oberste Priorität eingeräumt.

Nur dort, wo keine langfristig überlebensfähigen Populationen mehr vorhanden sind, soll die genetische Vielfalt über Erhaltung *ex-situ* (an anderer Stelle) im Rahmen von Erhaltungspflanzungen, Klonarchiven oder der Lagerung von Saatgut in einer Forstgenbank gesichert und hinterher der forstlichen Praxis wieder zur Verfügung gestellt werden. Dies erfordert teilweise methodische Neu- oder Weiterentwicklungen, wie z. B. die vegetative Vermehrung für die Buche.

Aktuell sind für die Baumart Buche in den Ländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein die in Tabelle 1 genannten Objekte ausgewählt, gesichert und neu angelegt worden. Die Information zu den ausgewiesenen Objekten und geplanten Erhaltungsmaßnahmen wird den Waldbesitzern von der NW-FVA als Datenbankauszug zur Verfügung gestellt. Landes- und waldbesitzer-spezifisch erfolgt darüber hinaus eine Anbindung an das jeweilige forstliche Informationssystem und über eine Digitalisierung der Objekte die Darstellung in den geographischen Informationssystemen der Waldbesitzer.

Tabelle 1: *Erhaltungsobjekte Buche in den Ländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein in der Datenbank der NW-FVA (Sachstand 31.12.2007)*

Art des Erhaltungsobjektes	Anzahl	Größe/Menge
Bestandesobjekte <i>in-situ</i>	149	2773 ha
Einzelobjekte <i>in-situ</i>	86	259 Individuen
Bestandesobjekte <i>ex-situ</i>	51	120 ha
Samenplantagen	5	4,6 ha; 87 Klone
Saatgut in der Forstgenbank	324 Partien	566 kg insgesamt

4.1 Erhaltung *in-situ*

Im Rahmen des o. g. Konzeptes sollen von einer Hauptbaumart wie der Buche 1-2 % der Fläche als *In-situ*-Bestandesobjekte erfasst und langfristig gesichert werden. Die Auswahl von *In-situ*-Bestandesobjekten erfolgt in der Regel wegen ihrer Angepasstheit und herausragenden Qualität. Die Auswahl geschieht nach einer Verschneidung mit Daten aus der Forsteinrichtung, der Waldbiotopkartierung und des Waldnaturschutzes.

Die notwendigen Erhaltungsmaßnahmen werden durch die NW-FVA geplant und in den Landesforsten durch die Forsteinrichtung im Rahmen der periodischen Betriebsregelung berücksichtigt. Dabei ist eine Erfolgskontrolle der geplanten *In-situ*-Maßnahmen und eine angepasste Maßnahmenfortschreibung vorzunehmen. Die Ausweisung als *In-situ*-Bestandesobjekte schließt eine Nutzung der Bestände im Anschluss an eine erfolgte Sicherung durch Naturverjüngung oder aber

Verjüngung mit Material aus dem Objekt nach dem Prinzip Schutz durch Nutzung ausdrücklich ein.

Neben den *In-situ*-Bestandesobjekten sind besondere Einzelindividuen oder Gruppen erfasst worden, die entweder durch ihr hohes Alter oder aber durch besondere Wuchsform (z. B. Süntelbuchen) auffallen.

4.2 Erhaltung *ex-situ*

Bei *ex-situ* zu sichernden Erhaltungsobjekten soll der NW-FVA die Gelegenheit zur Sicherung der genetischen Information vor einer Nutzung oder anderweitigen Veränderung des Erhaltungsobjektes gegeben werden.

Unter dem Eindruck des Waldsterbens und der hohen Belastung durch Luftschadstoffe wurden die Buchenwälder in Hessen Ende der 1980er Jahre in vier Prioritätsstufen eingeteilt. Eine repräsentative Anzahl von Buchenbeständen der Prioritätsstufen 1 und 2 sollte unverzüglich gesichert werden. Zur Priorität 1 gehörten alle zugelassenen Buchenbestände über 400 m Meereshöhe in den Hauptschadgebieten, zur Priorität 2 alle zugelassenen Bestände über 400 m ü. NN in den übrigen Wuchsgebieten. Von diesen Objekten wurde über Netzernte Saatgut gewonnen und ausgesät. Mit den angezogenen Pflanzen legte die Versuchsanstalt 51 *Ex-situ*-Buchen-Erhaltungsobjekte bis zum Jahr 2008 mit einer Fläche von rund 120 ha an.

Für die Baumart Buche wurden in den Jahren 1956/57 und 1961 in Niedersachsen fünf Plusbaum-Samenplantagen mit einer Fläche von 4,6 ha angelegt. Die Plusbäume stammen aus Hessen, Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Rheinland-Pfalz. Ziel der Anlage dieser Pflanzsamensamenplantagen ist neben der Erhaltung phänotypisch ausgewählter Genotypen die Produktion von geprüftem Vermehrungsgut. Dazu wurden 1994 von den Plantagen zwei Nachkommenschaftsprüfungen angelegt. Anders als bei anderen Baumarten spielt bei der Buche Vermehrungsgut aus Samenplantagen oder von Klonen bisher keine nennenswerte Rolle.

4.2.1 Langzeitlagerung von Bucheckern in der Forstgenbank

Das sehr gute Mastjahr 1989/90 und die Teilmasten in den Jahren 1990 - 1995 boten die Chance, in den Kühlräumen der Forstgenbank in Hann. Münden größere Mengen von Buchensaatgut zur Erhaltung der genetischen Vielfalt langfristig einzulagern. Dazu wurden in Hessen insgesamt 67 Bestände der Prioritätsstufen 1 und 2 (s. o.) in 50 Forstämtern ausgewählt. Pro Bestand erntete man insgesamt etwa 20 kg von mindestens 20 Bäumen mit jeweils gleichen Anteilen an der Gesamtmenge. Nach der Netzernte in den ausgewählten Beständen und der Reinigung des Rohsaatgutes wurde das Saatgut auf 8-9 % Wassergehalt heruntergetrocknet, um die Stoffwechselaktivitäten des Saatgutes soweit wie möglich zu ver-

ringern, ohne eine spätere Keimfähigkeit nachteilig zu beeinflussen. Anschließend erfolgte die Einlagerung bei $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Der Versuch der Langzeitlagerung bei Buche zielte darauf ab, die Einlagerung in der Forstgenbank als Doppelsicherung neben der Ausweisung bzw. Anlage von Erhaltungsbeständen zu erproben und die Überbrückung von Saatgutengpässen in Jahren ohne Vollmast zu ermöglichen. Die Keimfähigkeit der in der Genbank verbliebenen Saatgutpartien wird jährlich überprüft. Abbildung 2 verdeutlicht, dass das Saatgut aus der Vollmast 1989 über ein sehr hohes Keimprozent verfügte, das in den ersten fünf Jahren der Einlagerung weitgehend unverändert blieb und nach 10-jähriger Einlagerung im Mittel noch bei 71 % lag. Nach 18 Jahren Lagerung unter optimierten Bedingungen zeigen die Partien immerhin noch Keimprozent von im Mittel 54 %. Bei den geringeren Masten in den Folgejahren zeigte sich dagegen von Anfang an eine verminderte durchschnittliche Keimfähigkeit. Dies mag daran liegen, dass in Jahren mit Teilmasten nur Teile der Baumpopulationen an der Blüte und Fruchtbildung beteiligt waren. Die geringere Lebenskraft spiegelt sich auch in der Lagerfähigkeit wider. Bei einigen dieser Partien hielt sich die Keimkraft etwa fünf bis sieben Jahre lang auf dem Ausgangsniveau, um danach teilweise deutlich abzusinken.

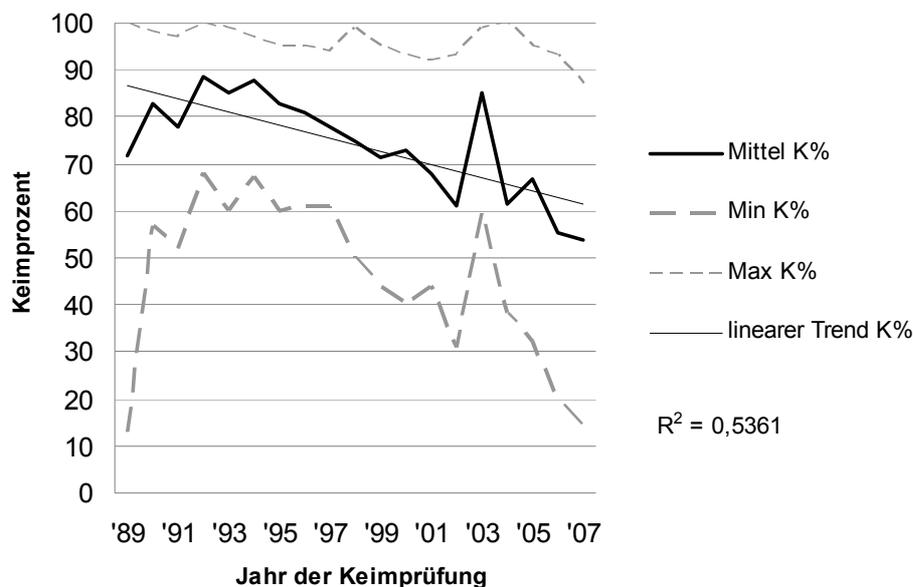


Abbildung 2: Entwicklung des Keimprozent (K%) von Buchensaatgut nach mehrjähriger Einlagerung bei $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, Reifejahr 1989, $N = 30$ Saatgutpartien

Mit der beschriebenen Einlagerungsmethode erscheint es nunmehr möglich, unter Berücksichtigung der individuellen Reaktion jeder Saatgutpartie auf die Behand-

lungsmaßnahmen auch lange Zeitspannen von mehr als zehn Jahren zu überbrücken und der Praxis jederzeit hochwertiges Buchensaatgut zur Verfügung zu stellen.

4.3 Vegetative Vermehrungsmethoden

Die vegetative Vermehrung hat die Erzeugung von genetisch identischen Kopien des Ausgangsmaterials zum Ziel. Dies kann sinnvoll sein, wenn spezielle Genotypen über die Lebensspanne eines Individuums hinaus erhalten werden sollen, künstliche Populationen mit ausgewählten Genotypen zusammengestellt werden sollen (s. Abschnitt: Erhaltung *ex-situ*), oder aber im Rahmen einer sogenannten *bulk propagation*, wenn nicht genügend geeignetes generatives Vermehrungsgut zur Verfügung steht (KLEINSCHMIT 1989).

Die Möglichkeiten von vegetativen Vermehrungstechniken unterliegen allerdings einigen gravierenden Beschränkungen. Erstens geht die Alterung von Gehölzen mit einer abnehmenden Vermehrbarkeit einher (BONGA 1987). Die Dedifferenzierung von Geweben und die anschließende Regeneration fehlender Organe wird durch zunehmendes physiologisches Alter des Ausgangsmaterials erschwert (Zyklophysis). Zweitens beschränkt das Forstvermehrungsgutgesetz die Verwendung von vegetativ vermehrtem Material für forstliche Zwecke auf geprüftes Vermehrungsgut. Drittens sind die Kosten von vegetativ erzeugtem Vermehrungsgut i. d. R. höher als die von Sämlingen.

4.3.1 Stecklingsvermehrung

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Stecklingsvermehrung der Buche untersucht (BAUMGARTEN 1991). Es zeigte sich, dass eine befriedigende Bewurzelung von Steckreisern von über 90 % erzielt werden kann! Als Steckhölzer werden noch unverholzte Triebe genommen. Diese werden mit 0,5%iger Indolylbuttersäure im Steckbereich behandelt und im Kiessubstrat in einem Gewächshaus mit Sprühanlage gesteckt. Das verwendete Material muss physiologisch jung sein! In dem Versuch wurden Steckreiser von dreijährigen Sämlingen gewonnen. Verschiedene Schnitttechniken im basalen Bereich steigerten den Bewurzelungserfolg dagegen nicht.

4.3.2 Mikrovegetative Vermehrung und Langzeitlagerung

Die In-vitro-Vermehrung zielt auf die jahreszeitlich unabhängige Regeneration neuer Sprosse und Pflanzen unter sterilen Bedingungen. Dies gelingt entweder über die Förderung des Austriebs von Achselknospen, über die Produktion von Adventivknospen oder auf dem Wege der somatischen Embryogenese. Bis dato wird jedoch im Gegensatz zu vielen anderen Laubbaumarten keines der genannten Verfahren für die Massenvermehrung von Buche genutzt.

Im Rahmen eines BMBF-Forschungsvorhabens (WEISGERBER u. GEBHARDT 1995) gelang es zwar mit hinreichendem Erfolg, somatische Embryonen an steril präparierten zygotischen Embryonen von Buchen zu induzieren, und auch die Induktion haploider Pflanzen aus Antherenkultur wurde beschrieben (JOERGENSEN 1988, 1991). Die Induktion von Achsel- oder Adventivsprossen an Knospen oder Kallusgewebe adulter Buchen war jedoch nur mit mäßigem Erfolg möglich (GEBHARDT 1990, MEIER u. REUTHER 1994).

Der Einfluss der Topophysis war nachzuweisen und resultierte in einer besseren Vermehrbarkeit von Explantaten aus Stockausschlägen gegenüber solchen aus dem äußeren Kronenbereich (GEBHARDT 1990). Nach LANG u. KOHLENBACH (1988) wurden aus Blättern juveniler und adulter Buchen lebensfähige Protoplasten isoliert, deren Entwicklung jedoch im Kallusstadium verblieb.

5 Herkunftssicherung

Nach dem in Deutschland geltenden Recht darf forstliches Saatgut nur in amtlich zugelassenen Beständen, Samenplantagen etc. gewonnen werden. Die Erntebestände sind in einem amtlichen Erntezulassungsregister dokumentiert, und die Beerntung ist meldepflichtig. Amtliche Kontrollen sind dann eine Voraussetzung für die Ausstellung sogenannter Stammzertifikate.

Nachlassende oder ungenügende Kontrolle begünstigt die Verwendung von falsch deklariertem Vermehrungsgut. Dies wiederum kann zu Schäden der Waldentwicklung, Gewinneinbußen der Forstbetriebe und hohen Folgekosten für Ersatzaufforstungen führen. Die Kontrolle von Saatgutaufkommen und -verbringung durch amtliche Kontrollen und Dokumentation wird erheblich erschwert durch:

- einen zunehmenden Saatgut- und Pflanzenhandel über Landesgrenzen hinweg
- hohen Zeit- und Kostenaufwand der amtlichen Kontrolle
- immer weniger Personal in den Behörden und bei den Forstbetrieben

Da Saatgutpartien nach der Ernte häufig in kleinen Teilmengen gehandelt werden und die Pflanzenanzucht in unterschiedlichen Betrieben erfolgen kann, ist eine Rückverfolgung letztendlich nur dann möglich, wenn ein genetischer Vergleich der gehandelten Saatgutpartien mit einer gelagerten Rückstellprobe erfolgen kann. Die Überprüfbarkeit der Herkunftsidentität mithilfe von Rückstellproben findet auf freiwilliger Basis nach den Verfahren des Fördervereins für forstliches Vermehrungsgut e. V. (HAASE et al. 2007) oder des Zertifizierungsrings für überprüfbare forstliche Herkunft Süddeutschland e. V. (www.zuef-forstpflanzen.de) statt.

Referenzproben dienen sowohl der Ermittlung des Anteils an reinem Saatgut und nach Keimprüfung auch einer Abschätzung der möglichen Menge des zu erzeugenden Vermehrungsgutes als auch für Vergleichsuntersuchungen zum Nach-

weis der Authentizität. Mit genetischen Analysen kann die Übereinstimmung von Art und Verteilung genetischer Marker im Saatgut und in den daraus erzeugten Pflanzen geprüft werden. Eine Zuordnung des geernteten Saatgutes zum Erntebestand ist in Grenzen (WYPUKOL et al. 2008) auch durch DNA-Analyse der Bucheckern-Schalen möglich, da der Genotyp der Schalen dem des Mutterbaumes 1:1 entspricht, und sich deren Abstammung nicht ändert.

Im Rahmen des BMBF-Verbundforschungsprojektes „Herkunftskontrolle“ (FKZ 330587A) erwies sich darüber hinaus die Analytik von Stabilisotopen als tauglich zur Unterscheidung von Saatgutpartien zahlreicher Baumarten. Mithilfe einer Diskriminanzanalyse war es möglich, nicht hessische Saatgutpartien von Buche anhand der Stabilisotopen-Signaturen ($^{13}\text{C}/^{15}\text{N}$) und Elementgehalte von Kohlenstoff und Stickstoff von Saatgutpartien aus fünf hessischen Beständen zu unterscheiden (GEBHARDT 2008).

Letztendlich wird eine Kombination aus amtlicher Kontrolle und Dokumentation, der Möglichkeit von genetischen Vergleichen mithilfe von Referenzproben und die Untersuchung von Stabilisotopen die Herkunftssicherung wirkungsvoll unterstützen.

6 Diskussion

Mit den Herkunftsversuchen zur großräumigen genetischen Variation der Buche und der Erfassung eines Netzes von Buchenerhaltungsobjekten sind wichtige Schritte zu einer genetisch nachhaltigen Nutzung der Buchenwälder unternommen worden.

Wie bei allen anderen Baumarten auch unterliegen die heute vorhandenen zugelassenen Saatguterntebestände der Buche ständiger Veränderung. Mit dem Alterwerden ändert sich ihre Zusammensetzung durch natürliche Absterbe- und Verjüngungs-Prozesse aber auch durch den Einfluss der Bewirtschaftung. Wenn beispielsweise die wüchsigsten und qualitativ besten Buchen zuerst und bevor sie sich flächendeckend verjüngen konnten, genutzt werden, dann kann dies erhebliche Auswirkungen auf die genetische Zusammensetzung des Folgebestandes haben. Noch gravierender wären die Folgen, wenn Teile des für die Saatguternte zugelassenen Bestandes mit Buchen aus einem anderen Bestand unterpflanzt würden. Aufgrund solcher Veränderungen in den Ausgangsbeständen verlieren zum einen Ergebnisse von Vergleichsprüfungen irgendwann ihre Aussagekraft. Zum anderen lassen sich in natürlicher Verjüngung befindliche oder unterpflanzte Buchenbestände nicht mehr mit den üblichen Netzen zur Saatguternte unterlegen. Deshalb müssen immer wieder neue Bestände in Vergleichsprüfungen einbezogen und bei Bewährung für die Saatguternte zugelassen werden. Auch das Register der nicht geprüften Saatguterntebestände muss laufend überprüft und aktualisiert werden, damit nur wirklich phänotypisch geeignet erscheinende und technisch beerntbare Bestände darin enthalten sind.

Die Kriterien der Forstvermehrungsgut-Zulassungsverordnung geben zwar Mindestanforderungen an zuzulassende Bestände vor, eine Zulassung aller geeigneten Bestände ist damit aber nicht gewährleistet. Forschungsbedarf besteht darin, inwieweit bereits für alle Herkunftsgebiete eine ausreichende Anzahl von Beständen zugelassen ist und ob diese Bestände tatsächlich qualitativ über die übrigen in jedem Herkunftsgebiet herausragen. Im Sinne einer Sicherung der genetischen Vielfalt muss ferner darauf geachtet werden, dass die zugelassenen Bestände auch tatsächlich alle und nicht nur besonders einfach und billig beerntbare Bestände beerntet werden. Die Informationen über die tatsächlich beernteten Bestände und die Erntemengen liegen bei den zuständigen Landesstellen nach Forstvermehrungsgutgesetz vor und müssen nur diesbezüglich ausgewertet werden.

Der Datenbestand „Erhaltung forstlicher Genressourcen“ stellt eine einmalige Quelle detaillierter Informationen dar, welche es dem Forstbetrieb erlaubt, Prioritäten im Naturschutzbereich zu setzen oder aber weitere qualitativ herausragende Bestände für die Zulassung nach dem Forstvermehrungsgutgesetz vorzuschlagen. Die Herausforderung für die Zukunft wird in der Fortschreibung und Aktualisierung dieses Datensatzes im Zusammenspiel zwischen Waldeigentümer/Forsteinrichtung und NW-FVA liegen. Außerdem soll mithilfe der *Ex-situ*-Erhaltungsplantagen herkunftsgesichertes Vermehrungsgut für die Forstwirtschaft und den Waldnaturschutz bereitgestellt werden.

Aktuell werden Auswirkungen des Klimawandels auf die Wälder modelliert. Dabei sollte zwingend das durch genetische Variation innerhalb der Art *Fagus sylvatica* L. gegebene evolutionäre Anpassungspotenzial berücksichtigt werden. Dies ist bisher nicht der Fall. Ohne diesen Aspekt sind die Modelle aber unvollständig, da sie den ggf. großen genetischen Einfluss nicht abbilden können. Im gleichen Zuge sollten die bestehenden Herkunftsempfehlungen um Aspekte des Klimawandels erweitert werden.

Ergebnisse von punktuellen und kurzfristigen Fallstudien zeigen, dass natürliche und anthropogene Einflüsse populationsgenetische Prozesse verändern können. Besondere Gefährdungen für die genetische Vielfalt und damit für die langfristige Anpassungsfähigkeit der Buche stellen Umweltbelastungen wie Immissionen und anthropogen verursachte Klimaänderungen dar, welche in ihrem Ausmaß und ihrer Geschwindigkeit das genetische Anpassungspotenzial der Buche vor besondere Herausforderungen stellen. Der Einfluss solcher Umweltveränderungen auf die genetische Variation sollte durch genetisches Monitoring u. a. für die Baumart Buche als Teil des forstlichen Monitorings untersucht werden. Dazu ist ein Netz von Intensivmessflächen notwendig, auf welchen die genetischen Prozesse auf bewirtschafteten und unbewirtschafteten Flächen langfristig untersucht werden. Eine Anbindung an das Netz des europaweiten forstlichen Umweltmonitorings ist anzustreben. Das genetische Monitoring soll Aussagen über die Veränderungen und mögliche Gefährdung des genetischen Systems durch Bewirtschaftungsmaßnahmen, Schadstoffeinträge und Klimawandel ermöglichen. Außer-

dem soll exemplarisch der Zusammenhang zwischen der genetischen Variation und den physiologischen Grundlagen der Anpassungsfähigkeit untersucht werden. Dazu muss der aktuelle genetische Zustand von ausgewählten Altbeständen charakterisiert und die Weitergabe der genetischen Information an die Folgegeneration beobachtet werden. Dort, wo die lokale genetische Ausstattung nicht ausreicht, sind mögliche positive Auswirkungen von „genetischer Anreicherung“ mit Material anderer Herkünfte zu prüfen und ggf. entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

Nachhaltige Waldwirtschaft wird nur dann gelingen, wenn Ökosysteme auf verschiedenartige Änderungen der Rahmenbedingungen reagieren können und gleichzeitig die Waldfunktionen gewahrt werden. Ein idealer Wald ist optimal an die jeweiligen Bedingungen angepasst, hoch produktiv und besitzt eine hohe Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Standort- und Klimabedingungen. Zugelassene Saatguterntebestände und *In-situ*-Bestandesobjekte zur Erhaltung forstlicher Genressourcen werden u. a. unter dem Aspekt der Angepasstheit und Anpassungsfähigkeit ausgewählt und spezielle Maßnahmen zu ihrer Behandlung vorgeschlagen. Die Nutzung dieser zugelassenen Saatguterntebestände und die spezielle Bewirtschaftung der *In-situ*-Bestandesobjekte als Genressource trägt damit in besonderer Weise zum Schutz der genetischen Vielfalt bei. Die Integration von Schutz und nachhaltiger Nutzung ist für die Forstwirtschaft daher besonders sinnvoll.

Literatur

- BAUMGARTEN, S. (1991): Möglichkeiten und Einflüsse der Anwendung von Wuchsstoffen bei der Stecklingsvermehrung der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). Diplomarbeit, Fachhochschule Weihenstephan, Fachbereich Forstwirtschaft, 105 S., Band 2 mit Anlagen
- BONGA, J.M. (1987): Clonal propagation of mature trees: problems and possible solutions. In: BONGA J.M. u. DURZAN D.J. (Hrsg.): Cell and Tissue Culture in Forestry. Martinus Nijhoff Publ. Dordrecht, Vol. I, 249-271
- BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (2007): Erhebung zur Versorgungssituation von forstlichem Vermehrungsgut im Bundesgebiet (Erfassungszeitraum 01.07.2006 - 30.06.2007), 324-2.2, 118 S.,
http://www.ble.de/cdn_116/nn_427084/SharedDocs/Downloads/02__Kontrolle__Zulassung/06__SaatUndPflanzgut/Erhebung06__07,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Erhebung06_07.pdf
- BUND-LÄNDER-ARBEITSGRUPPE „FORSTLICHE GENRESSOURCEN UND FORSTSAATGUTRECHT“ (2006): Tätigkeitsbericht für den Zeitraum 01.01.2001 – 01.01.2004, 152 S.
- CZAJKOWSKI, T. u. BOLTE, A. (2006a): Unterschiedliche Reaktion deutscher und polnischer Herkünfte der Buche (*Fagus sylvatica* L.) auf Trockenheit. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 177, 30-40
- CZAJKOWSKI, T. u. BOLTE, A. (2006b): Frosttoleranz deutscher und polnischer Herkünfte der Buche (*Fagus sylvatica* L.) und ihre Beeinflussung durch Trockenheit. Archiv für Forstwesen u. Landschaftsökologie 40, 119-126

- FORSTVERMEHRUNGSGUT-HERKUNFTSGEBIETSVERORDNUNG (1994): Forstvermehrungsgut-Herkunftsgebietsverordnung vom 07.10.1994, Bundesgesetzblatt I S. 3578, geändert durch Verordnung vom 15.01.2003, Bundesgesetzblatt I, S. 238
- FORSTVERMEHRUNGSGUT-ZULASSUNGSVERORDNUNG (2002): Forstvermehrungsgut-Zulassungsverordnung vom 20.12.2002, Bundesgesetzblatt I, S. 4721, berichtigt am 07.01.2003 Bundesgesetzblatt I, S. 50
- GEBHARDT, K. (1990): In-vitro-Kultur bei Waldbäumen: Untersuchungen über In-vitro-Techniken zur Züchtung und Anzucht von Waldbäumen. Schriften des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten, Hann. Münden, Band 6
- GEBHARDT, K. (2008): Unterscheidung von Saatgutpartien anhand der Stabilisotopen-Signaturen und Elementgehalte. Tagungsband des Symposiums „Herkunftskontrolle“ 7.-8.2.08, Kassel, im Druck
- GILLET, E.M. (1999): Minimum sampling size for sampling genetic marker distributions. In: Gillet, E.M. (Hrsg.): Final compendium of the Research Project „Development, optimisation and validation of molecular tools for assessment of biodiversity in forest trees“ in the European Union DGXII, <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/y/1999/whichmarker/index.htm>
- GREGORIUS, H.-R. (1997): Genetische Grundlagen der Ökosystemstabilität. Forstwissenschaftliches Centralblatt 116, 29-38
- HAASE, B.; HOSIUS, B. u. LEINEMANN, L. (2007): Das FfV-Verfahren stellt sich vor. AFZ/Der Wald 62, 852-853
- JANBEN, A. (2000): Der Einfluss von Ernteverfahren auf die genetische Struktur von Saatgut eines Buchenbestandes. Diss. Univ. Göttingen, Forschungsbericht der HLFWW, Bd. 27
- JOERGENSEN, J. (1988): Embryogenesis in *Quercus petraea* and *Fagus sylvatica*., J. Plant Physiol. 132, 638-640
- JOERGENSEN, J. (1991): Androgenesis in *Quercus petraea*, *Fagus sylvatica* and *Aesculus hippocastanum*. In: AHUJA, M.R. (Hrsg.): Woody Plant Biotechnology, Plenum Press, New York, 353-354
- KLEINSCHMIT, J. (1989): Perspektiven und Grenzen der vegetativen Vermehrung forstlichen Pflanzenmaterials. Forstarchiv 60, 139-145
- KLEINSCHMIT, J. u. SVOLBA, J. (1996): Ergebnisse der Buchenherkunftsversuche von Krahl-Urban. AFZ/Der Wald 51, 780-782
- LANG, H. u. KOHLENBACH, W. (1988): Callus formation from mesophyll protoplasts of *Fagus sylvatica* L.. Plant Cell Reports 7, 485-488
- LIESEBACH, M. (2000): Genetic value and management of beech in mountainous regions in Germany. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kollataja w Krakowie nr 358, Sesja Naukowa Zeszyt 69, 79-91
- LIESEBACH, M.; WÜHLISCH, G. v. u. MUHS, H.-J. (1998): Anlage des Internationalen Buchen-Herkunftsversuches 1996/1998. In: Jahresbericht 1998 der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, S. 14
- MAGRI, D.; VENDRAMIN, G.G.; COMPS, B.; DUPANLOUP, I.; GEBUREK, T.; GÖMÖRY, D.; LATALOWA, M.; LITT, T.; PAULE, L.; ROURE, J.M.; TANTAU, I.; VAN DER KNAAP, W.O.; PETIT, R.J. u. DE BEAULIEU, J.-L. (2006): A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences. New phytologist 171, 199-221
- MEIER, K. u. REUTHER, G. (1994): Factors controlling micropropagation of mature *Fagus sylvatica*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 39, 231-238
- MUHS, H.-J. u. WÜHLISCH, G. v. (1992): Research on the improvement of beech in the last decade. In: ROSSELLO, R. E. (Hrsg.): Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales, Proceedings of the International Congress on Beech, Pamplona, 63-89
- PAUL, M.; HINRICHS, T.; JANBEN, A.; SCHMITT, H.P.; SOPPA, B.; STEPHAN, B.R. u. DÖRFLINGER, H. (2000): Konzept zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland. Neufassung 2000, bestätigt durch die Forstchefkonferenz am

- 26./27.10.2000 in Augsburg, Sächsische Landesanstalt für Forsten, Pirna, <http://www.genres.de/fgardeu/konzeption/>
- SANDER, T.; KÖNIG, S.; ROTHE, G. M.; JANBEN, A. u. WEISGERBER, H. (2000): Genetic variation of European beech (*Fagus sylvatica* L.) along an altitudinal transect at mount Vogelsberg in Hesse, Germany. *Molecular Ecology* 9, 1349-1361
- THOMASIU, H. u. GÄRTNER, H. (1988): Auswertung eines Buchenprovenienzversuches von Münch hinsichtlich Wachstum, Qualität und Phänologie. In: KORPEL, S. u. PAULE, L. (Hrsg.): 3. IUFRO-Buchensymposium. Hochschule für Forstwirtschaft und Holztechnologie, Zvolen, 31-45
- VORNAM, B.; DECARLI, N. u. GAILING, O. (2004): Spatial distribution of genetic variation in a natural beech stand (*Fagus sylvatica* L.) based on microsatellite markers. *Conservation Genetics* (5): 561-570
- WEISGERBER, H. u. GEBHARDT, K. (1995): Ergebnisse und Perspektiven der Mikrovermehrung von Waldbäumen. *Allg. Forst- und Jagdzeitung* 166, 99-105
- WÜHLISCH, G. v. (2007): Series of international provenance trials of European beech. In: Improvement and Silviculture of Beech, Symposium IUFRO Research Group 1.10.00, Research Institute of Forests and Rangelands (RIFR), Teheran, Iran 2007, 135-144
- WYPUKOL, H.; LIEPELT, S.; ZIEGENHAGEN, B. u. GEBHARDT, K. (2008): Genetische Methoden zur Abstammungsanalyse und Prüfung von Sortenechtheit und -reinheit. In: Tagungsbericht des Symposiums "Herkunftskontrolle", 7.-8.2.08 in Kassel (im Druck)
- ZIEHE, M.; STARKE, R.; HATTEMER, H.H. u. TUROK, J. (1998): Genotypische Strukturen in Buchen-Altbeständen und ihren Samen. *Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung* 169, 91-99

Korrespondierender Autor:

Dr. Jörg R. G. Kleinschmit
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Abteilung Waldgenressourcen
Professor-Oelkers-Str. 6
34346 Hann. Münden
E-Mail: Joerg.Kleinschmit@nw-fva.de
URL: www.nw-fva.de

Hans-Martin Rau
Dr. Karl Gebhardt
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt