D 20867 E

ALLGEMEINE
FORST UND JAGDZEITUNG

ISSN 0002-5852

INHALTSVERZEICHNIS

AUFSATZE

M. Konnert und E. Hussendörfer — Herkunftssicherung bei forstlichem Vermehrungsgut durch Referenzproben 97

(Provenance identification of forest reproductive material using reference samples)

M. Bachmann — Der Bayerische Kiefern-Herkunftsversuch von 1950/1951 104

(The Bavarian Scots pine provenances trial of 1950/1951)

BUCHBESPRECHUNGEN 115

173. JAHRGANG 2002 HEFT 6 JUNI

J. D. SAUERLANDER'S VERLAG · FRANKFURT AM MAIN

ALLGEMEINE
FORST UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper der Forstlichen Fakultäten
von Freiburg i. Br. und Göttingen

herausgegeben von

Dr. K.-R. Volz
o. Professor
der Forstwissenschaft an der
Universität Freiburg i. Br.

Dr. Dr. h.c. H. Kramer
o. Professor
der Forstwissenschaft an der
Universität Göttingen

ISSN 0002-5852

Erscheinungsweise: Jährlich 12 Hefte, bei Bedarf Doppelhefte (zweimonatlich).

Bezugspreis: Jährlich € 132,– zuzüglich Zustellgebühr; Studenten und in Ausbildung befindliche Forstreferendare € 105,60 (empf. Richtpreis). Preis der Einzelhefte je nach Umfang verschieden.

Bezug: Durch den Buchhandel oder direkt vom Verlag. Das Abonnement gilt jeweils für einen Jahrgang. Es läuft weiter, wenn nicht unmittelbar nach Lieferung des Schlussheftes eines Jahrgangs eine Abbestellung erfolgt.

Manuskripte (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt.

Entsprechend dem international weit verbreiteten Review-Verfahren wird jeder Beitrag von zwei Fachgutachtern (vor allem Mitglieder der Lehrkörper der Forstlichen Fakultäten der Universitäten in Freiburg i. Br. und Göttingen) hinsichtlich Inhalt und Form geprüft.

Die Manuskripte sind möglichst auf Diskette und in dreifacher Ausfertigung einzureichen. Sie sollten 3 bis 4 (maximal 6 Druckseiten) umfassen. Hierbei entspricht eine Druckseite ungefähr 4 Schreibmaschinenseiten mit 30 Zeilen und 65 Anschlägen je Zeile. Neben einem möglichst kurz gehaltenen Titel der Arbeit sind bis zu maximal 10 Schlagwörter und key words anzugeben. Manuskripte mit Tabellen und Abbildungen werden nur angenommen, wenn die Tabellen-Überschriften und die Abbildungsunterschriften in deutscher und englischer Sprache abgefasst sind. Der Beitrag soll neben einer deutschen Zusammenfassung eine Zusammenfassung in englischer Sprache (Summary mit Title of the paper) enthalten. Die Übersetzung ins Französische (Résumé) erfolgt i. Allg. durch den Verlag.

Um unnötige Korrespondenz zu vermeiden, werden die Autoren gebeten, bei Abfassung ihres Manuskriptes eine neuere Ausgabe der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung sowie die beim Verlag und bei den Herausgebern erhältlichen „Hinweise für die Autoren“ zu beachten.

Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Übersetzung, Nachdruck – auch von Abbildungen –, Vervielfältigung auf photomechanischem oder ähnlichem Wege oder im Magnettonverfahren, Vortrag, Funk- und Fernsehsendung sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen – auch auszugsweise – bleiben vorbehalten. Werden von einzelnen Beiträgen oder Teilen von ihnen einzelne Vervielfältigungsstücke im Rahmen des § 54 UrhG hergestellt und dienen diese gewerblichen Zwecken, ist dafür eine Vergütung gem. den gleichlautenden Gesamtverträgen zwischen der Verwertungsgesellschaft Wissenschaft GmbH, 60311 Frankfurt/Main, Großer Hirschgraben 17-21, und dem Bundesverband der Deutschen Industrie e. V., dem Gesamtverband der Versicherungswirtschaft e. V., dem Bundesverband deutscher Banken e. V., dem Deutschen Sparkassen- und Giroverband und dem Verband der Privaten Bausparkassen e. V., in die VG Wissenschaft zu entrichten. Die Vervielfältigungen sind mit einem Vermerk über die Quelle und den Vervielfältiger zu versehen. Erfolgt die Entrichtung der Gebühren durch Wertmarken der VG Wissenschaft, so ist für jedes vervielfältigte Blatt eine Marke im Wert von € 0,20 zu verwenden.

Anzeigenannahme: J. D. Sauerländer's Verlag, Finkenhofstraße 21, D-60322 Frankfurt am Main.

Anzeigenpreis: Die 43 mm breite mm-Zeile € 0,44. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 8. Anfragen an Verlag erbeten.

Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Finkenhofstraße 21, D-60322 Frankfurt am Main, Fernruf (069) 55 52 17, Telefax (069) 5 96 43 44. eMail: J. D. Sauerlaenders.Verlag@t-online.de *Bankkonten:* Commerzbank, Frankfurt a. M. 5 408 075; Frankfurter Sparkasse (Girokonto 96 958); Postgirokonto: Frankfurt a. M. Nr. 896-607.

This journal is covered by ELFIS, EURECO, CAB Forestry Abstracts, Chemical Abstracts, by Current Contents Series Agriculture, Biology and Environmental Sciences (CC/AB) and by the Science Citation Index® (SCI®) of Institute for Scientific Information.

Die Anschriften der Herausgeber:

Prof. Dr. K.-R. Volz, Institut für Forstpolitik der Universität Freiburg, Bertoldstraße 17, D-79085 Freiburg

Prof. Dr. Dr. h. c. H. Kramer, Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde der Universität Göttingen, Büsgenweg 5, D-37077 Göttingen

Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 6 des 173. Jahrgangs sind:

Dr. M. Bachmann, Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Am Hochanger 13, 85354 Freising-Weihenstephan

Dr. E. Hussendörfer, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Botanik und Standortskunde, Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg i. Br.

Dr. M. Konnert, Bayerisches Amt für Forstliche Saat- und Pflanzenzucht, ASP Teisendorf, Forstamtsplatz 1, 83317 Teisendorf

Übersetzung der Résumés,
soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt werden:

J. Maheut, 25 Av. du Gal Leclerc, F-54600 Villers-les-Nancy

Die Buchbesprechungen erfolgten von:

Oberforstrat Dr. P. Spathelf, Abteilung Personal & Organisation, Forstdirektion Tübingen, Im Schloss, 72074 Tübingen

Dr. U. Schraml, Institut für Forstpolitik der Universität Freiburg, Bertoldstr. 17, 79085 Freiburg i. Br.

Aufsätze der Allgem. Forst- und Jagdzeitung seit 1949 in einem exklusiven Recherche-Modul auf dieser CD von *EURECO:* 26.279 Publikationen, 930.000 Keywords, zweisprachige Recherche **Deutsch-Englisch, virtuelle Bibliothek, Ausdrucke und Datenport in Profiversion; ab 69,– DM. aid,** Konstantinstraße 124, Stichwort 'ÖKOWALD', D-53179 Bonn
http//:www.fh-rottenburgde/greenlink/oekowald/index.html

Herkunftssicherung bei forstlichem Vermehrungsgut durch Referenzproben

Aus dem Bayerischen Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht, Forstamtsplatz 1, D-83317 Teisendorf und der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Botanik und Standortskunde, Wonnhaldestraße 4, D-79100 Freiburg i. Br.

(Mit 1 Abbildung und 5 Tabellen)

Von M. KONNERT und E. HUSSENDÖRFER

(Angenommen Oktober 2001)

SCHLAGWORTER – KEY WORDS

Herkunftssicherung; Referenzproben; Isoenzymanalyse; Saatgutprüfung; Buche.

Provenance identification; reference-samples; isozyme analysis; seed testing; beech.

1. EINLEITUNG

Im Rahmen einer standortgemäßen Baumartenwahl entscheidet bei der Waldverjüngung die geeignete Herkunft des Vermehrungsgutes über den Erfolg der Maßnahme. Angepasstheit an die standörtlichen Bedingungen des Pflanzortes und Anpassungsfähigkeit an Umweltveränderungen sind entscheidende Faktoren für die ökologische Stabilität der neuen Waldbaumpopulationen sowie für zukünftige Wert- und Massenleistung.

Die Erfahrungen der zurückliegenden Jahre zeigen, dass die auf den Regelungen des Gesetzes über forstliches Saat- und Pflanzgut (FSaatG) basierenden amtlichen Kontrollmechanismen nicht das für den Waldbesitz erforderliche Maß an Herkunftssicherheit von forstlichem Vermehrungsgut gewährleisten können. Es kann grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden, dass ungeeignetes Saat- und Pflanzgut unbekannter oder zweifelhafter Herkunft auf den Markt gelangt. Erschwert wird die Kontrolle insbesondere durch die Öffnung des europäischen Marktes mit unterschiedlichen und nur zum Teil kompatiblen Kontrollsystemen in den verschiedenen EU-Mitgliedstaaten. Hinzu kommt, dass im Rahmen von Großanzuchten in Spezialbetrieben immer wieder unbeabsichtigte Verwechslungen vorkommen. Deshalb muss nach einem Verfahren gesucht werden, um die Herkunftssicherheit zu verbessern.

Die Landesforstverwaltung in Baden-Württemberg und die Bayerische Staatsforstverwaltung sowie die Erzeugergemeinschaft für Qualitätsforstpflanzen „Süddeutschland“ (EZG) haben daher 1999 eine Arbeitsgruppe zur Entwicklung eines Verfahrens zur Verbesserung der Herkunftssicherung gebildet (BEHM, 2000; Anonymus, 2001). Einen zentralen Bestandteil dabei soll der Vergleich genetischer Strukturen von Saatgutproben und Pflanzenproben über biochemisch-genetische Analysen bilden. Über solche Analysen können nämlich die Erbanlagen von forstlichem Vermehrungsgut (Samen, Pflanzen) über verschiedene Stufen der Verarbeitung wie auch alle Besitzerwechsel hinweg identifiziert werden. Ist die genetische Kontrolle der dabei untersuchten Merkmale erbracht und ihre weitgehende Unabhängigkeit von Umwelteinflüssen erwiesen, so ist eine Abstammungsrekonstruktion möglich (z. B. GREGORIUS et al., 1983).

Voraussetzung dafür ist die Entnahme repräsentativer Vergleichs- oder Referenzproben bei der Ernte und bei jedem Besitzerwechsel und deren stichprobenweise genetische Analyse nach genau ausgearbeiteten Verfahren. Aufgrund der Ergebnisse kann dann die Identität überprüft werden. An den bei der Ernte sichergestellten Referenzproben kann auch die äußere Beschaffenheit (Reinheit, Keimfähigkeit, Tausendkorngewicht) bestimmt werden und als Plausibilitätskontrolle der Ausbeuteangaben und der Angaben auf Begleitscheinen und Handelsdokumenten dienen.

Die Rücklage von Referenzproben ist notwendig weil sich bei der generativen oder sexuellen Vermehrung (Vermehrung über Samen), zum Unterschied von der vegetativen Vermehrung (z.B. über Stecklinge), die Erbanlagen neu ordnen. Die Nachkommen erhalten nämlich einen Teil der genetischen Information von der Mutter (über die Eizellen) und einen weiteren Teil vom Vater (über den Pollen). Die Neuordnung findet bei jeder Samenbildung statt und wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst wie: Paarungssystem, Blüh- und Befruchtungsverhältnisse, Populationsgröße, Bestandesdichte und -zusammensetzung, Witterungsbedingungen, Bestandesalter, Nähe von Nachbarbeständen etc. Bei der Samenernte können sich weitere Faktoren auf die genetische Struktur der Saatgutpartien auswirken. Zu diesen gehören der Erntezeitpunkt, die Anzahl der beernteten Bäume pro Bestand, die Verteilung der Erntebäume im Bestand, die pro Baum geerntete Saatgutmenge etc. (ZIEHE et al., 1998; KONNERT und BEHM, 1999; JANSEN, 2000).

Als Folge ist die genetische Struktur der Samenpopulation desselben Bestandes nicht jedes Jahr gleich und kann sich auch von der des Erntebestandes stark unterscheiden. Untersuchungen mit Isoenzymen als Genmarkern haben dies für die Kiefer (MÜLLER-STARCK, 1985; KONNERT und BEHM, 1999), Buche (GREGORIUS et al., 1986; KRAUHAUSEN, 1985), Tanne und Fichte (KONNERT, 1996; KONNERT und BEHM, 1999) deutlich gezeigt. Während z. B. bei der Tanne die Unterschiede in den Häufigkeiten der einzelnen Genvarianten von Jahr zu Jahr beachtlich waren, unterschieden sich die Saatgutpartien der Fichte aus demselben Erntebestand in verschiedenen Erntejahren vor allem in der Art der nachgewiesenen Genvarianten (KONNERT, 1996).

All dies zeigt, dass ein direkter Vergleich der genetischen Struktur einer Saatgutpartie mit der genetischen Struktur des Altbestandes hinsichtlich des Vorkommens von Genvarianten (qualitativ) und/oder deren Häufigkeiten (quantitativ) nicht bzw. nur in Ausnahmefällen als Identitätsnachweis dienen kann. Bei der Bearbeitung von konkreten Prüffällen mittels vergleichender isoenzymatischer Untersuchungen von Altbäumen und Saat- oder Pflanzgut konnten daher bislang nur mit großer Irrtumswahrscheinlichkeit behaftete Aussagen getroffen werden (Verdachtsschöpfung), da gesicherte Saatgut-Vergleichsproben vom Erntezeitpunkt nicht vorlagen. Im Hinblick auf eine wirksame Herkunftssicherung sind Vermutungen für die Praxis aber unbefriedigend (KONNERT, 1999).

In Abbildung 1 ist ein möglicher Ablauf der Herkunftskontrolle aufbauend auf Referenzproben schematisch dargestellt. Das Schema, erarbeitet von der eingangs erwähnten Arbeitsgruppe, soll deutlich machen, an welchen Stellen des Produktionsprozesses die Rücklage solcher Proben stattfinden muss, um eine lückenlose Identitätsprüfung zu ermöglichen. Die ersten Proben werden bei der Ernte zurückgelegt, weitere Proben nach der Aufbereitung des Saatgutes. Referenzproben *müssen* jedesmal neu gezogen und zurückgelegt werden, wenn mehrere Erntepartien gemischt werden,

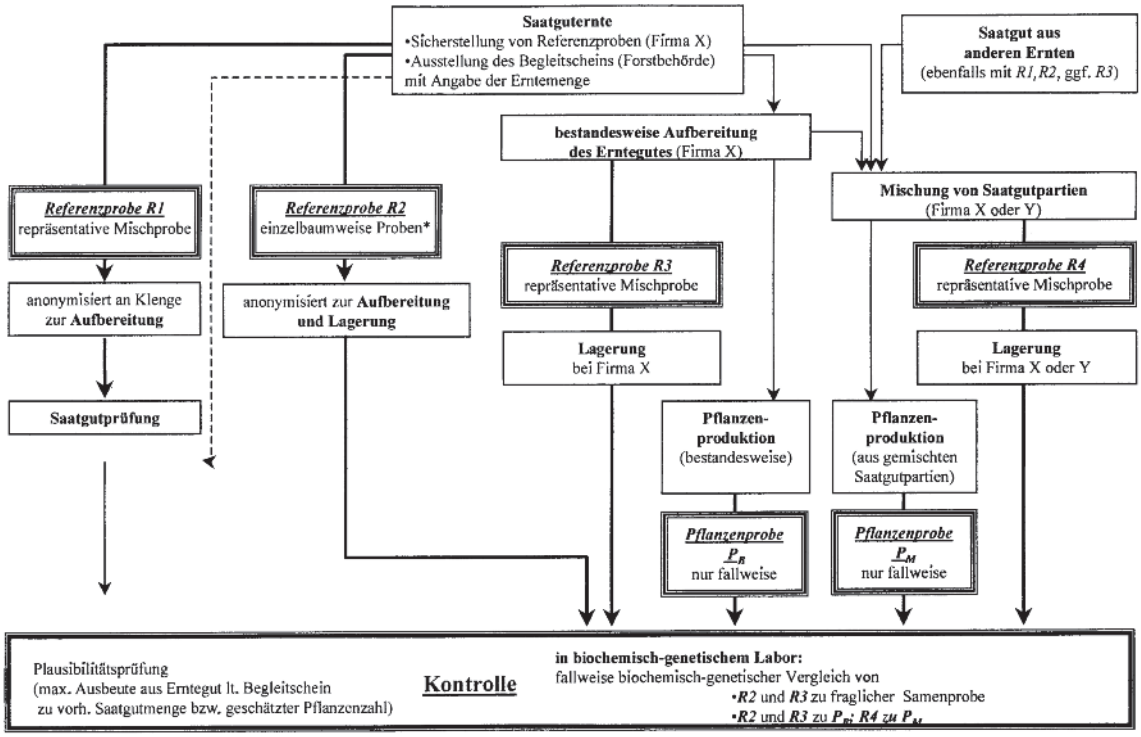

Abb. 1

Referenzproben zur Herkunftssicherung – Ablaufschema

Reference samples for provenance identification – operation scheme

da sich in einem solchen Fall die genetische Zusammensetzung ändert.

Für die Durchführung des skizzierten Verfahrens der biochemisch-genetischen Identitätssicherung müssen wichtige methodische Aspekte geklärt sein, wie z. B.:

– Verfügbarkeit geeigneter und standardisierter Labormethoden zur Erfassung genetischer Merkmale (Isoenzymanalyse, DNA-Untersuchungen),

– die Frage nach der repräsentativen Ziehung und langfristigen Lagerung der Referenzproben.

Zu diesen Fragen arbeiten die genetischen Arbeitsgruppen der FVA Freiburg und dem ASP Teisendorf an verschiedenen Baumarten in einem Verbundprojekt, das im Rahmen des Forschungsverbundes „Zukunftsorientierte Waldwirtschaft“ durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird.

Im Folgenden werden erste Ergebnisse dieser Untersuchungen für die Baumart Buche dargestellt und diskutiert. Zusätzlich erfolgt die Darstellung der Ergebnisse von äußeren Beschaffenheitsprüfungen, die ausschließlich an dem ASP Teisendorf durchgeführt wurden.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1 Grundlegende Anmerkungen

Die Herkunftskontrolle von forstlichem Vermehrungsgut mittels genetischer Analysen basiert auf dem Vergleich zweier (oder mehrerer) Kollektive (Saatgutpartien, Pflanzen). Da die Untersuchung aller Samen oder Pflanzen aus einer Partie nicht realisierbar ist, wird die genetische Struktur aus der Analyse einer Stichprobe geschätzt. Diese Stichprobe muss für das gesamte geerntete Saatgut repräsentativ sein, das heißt, sie darf sich in ihrer genetischen Zusammensetzung von der Gesamterntepartie nicht signifikant unterscheiden. Wird eine solche Stichprobe aus der Erntepartie unmittelbar bei der Ernte gezogen, so kann diese als Saatgutprobe für spätere Identitätsprüfungen dienen. Sie wird daher als „Referenzprobe“ bezeichnet.

Soweit keine weiteren selektiven Veränderungen bei Saatgutaufbereitung, Saatgutlagerung und Pflanzenanzucht auftreten, müssen die genetischen Strukturen der Referenzproben mit denen der zu prüfenden Saatgut- oder Pflanzenpartien übereinstimmen. Ist dies der Fall, so ist der Identitätsnachweis im Sinne einer Herkunftssicherung erbracht.

Zusätzlich zu den biochemisch-genetischen Prüfungen wird an den bei der Ernte sichergestellten Referenzproben durch eine Prüfung der äußeren Beschaffenheit die Anzahl lebender Keime pro Kilo Erntegut ermittelt und davon ausgehend geschätzt, wieviel Pflanzen einer bestimmten Herkunft und Erntejahr maximal auf dem Pflanzenmarkt vorhanden sein können.

In den Reifejahren 1999 und 2000 wurden insbesondere bei der Baumart Buche viele Ernten durchgeführt und dabei Referenzproben mit zum Teil mehreren Wiederholungen (Variantenstudium) sichergestellt. Da bei der Buche die Methodik der biochemisch-genetischen Analyse mittels Isoenzymanalysen bereits bekannt ist (MÜLLER-STARCK und STARKE, 1993), konzentrierten sich die Untersuchungen bei dieser Baumart auf die Fragen

– der repräsentativen Stichprobenziehung von Saatgut-Referenzproben (Umfang, Stichprobendesign),

– der tatsächlich lückenlosen Identitätsprüfung vom Saatgut bis zur Pflanze und

– der Unterscheidbarkeit verschiedener Erntepartien.

Letzterer Aspekt steht insbesondere vor dem Hintergrund, dass durch umfangreiche Untersuchungen bekannt war, dass die Buche eine vergleichsweise genetisch wenig differenzierte Baumart ist (KONNERT et al., 2000).

2.2 Untersuchungsmaterial

Die Ergebnisse der biochemisch-genetischen Untersuchungen beziehen sich auf Erntegut aus einem Bestand aus Baden-Württemberg (FoA St. Märgen, Staatswald, Distrikt VI, Abteilung 4, Beerntung durch Staatsklenge Nagold) und aus 13 Beständen aus Bayern. Die Beerntung erfolgte durch die Staatliche Samenklenge Laufen und verschiedene private Firmen.

Für die Beerntung „St. Märgen“ wurden folgende Referenzproben vor bzw. bei der Saatguternte und nach Aufbereitung in der Klenge gezogen:

(a) SM-E1: ca. 1000 Bucheckern geklumpt an 20 Stellen auf den Netzen,

(b) SM-E2: ca. 1000 Bucheckern gleichmäßig verteilt über die ausgelegte Netzfläche,

(c) SM-E3: ca. 1000 Bucheckern zufällig aus den Transportsäcken,

(d) SM-K1: ca. 500 Bucheckern zufällig nach Aufarbeitung in der Klenge – Person A,

(e) SM-K2: ca. 500 Bucheckern zufällig nach Aufarbeitung in der Klenge – Person B,

(f) SM-K3: ca. 500 Bucheckern zufällig nach Aufarbeitung in der Klenge – Person C.

Von den einjährigen Sämlingen, die aus dieser Erntepartie angezogen wurden, wurde im Herbst 2000 eine Pflanzenprobe (Probenumfang: 160 Sämlinge) zur Analyse entnommen. Das Material aus „St. Märgen“ wurde an der FVA Freiburg analysiert.

Die Referenzproben aus den Erntepartien aus Bayern wurden an dem ASP Teisendorf untersucht. Sie werden im Folgenden mit den Nummern bezeichnet, unter denen sie im Rahmen des Testlaufes bei dem ASP registriert wurden. Jede Nummer bezieht sich auf die Ernte eines Bestandes. Die bei der Ernte entnommenen Probe werden als „R1“ bezeichnet. Die Proben aus dem aufbereiteten Erntegut, die von den jeweiligen Erntefirmen gezogen wurden, werden als „R3“ bezeichnet, wenn das Erntegut nur aus einem Bestand stammt und als „R4“, wenn mehrere Bestandesernten aus demselben Herkunftsgebiet nach der Aufbereitung und vor der Aussaat gemischt wurden (siehe auch Abb. 1). Bei der Probe Nr. 26 wurden, nach Aufbereitung in der Klenge, ähnlich wie bei St. Märgen, drei Stichproben nach unterschiedlichen Verfahren entnommen:

(a) 26R3-Z1: ca. 500 Bucheckern geklumpt an einer Stelle von Person A,

(b) 26R3-Z2: ca 500 Bucheckern zufallsmäßig an mehreren Stellen von Person A,

(c) 26R3-Z3: ca 500 Bucheckern zufallsmäßig an mehreren Stellen von Person B.

Für eine weitere Erntepartie aus Bayern (Nr. 49) wurde ein Vergleich der R3-Probe mit der entsprechenden Pflanzenprobe P (Probenumfang: 202 Sämlinge) vorgenommen. Angaben zu dem Stichprobenumfang bei Eckerproben finden sich in den Tabellen des Ergebnisteils.

2.3 Analysenmethodik

Zur Erfassung der genetischen Variation wurden in beiden Labors Isoenzymgenmarker eingesetzt. Folgende 10 Genloci konnten in allen Bucheckern und in den Pflanzen untersucht werden: AAT-B, IDH-A, LAP-A, MDH-A, MDH-B, MDH-C, MNR-A, 6PGDH-A, PGI-B, PGM-A. An dem ASP Teisendorf wurden noch zusätzlich zu den 10 angeführten in einem Teil des Materials die Genorte AAT-A, LAP-B, 6PGDH-B und 6PGDH-C untersucht. Angaben zur Trennmethodik und zur genetischen Kontrolle finden sich bei MÜLLER-STARCK und STARKE (1993).

Zur Quantifizierung der genetischen Unterschiede zwischen den zu vergleichenden Populationen wurden genetische Abstände an einzelnen Genorten (d_0) und im Genpool (D) (GREGORIUS, 1974) und/oder die genetische Differenzierung zwischen Kollektiven (Dj, δ) (GREGORIUS und ROBERDS, 1986) berechnet. Durch G-Tests wurden die Werte auf ihre statistische Signifikanz hin überprüft.

Die Bestimmung der äußeren Beschaffenheit erfolgte nach den von der International Seed Testing Association (ISTA, 1999) vorgeschriebenen Verfahren. Es wurde die Reinheit, das Tausendkorngewicht (TKG), der Wassergehalt (WG) und die Anzahl lebender Keime mit dem Tetrazoliumtest (TZ) bestimmt. Anschließend wurde das Tausendkorngewicht bei einem Wassergehalt von 20% berechnet und ausgehend von diesem Wert die Anzahl lebender Keime pro kg Saatgut bestimmt als:

$$\frac{\text{Reinheit (\%) x TZ (\%) x 100}}{\text{TKG}}$$

Diese Untersuchungen wurden an den bei der Ernte sichergestellten R1-Proben sowie an mehreren R3- bzw. R4-Proben vorgenommen. Der Vergleich diente als ein Hinweis auf die Repräsentativität und damit die Aussagekraft der R1-Proben zur Schätzung der Anzahl lebender Keime in der Erntepartie.

3. ERGEBNISSE

3.1 Ergebnisse biochemisch-genetischer Untersuchungen

3.1.1 Stichprobenumfang

Ergebnisse zur Untersuchung des erforderlichen Stichprobenumfangs sind in Tabelle 1 in Form der genetischen Differenzierung (Dj, δ) am Beispiel des Vergleichs der Referenzproben SM-K1, SM-K2 und SM-K3 unterschiedlichen Umfangs (n) dargestellt. In der Tabelle berücksichtigt sind die Werte der mittleren Differenzierung für Allele und Genotypen (Genpool, δ) sowie die Differenzierung (Dj) für die Genorte AAT-B und LAP-A, da diese am deutlichsten und auch signifikant zur Differenzierung beigetragen haben.

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass die genetische Differenzierung zwischen den Referenzproben mit zunehmendem Stichprobenumfang geringer wird. Dies gilt sowohl für die mittlere Differenzierung als auch für die Differenzierung an einzelnen Genorten. Am Genort LAP-A wurden bei einem Stichprobenumfang von n = 100 noch signifikante Unterschiede beobachtet, bei größeren Stichprobenumfängen jedoch nicht mehr. Am Genort AAT-B wurden nur bei n = 200 signifikante Unterschiede beobachtet. Aufgrund dieser Ergebnisse lässt sich schlussfolgern, dass zur Identitätsprüfung von Saatgutproben bei der Buche nach Möglichkeit Stichprobenumfänge von mehr als 200 Bucheckern untersucht werden müssen, um stichprobenbedingte Einflüsse ausschließen zu können (vgl. auch HUSSENDÖRFER et al., 1999).

3.1.2 Verfahren der Probenziehung

Bei dem genetischen Vergleich von Saatgut-Referenzproben, die nach unterschiedlichen Verfahren im Bestand gezogen wurden (Tab. 2, Punkt A), ergab sich eine mittlere Differenzierung von 3,0% bei Allelen und von ca 5,0% bei Genotypen. Mit 3,8% bei Allelen und 5,8% bei Genotypen war die zufällig aus den Transportsäcken entnommene Probe stärker differenziert als die Proben, die direkt von den Netzen eingesammelt worden sind. An einzelnen

Genorten zeigten sich zwar signifikante Unterschiede. Die statistischen Abweichungen basieren aber im Wesentlichen auf seltenen Genvarianten, die selbst bei Stichproben mit 400 Bucheckern nicht immer repräsentativ erfasst werden. Die Mittelwerte für Dj und δ liegen an allen Genorten unter 5% für Allele bzw. 10% für Genotypen.

Zwischen den Saatgut-Referenzproben aus dem aufbereiteten Saatgut, die in der Klenge nach unterschiedlichen Verfahren bzw. von verschiedenen Personen gezogen wurden (Tab. 2, Punkt B), sind die genetischen Unterschiede geringer als bei der Probenziehung im Bestand. Die mittlere allelische Differenzierung beträgt nur 1,2% bei St. Märgen und 1,6% bei der Probe 26R3. Die größte

Tab. 1

Genetische Differenzierung Dj, δ und statistische Prüfung für die Referenzproben SM-K1, SM-K2 und SM-K3 unter Berücksichtigung unterschiedlicher Stichprobenumfänge (z. B. SM-K1-100 heißt: Probe SM-K1, 100 Bucheckern); (G-Test: Signifikanzniveaus α: α = 0,05 (*), α = 0,01 (**), α = 0,001 (***); n.s. bedeutet „nicht signifikant“)

Genetic differentiation (Dj, δ) of reference samples SM-K1, SM-K2 und SM-K3 and results of statistical tests considering different sample sizes (e.g. SM-K1-100 means: sample SM-K1, 100 beechnuts); tests (G-tests, significance level α: α = 0.05 (*), α = 0.01 (**), α = 0.001 (***); n.s. means „not significant“)

Differenzierung (Dj, δ)										
	Allele					Genotypen				
Kollektiv n	SM-K-1- 100	SM-K-2- 100	SM-K-3- 100	Mittel (δ)		SM-K-1- 100	SM-K-2- 100	SM-K-3- 100	Mittel (δ)	
Genort					G-Wert					G-Wert
AAT-B	5,3	3,0	2,3	3,5	n. s.	8,5	5,0	3,5	5,7	n. s.
LAP-A	9,8	11,2	2,7	7,9	11,641*	13,0	14,5	9,5	12,3	n. s.
Genpool	*2,8*	*2,2*	*1,8*	*2,3*		*4,7*	*4,0*	*4,2*	*4,3*	
Kollektiv n	SM-K-1- 200	SM-K-2- 200	SM-K-3- 200	Mittel (δ)		SM-K-1- 200	SM-K-2- 200	SM-K-3- 200	Mittel (δ)	
Genort					G-Wert					G-Wert
AAT-B	5,5	6,1	0,6	4,1	6,219*	7,0	8,8	2,2	6,0	n. s.
LAP-A	5,1	7,3	5,0	5,8	n. s.	10,8	13,2	7,7	10,6	n. s.
Genpool	*1,7*	*2,0*	*1,4*	*1,7*		*3,2*	*3,8*	*2,4*	*3,1*	
Kollektiv n	SM-K-1- 352	SM-K-2- 300	SM-K-3- 346	Mittel (δ)		SM-K-1- 352	SM-K-2- 300	SM-K-3- 346	Mittel (δ)	
Genort					G-Wert					G-Wert
AAT-B	3,5	3,8	0,0	2,4	n. s.	5,6	5,4	1,4	4,1	n. s.
LAP-A	4,6	4,5	1,2	3,4	n. s.	9,8	8,9	3,5	7,3	n. s.
Genpool	*1,3*	*1,3*	*0,9*	*1,2*		*2,6*	*2,5*	*1,9*	*2,3*	

Tab. 2

Genetische Differenzierung zwischen Saatgut-Referenzproben, die nach unterschiedlichen Verfahren gezogen wurden

Genetic differentiation between seed reference-samples, collected under different procedures

Differenzierung (Dj, δ)								
A. Probeziehung im Bestand								
	Allele				Genotypen			
Kollektiv n D_j	SM-E1- 400 *2,4*	SM-E2- 400 *2,8*	SM-E3- 400 *3,8*	(δ) *3,0*	SM-E1- 400 *4,1*	SM-E2- 400 *4,9*	SM-E3- 400 *5,8*	(δ) *4,9*
B. Probeziehung in Klenge nach Aufbereitung								
Kollektiv n D_j	SM-K1- 352 *1,3*	SM-K2- 300 *1,3*	SM-K3- 346 *0,9*	(δ) *1,2*	SM-K1- 352 *2,6*	SM-K2- 300 *2,5*	SM-K3- 346 *1,9*	(δ) *2,3*
Kollektiv n D_j	26R3-Z1 249 *1,9*	26R3-Z2 390 *1,2*	26R3-Z3 266 *1,8*	(δ) *1,6*	nicht berechnet			

Tab. 3

Genetische Abstände zwischen bei der Ernte sichergestellten Saatgut-Referenzproben aus zwölf Erntepartien; oberhalb der Diagonale sind die mittleren allelischen Abstände, unterhalb der Diagonale die mittleren genotypischen Abstandswerte eingetragen

Genetic distances between reference samples from twelve seed lots collected during the seed harvest; above the diagonale are the mean allelic distances, below the diagonale the mean genotypic distances

Partie	11	12	13	14	15	28	36	40	41	44	52	57
11	–	6,5	6,4	8,8	8,6	7,6	6,0	7,5	7,3	6,3	7,5	5,5
12	*11,8*	–	6,2	6,9	8,0	6,4	8,2	6,6	8,3	5,6	6,5	5,1
13	*10,8*	*11,2*	–	7,4	5,2	6,1	6,0	6,8	6,9	4,9	4,6	5,1
14	*13,6*	*11,2*	*11,2*	–	8,3	8,0	9,8	8,8	7,2	7,1	7,1	8,2
15	*13,1*	*13,4*	*8,4*	*12,7*	–	6,5	6,8	6,8	6,0	5,2	5,5	7,9
28	*12,4*	*11,0*	*10,7*	*12,8*	*10,7*	–	6,6	6,1	7,5	5,6	3,7	4,3
36	*10,1*	*13,9*	*10,2*	*14,4*	*11,5*	*11,1*	–	6,5	6,5	7,6	5,4	7,2
40	*11,9*	*11,6*	*11,0*	*13,4*	*11,8*	*10,4*	*11,4*	–	8,1	5,9	6,7	6,5
41	*11,4*	*13,4*	*10,1*	*10,8*	*9,8*	*11,6*	*10,4*	*12,5*	–	5,1	7,1	7,9
44	*10,2*	*9,9*	*8,9*	*11,2*	*8,6*	*9,8*	*12,2*	*9,5*	*8,3*	–	6,2	5,2
52	*11,8*	*10,8*	*7,9*	*10,9*	*9,2*	*6,9*	*9,1*	*10,8*	*10,8*	*9,9*	–	4,5
57	*9,7*	*9,4*	*9,4*	*11,7*	*12,4*	*7,5*	*11,4*	*10,7*	*11,2*	*8,5*	*10,0*	

Tab. 4

Genetische Abstände (D) zwischen Saatgut-Referenzproben derselben Partie und Ergebnis der statistischen Prüfung; n.s. = nicht signifikant; $\alpha = 0.05$ (*)

Genetic distances (D) between seed reference-samples from the same provenances and results of statistical tests; n.s. = not significant; $\alpha = 0.05$ (*)

Verglichene Proben	Genotypen		Allele	
	D	G-Wert	D	G-Wert
11 - R1 mit 11 - R3	6,7	39,47 (40 FG; n. s.)	2,9	23,05 (29 FG; n. s.)
12 - R1 mit 12 - R3	6,5	52,48 (49 FG; n. s.)	3,2	29,42 (32 FG; n. s.)
28 - R1 mit 28 - R3	3,4	25,25 (50 FG; n. s.)	1,5	10,97 (30 FG; n. s.)
44 - R1 mit 44 - R3	3,9	25,66 (46 FG; n. s.)	2,1	19,69 (32 FG; n. s.)
SME3 - R1 mit SMK3 - R3	3,1	19,37 (28 FG; n. s.)	1,9	16,91 (19 FG; n. s.)
40-R1 + 41 - R1 mit (40 + 41) - R4	4,9	52,92 (52 FG; n. s.)	2,9	37,45 (31 FG; n. s.)
52-R1 + 57-R1 mit (52+57) - R4	5,5	59,63 (51 FG; n. s.)	3,4	49,65 (31 FG; *)
13-R1 + 14-R1 + 15-R1 mit (13+14+15) – R4	4,8	57,05 (56 FG; n. s.)	2,6	43,95 (34 FG; n. s.)

Differenzierung (2,0%) zeigte die Probe 26R3-Z1, bei der nur an einer Stelle Saatgut entnommen worden war. Im Übrigen zeigte nur diese Probe gegenüber den anderen bei dem paarweisen Vergleich statistisch signifikante Abweichungen an einem Genort (IDH-A).

3.1.3 Vergleich verschiedener Saatgut-Referenzproben

Tabelle 3 enthält die Abstandswerte zwischen den R1- Proben, die aus zwölf verschiedenen Erntepartien sichergestellt wurden. Die Werte lassen auf ausgeprägte genetische Unterschiede schließen. Die mittleren genotypischen Abstände liegen zwischen 6,9% und 13,6%, wobei der überwiegende Teil der Werte größer ist als 10%. Die mittleren allelischen Abstände variieren zwischen 3,7% und 9,8% mit dem überwiegenden Teil der Werte über 6,0%. Der paarweise Vergleich durch statistische Tests zeigte, dass die genetischen Unterschiede an den meisten Genorten und bei 98% der Paare auch im Genpool signifikant sind. Aus Platzgründen werden die Ergebnisse dieser Tests hier nicht dargestellt.

In Tabelle 4 sind genetische Abstände zwischen den bei der Ernte sichergestellten Referenzproben (R1) und den entsprechenden Referenzproben aus dem aufbereiteten Erntegut (R3 bzw. R4) eingetragen. Sie sind deutlich geringer als die Werte aus Tabelle 3. Die genotypischen Abstände liegen zwischen 3,1% und 6,7%, die allelischen zwischen 1,5% und 3,4%. Lediglich bei dem Vergleich der Proben 52/57 waren die Unterschiede im Genpool signifikant auf dem 95% Niveau ($\alpha = 0,05$). In diesem Fall waren die beiden R1-Proben aus jeder der Ernten gezogen worden, die R4 aber aus einer Mischung, die nur aus einer Teilmenge der Partie 52 und einer Teilmenge der Partie 57 bestand. Das Mischungsverhältnis war nicht bekannt. Deshalb wurden in der Auswertung die beiden R1-Proben gleichwertig berücksichtigt und nicht dem Verhältnis entsprechend, das der Mischprobe zugrunde liegt. Hier könnte die Ursache für die größeren genetischen Unterschiede zwischen R1 und R4 bei dieser Partie liegen.

3.1.4 Vergleich von Saatgutproben und Pflanzenproben

In drei Fällen konnten Stichproben von einjährigen Sämlingen mit den entsprechenden Saatgutreferenzproben verglichen werden. Die genetischen Unterschiede sind gering und im Genpool nicht signifikant (vgl. G-Werte in Tab. 5). Die mittleren genotypischen Abstände liegen zwischen 3,7% und 5,4%, die mittleren allelischen Abstände zwischen 2,3% und 3,3%. Diese Werte entsprechen im Wesentlichen den Abstandswerten zwischen den Saatgutproben derselben Partie.

3.2 Ergebnisse der Prüfung auf äußere Beschaffenheit

Die Ergebnisse der Prüfung auf äußere Beschaffenheit für 23 Buchecker-Ernten ergaben nur geringe Unterschiede in der Reinheit zwischen R1 und R3. In der Tendenz wird R1 immer besser gereinigt als R3. Man kann dies als „Effekt der kleinen Menge“ bezeichnen. Auch bei dem Tausendkorngewicht (TKG) ist die

Tab. 5

Werte des genetischen Abstandes (D) zwischen Saatgutproben und Pflanzenproben derselben Partie sowie Ergebnisse der statistischen Prüfung; n.s. bedeutet „nicht signifikant“

Genetic distances (D) between reference-samples from seed and seedlings of the same provenance and results of statistical tests; n.s. means „not significant“

Verglichene Proben	Genotypen		Allele	
	D	G-Wert	D	G-Wert
SME3 - R1 mit P	3,7	23,578 (28 FG; n. s.)	2,3	18,203 (19 FG; n. s.)
SMK3 - R3 mit P	5,4	33,121 (28 FG; n. s.)	3,3	29,230 (19 FG; n. s.)
49 - R3 mit P	4,3	55,215 (50 FG; n. s.)	2,5	24,781 (31 FG; n. s.)

Übereinstimmung zwischen R1 und R3 bzw. R4 zufriedenstellend. Allerdings war die Übereinstimmung deutlich schlechter wenn der Umfang der R1-Proben sehr klein war. Bei wiederholter Probenziehung zeigte sich eine gute Übereinstimmung im TKG. Zwischen den einzelnen Erntepartien waren zum Teil deutliche Unterschiede im TKG zu beobachten. Bei den untersuchten Proben aus 23 Ernten lagen die Werte zwischen 185 und 314 (Partie Nr. 24).

Die höchsten Anteile an lebensfähigen Samen nach dem Tetrazoliumtest (TZ) wurden erhalten, wenn die Proben in frischem Zustand (gleich nach Ernte und Reinigung) untersucht wurden. Nach der Stratifikation waren die Werte im Allgemeinen um bis zu 10% geringer als bei den frischen Proben. Wurden die Proben in gleichem Zustand verglichen, z. B. vor Stratifikation, nach Stratifikation, so war die Übereinstimmung zwischen R1 und R3 bzw. R4 sehr gut.

Die Schätzgenauigkeit der lebenden Keime, so wie sie sich aus dem Vergleich der R1 Proben mit den entsprechenden R3- bzw. R4-Proben ergab, lag bei über 90%.

Bei Interesse können detaillierte Ergebnisse zur äußeren Beschaffenheit der Saatgutproben bei der Erstautorin angefordert werden.

4. DISKUSSION

Die Gewährleistung der Herkunftssicherheit von forstlichem Saat- und Pflanzgut dient grundlegend der forstlichen Nachhaltigkeit. Der Erbwert und damit auch der Erfolg der forstlichen Produktion zeigt sich meist erst nach Jahren. Deshalb muss sichergestellt werden, dass der Waldbesitzer Vermehrungsgut der passenden bzw. von ihm gewünschten Herkunft bekommt, d. h. die Herkunft des Vermehrungsgutes muss überprüfbar sein. Bereits 1983 haben Gregorius et al. aufgezeigt, dass die neuen biochemisch-genetischen Methoden Möglichkeiten zur Überprüfung der Abstammung forstlichen Vermehrungsgutes in Ergänzung der gesetzlich vorgeschriebenen Kontrolle eröffnen und haben damals schon die „baldige Einführung in die Praxis“ empfohlen. Geburek und Muhs (1986) stellten fest, dass die Authentizität von Vermehrungsgut durch die sog. direkte Kontrolle, wie sie das FSaatG vorsieht, nicht vollends sicherzustellen ist, sondern dass dies nur mit „Hilfe der modernen Identifizierungsverfahren, die von der Forstgenetik entwickelt worden sind“, möglich sein wird.

1991 wurde dann auf Initiative des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten von einer Expertengruppe eine Verwaltungsvorschrift zum Gesetz über forstliches Saat- und Pflanzgut zur Prüfung mit biochemisch-genetischen Methoden erarbeitet und in den Folgejahren mit fortschreitenden methodischen Erkenntnissen laufend aktualisiert (Anonymus, 1991, 1993). Zwischen 1992 bis heute wurden in dem Labor des ASP Teisendorf in ca. 30 Fällen Prüfungen vorgenommen (siehe Tätigkeitsberichte der LSP von 1992 bis 1999), bei denen es aber sehr oft bei Wahrscheinlichkeitsaussagen blieb, insbesondere wegen fehlender repräsentativer Vergleichsproben. Deshalb wurde nach neuen Wegen gesucht, um auf der Grundlage genetischer Merkmale die Sicherheit der Aussagen zu erhöhen. Eine Möglichkeit dazu bot sich in der Rückstellung geeigneter Referenzproben. Wichtig ist, dass ein solches Verfahren sowohl die nötige Repräsentativität als auch die praktische Durchführbarkeit hinsichtlich Zeit- und Mittelaufwand berücksichtigt.

Aus den dargestellten Ergebnissen läßt sich folgern, dass für die Baumart Buche die Überprüfung der Identität einer Saatgutprobe bei vorhandener Referenzproben sehr gut möglich ist. Darüber hinaus ist es möglich, repräsentative Rückstellproben zu ziehen, wenn einige Vorgaben beachtet werden. Nach den Erfahrungen der beiden Probeläufe von 1999 und 2000 muss bei Buchen-Netzernte die Probeziehung im Bestand erfolgen, nachdem das Saatgut vorgereinigt und in Säcke gefüllt wurde. Aus jedem vollen Erntesack werden aus verschiedenen Tiefen ca. 4 Handvoll Bucheckern entnommen und zu einer Probe zusammengefügt (bei kleinen Ernten müssen je Sack mehr Proben entnommen werden!). Bei Handsammlung wird aus jedem vollen 10 l-Eimer eine Handvoll entnommen. Die Einsammlung der Probe direkt von den Netzen vor der Einsammlung der Netze wäre eine weitere Möglichkeit zur Ziehung der R1-Proben. Eine solche Vorgehensweise setzt aber voraus, dass die Probenentnahme zeitlich unmittelbar vor der Einsammlung der Netze erfolgt und dass genau bekannt ist, welche Netze zu welcher Erntepartie gehören. Beides erwies sich in der Praxis als viel zeitaufwendiger und mit mehr Unsicherheiten behaftet als das erste Verfahren.

Auch bei der Ziehung der Proben aus dem aufbereiteten Saatgut muss man darauf achten, dass die Gleichmäßigkeit gewahrt wird. Dazu müssen die Erntepartien vorher gut durchmischt werden. Danach muss über die ganze Partie hinweg gleichmäßig verteilt, z. B. nach einem Raster-System, jeweils eine Handvoll entnommen werden. Diese Teilmengen werden anschließend vermischt und daraus eine Probe von ca. 200 bis 300 g entnommen.

Um personenbedingte Unterschiede möglichst gering zu halten, wurden nach den vorgestellten Ergebnissen Handlungsanweisungen erstellt und in einem „Leitfaden zum Probelauf“, „Verbesserung der Herkunftssicherheit“ und der „Anweisung zur Ziehung und Lagerung der Referenzproben R3/R4 bei Buche“ zusammengefasst. Diese wurden den Teilnehmern an dem Testlauf zur Verfügung gestellt. Sie sollen bei entsprechender Eignung auch für ein später geplantes privatrechtliches Zertifizierungsverfahren gelten.

Einzellocusweise wurden nur in ganz wenigen Fällen signifikante Unterschiede auf dem 95% Niveau zwischen R1- und R3- bzw. R4-Proben beobachtet. Diese basierten auf seltenen Genvarianten, die stichprobenbedingt nicht immer erfasst werden. Deshalb gibt es auch zwischen den verschiedenen Referenzproben derselben Partie in manchen Fällen geringe Unterschiede in der Anzahl der nachgewiesenen Allele, d. h. in der allelischen Vielfalt. Die ursprüngliche Absicht, in die Beweisführung zum Herkunftsnachweis solche

seltenen Allele einzubinden, wurde dahingehend geändert, dass nur Allele, deren Häufigkeiten in einer der Proben über 5% liegen, als relevant anzusehen sind. Die großen genetischen Unterschiede zwischen den Referenzproben unterschiedlicher Erntepartien und die große Übereinstimmung zwischen den Referenzproben derselben Partie, die an verschiedenen Stellen des Produktionsprozesses gezogen wurden, geben berechtigte Hoffnung, dass die Häufigkeit von falsch positiven Ergebnissen (gleiche genetische Differenzierung trotz unterschiedlicher Herkunft) äußerst gering sein wird.

Neben Buche werden zur Zeit auch noch andere Laub- und Nadelbaumarten (v. a. Bergahorn, Eiche, Erle, Esche, Linde, Douglasie, Lärche, Tanne) im Hinblick auf die Ziehung und Sicherstellung von Referenzproben zur Verbesserung der Herkunftssicherung intensiv bearbeitet. Es sei nochmal betont, dass das angedachte Verfahren nur als Ergänzung der gesetzlichen Bestimmungen gedacht ist. Voraussetzung für seine Glaubwürdigkeit ist nach wie vor die gesetzeskonforme Durchführung der Saatguternte und die korrekte Ausstellung des amtlichen Begleitscheins durch den dafür zuständigen Forstbeamten.

5. DANKSAGUNG

Ein erheblicher Teil der Untersuchungen wurde durch Mittel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Den technischen Mitarbeitern aus den genetischen Laboren der FVA Freiburg, Frau LEHRMANN und Herrn HAAS, und dem ASP Teisendorf – Herrn WIMMER, Frau WIMMER, Frau HÄUSL – sei für die qualifizierte Durchführung der isoenzymatischen Untersuchungen gedankt, Herrn JENNER von dem Saatgutprüflabor des ASP Teisendorf für die Prüfungen zur äußeren Beschaffenheit.

Allen Teilnehmern an den Testläufen zur Herkunftsicherung sei für die Ausdauer und kooperative Zusammenarbeit gedankt, ohne die die vorliegende Arbeit nicht zustande gekommen wäre.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Zur Verbesserung der Herkunftsicherung bei forstlichem Vermehrungsgut wird z. Zt. von einer Arbeitsgruppe in Süddeutschland ein auf Referenzproben und deren Kontrolle durch biochemisch-genetische Methoden basierendes Verfahren ausgearbeitet. Es wird detailliert dargestellt, warum die Entnahme repräsentativer Referenzproben notwendig ist und an welchen Stellen des Produktionsprozesses diese zurückgelegt werden müssen, um eine lückenlose Identitätsprüfung im Prozess der Erzeugung von forstlichem Vermehrungsgut zu ermöglichen.

Für die Durchführung des Verfahrens müssen wichtige methodische Aspekte geklärt werden, wie z. B. die Verfügbarkeit geeigneter und standardisierter Labormethoden zur Erfassung genetischer Merkmale und Fragen der repräsentativen Ziehung und langfristigen Lagerung der Referenzproben.

Die Ergebnisse der Untersuchungen für die Baumart Buche werden detailliert dargestellt und diskutiert. Daraus wird gefolgert, dass für die Baumart Buche die Überprüfung der Identität einer Saatgutprobe bei vorhandenen Referenzproben sehr gut möglich ist. Darüber hinaus ist es möglich, bei Buche repräsentative Rückstellproben zu ziehen, wenn einige Vorgaben beachtet werden. Diese Vorgaben werden dargestellt. Sie sollen bei entsprechender Eignung auch für ein später geplantes privatrechtliches Zertifizierungsverfahren gelten, das dem Abnehmer von forstlichem Vermehrungsgut mehr Sicherheit in Bezug auf die Herkunft seines Vermehrungsgutes gibt.

7. Summary

Title of the paper: *Provenance identification of forest reproductive material using reference samples.*

In order to assure provenance verification of forest reproductive material a working group has been established in southern Germany (Bavaria and Baden-Württemberg) to work out a control system, based on biochemical-genetic methods and reference-samples. The reasons why representative sampling is necessary and at which stage of production reference samples need to be taken, in order to assure a complete proof of identity during the forest seedling production process, are presented in detail.

In order to carry out such a control system, various methodological aspects need to be clarified- such as: the availability of suitable and standardized laboratory methods for evaluating the genetic characteristics; methodology for obtaining representative samples and the long term storage of reference-samples.

The results for beech (*Fagus sylvatica*) are presented and discussed in detail. They indicate that a proof of source identity is possible for beech.

Under certain conditions it is also possible to obtain so called „set-aside“ samples, which can potentially be used for a private certification system of forest reproductive material to assure the identity and source of such reproductive material.

8. Résumé

Titre de l'article: *Garantie d'origine du matériel de reproduction forestier basée sur des échantillons de référence.*

A fin d'améliorer la garantie d'origine du matériel de reproduction forestier un groupe de travail s'est récemment attaché, dans le sud de l'Allemagne, à l'élaboration d'un procédé basé sur des échantillons de référence et sur le contrôle de ceux-ci par des méthodes biochimico-génétiques. Il a été établi de façon détaillée pourquoi la collecte d'échantillons de référence représentatifs était nécessaire et à quels stades du processus de production ces spécimens devaient être mis en réserve pour qu'il soit possible de procéder à tout moment à des tests d'identification et ce à tous les stades de l'obtention du matériel de reproduction.

Pour mettre en oeuvre le procédé on a du préciser certains aspects méthodologiques importants, tels par exemple sur la disponibilité en méthodes de laboratoire appropriées et standardisées pour saisir des caractéristiques génétiques et sur les questions relatives au prélèvement bien représentatif des échantillons de référence ainsi qu'à leur stockage sur une longue période.

Les résultats de recherches ayant porté sur le hêtre ont été exposés en détail et discutés. On peut en conclure que pour cette essence le contrôle de l'identité d'échantillons de graines avec les échantillons de référence dont on dispose était parfaitement démontrable. De surcroît il est également possible d'avoir en réserve, pour le hêtre, des échantillons représentatifs à condition de prendre quelques précautions qui ont été indiquées. Ces principes devraient rester entièrement valables pour un procédé de certification relevant du droit privé que l'on envisage pour l'avenir; de la sorte l'acheteur de matériel de reproduction forestier aura une meilleure garantie sur son origine et sa provenance. J.M.

9. Literatur

Anonymus: Verwaltungsvorschriften zum Gesetz über forstliches Saat- und Pflanzgut (FsaatG): Prüfung mit biochemisch-genetischen Methoden. Bundesministerium f. Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1991, 1993, 1997

Anonymus: Zertifiziertes Forstpflanzgut? Auf dem Weg zu mehr Herkunftssicherheit bei forstlichem Vermehrunsggut, AFZ/Der Wald, **5**: 227, 2001

BEHM, A: Referenzproben bei forstlichem Vermehrungsgut. Forstinfo 16, Bayerische Staatsforstverwaltung, **2**: 2000

GEBUREK, TH. und MUHS, H.-J.: Über die Identifikation von forstlichem Vermehrungsgut. AFZ **51/52**: 1309–1312, 1986

GREGORIUS, H. R.: Genetischer Abstand zwischen Populationen. I. Zur Konzeption der genetischen Abstandsmessung. Silvae Genetica **23**: 22–27, 1974

GREGORIUS, H. R. and ROBERDS, J. H.: Measurement of genetical differentiation among subpopulations. Theor. Appl. Genet. **72**: 826–834, 1986
GREGORIUS, H.-R., HATTEMER, H. H. und BERGMANN, F.: Über Erreichtes und kaum Erreichbares bei der „Identifikation" von forstlichem Vermehrungsgut. Allg. Forst- u. J.-Ztg. **155**: 201–214, 1983
GREGORIUS, H.-R., KRAUHAUSEN, J. and MÜLLER-STARCK, G.: Spatial and temporal genetic differentiation among the seed in a stand of *Fagus sylvatica* L. Heredity **37**: 255–262, 1986
HUSSENDÖRFER, E., KÖHL, M. und MÜLLER-STARCK, G.: Ein Beitrag zur Frage der repräsentativen Stichprobennahme bei genetischen Inventuren in Waldbaumpopulationen. Schweiz. Z. Forstwes. **150**(6): 203–208, 1999
International Seed Testing Association: International Rules for Seed Testing, Seed Sci. and technol., 27: Supplement, 1999
JANSEN, A.: Der Einfluss von Ernteverfahren auf die genetische Struktur eines Buchenbestandes. HLFWW, Forschungbericht, Band 27: 142 S., 2000
KONNERT, M.: Genetische Variation der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Bayern. Mitt. der Landesanstalt f. Wald u. Forstwirtschaft, Gotha, Heft 11: 71–83, 1996.
KONNERT, M.: Herkunftsüberprüfung mit biochemisch-genetischen Methoden. Der Weihnachtsbaum, Heft 5: 4–9, 1999
KONNERT, M. und BEHM, A.: Genetische Strukturen einer Saatgutpartie-Einflussfaktoren und Einflussmöglichkeiten. Beitr. Forstwirtsch. u. Landschaftsökologie **4**: 152–157, 1999
KONNERT, M., ZIEHE, M., TRÖBER, U., MAURER, W., JANSSEN, A., SANDER, TH., HUSSENDÖRFER, E. und HERTEL, H.: Genetische Variation der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in Deutschland: Gemeinsame Auswertung genetischer Inventuren über verschiedene Bundesländer. Forst und Holz **55**: 403– 406, 2000
KRAUHAUSEN, J.: Vergleich von zwei Nachkommenschaften eines Buchenbestandes. Forstw. Diplomarbeit, Univ. Göttingen, 1985
MÜLLER-STARCK, G.: Reproductive succes of genotypes of *Pinus sylvestris* L. in different environments. In: GREGORIUS, H.-R. (ed.): Population Genetics in Forestry. Lecture Notes in Biomathematics, **60**: Springer-Verlag, 118–133, 1985
MÜLLER-STARCK, G. and STARKE, R.: Inheritance of isoenzymes in European beech (*Fagus sylvatica* L.). J. Heredity **84**: 291–296, 1993
ZIEHE, M., STARKE, R., HATTEMER, H. H. und TUROK, J.: Genotypische Strukturen in Buchen-Altbeständen und ihren Samen. Allg. Forst- u. J.-Ztg. **169** (5): 91–99, 1998

Der Bayerische Kiefern-Herkunftsversuch von 1950/1951

Aus dem Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Technischen Universität München

(Mit 4 Abbildungen und 5 Tabellen)

Von M. BACHMANN

(Angenommen Oktober 2001)

SCHLAGWORTER – KEY WORDS

Provenienzversuch; Pinus sylvestris L.; Bayern; Standortvariabilität; Korrekturverfahren.

Provenance trial; Pinus sylvestris L.; Bavaria; site-variability; correction-method.

1. EINLEITUNG

1.1 Zielsetzung

Anhand des von Wissenschaft und Praxis gemeinsam in Form einer Versuchsreihe konzipierten Bayerischen Kiefern-Herkunftsversuches soll geprüft werden, wie sich 41 Nachkommenschaften frei abgeblühter, autochthoner und gut beschaffener Kiefernbestände (*Pinus sylvestris* L.) hinsichtlich Wuchsleistung und Werteigenschaften unter dauerhafter Beobachtung verhalten (KOLLER, 1981; BAYMELF, 1948).

Die Grundsteinlegung erfolgte am 10.12.1948 in Kooperation zwischen der Bayerischen Ministerialforstabteilung und dem Institut für Forstsamenkunde und Pflanzenzüchtung (Prof. ROHMEDER). Das umfangreiche Versuchskonzept beinhaltet Samengewinnung, Pflanzenanzucht, Ausbringung sowie wiederholte morphologische und wachstumskundliche Beobachtung bayerischer Kiefernprovenienzen auf fünf Anbaustandorten – namentlich an den Forstämtern Bodenwöhr, Geisenfeld, Heigenbrücken, Heilsbronn und Nürnberg (Abb. 1).

Provenienzversuche wie der hiesige quantifizieren Wachstum, Qualität und Widerstandsfähigkeit verschiedener Provenienzen unter verschiedenen Standortbedingungen. Sie zielen auf Detailwissen über die Anbauwürdigkeit verschiedener Provenienzen forstwirtschaftlich bedeutsamer Arten. Insbesondere interessiert, welche Provenienzen über das ganze Standortspektrum hinweg einen stabilen quantitativen und qualitativen Ertrag erwarten lassen (PRETZSCH, 2002). Da Herkünfte, die aus Gebieten mit annähernd gleichen ökologischen Bedingungen stammen, zu Herkunftsgebieten zusammengefasst werden, lässt sich diese Zielsetzung auch auf Herkunftsgebiete im Sinne der Forstsaat-Herkunftsgebietsverordnung (1994) übertragen.

1.2 Praxisrelevanz

Einerseits stellen waldbauliche Eignung und betriebswirtschaftlicher Erfolg für den forstlichen Praktiker bedeutsame Zielgrößen dar, die von der Herkunftsfrage unmittelbar berührt werden (SPELLMANN, 1995; SCHOBER, 1988). Andererseits ist der derzeitige Bedarf an bayerischem Kiefern-Saat- und Pflanzgut infolge der veränderten Bestockungsziele und der Präferenz von Naturverjüngung gering. Aktuell besitzt die Kiefer im bayerischen Staatswald einen Anteil von etwa 18% (127440 ha), dieser soll jedoch auf 9% mit einem verbleibenden Schwerpunkt auf „nährstoffarmen, trockenen und wechseltrockenen Sand- und Schluffböden" abgesenkt werden (BAYSTMELF, 1995, S. 3). Die künstliche Ausbringung geeigneter Provenienzen beschränkt sich auf definierte Standorte, denen angepasste Altkiefern fehlen oder deren Verjüngung beispielsweise infolge von Bodenverwilderung, hohem Grundwasserstand etc. unmöglich oder unzureichend ist.

1.3 Umweltveränderungen

Es ist aber auch bekannt, dass laufende und zukünftige Umweltveränderungen den Ausfall bisher angepasster Populationen verursachen und den Bedarf an geeigneten Kiefern-Provenienzen wieder erhöhen können (VON LÜPKE, 1993). Dies zeigen auch zahlreiche Herkunftsversuche, indem sie nachweisen, dass eine

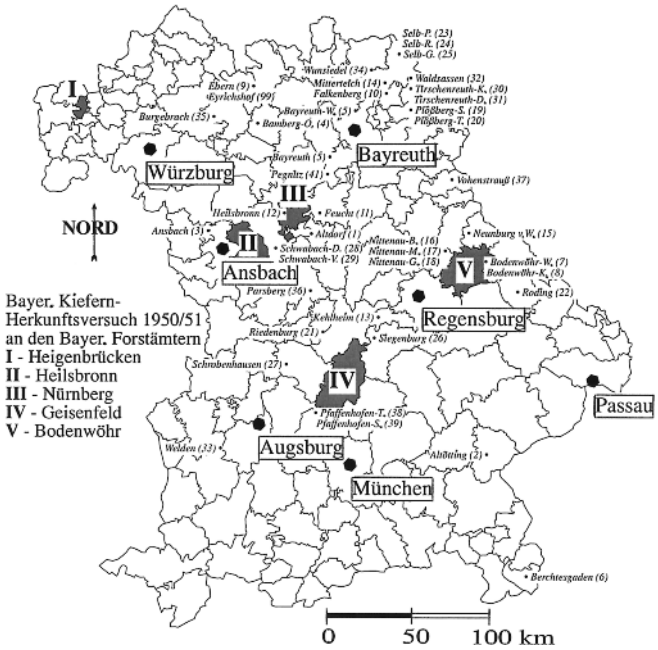

Abb. 1

Insgesamt 41 bayerische Kiefernherkünfte wurden 1950/1951 an fünf Standorten in Bayern angebaut. Im Gegensatz zu den Versuchsflächen an den Forstämtern Heigenbrücken (I) und Heilsbronn (II) sind die Anlagen in Bodenwöhr (V), Geisenfeld (IV) und Nürnberg (III) auch heute noch unter Dauerbeobachtung und decken auf 111 Parzellen 38 Herkunfte ab. Ungefähre Lage und Name der Elternbestände sind zusammen mit ihrer fortlaufenden Nummer – (1) bis (99) – dargestellt

The experiment includes 41 Bavarian provenances of Scots pine at five different locations of cultivation

autochthone Provenienz nicht per se über die beste Angepasstheit (statisch) bzw. Anpassungsfähigkeit (dynamisch) an einen lokalen Standort verfügt (GREGORIUS, 1997). Außerdem kommt hinzu, dass sich aktuell die klimatischen und standörtlichen Bedingungen innerhalb eines Baumlebens und u. U. sogar außerhalb der sexuellen Reproduktionsphase drastisch verändern und damit die Anpassungsanforderungen laufend revidiert werden (ROTACH, 1994).

2. MATERIAL

2.1 Versuchsgeschichte

Bereits Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts kam es infolge nicht angepassten, aber dafür preiswerten Herkunftsmaterials bei der Kiefer allerorts zu massiven Ausfällen, unbefriedigenden Wuchsformen und -leistungen. Das forstliche Versuchswesen reagierte mit der Anlage von Kiefern-Herkunftsversuchen, die aus heutiger Sicht aufgrund der regelmäßigen Beteiligung ostpreußischer und schlesischer Provenienzen als international zu bezeichnen wären. Hierzu gehören die Versuche BÜHLERS von 1904, SCHWAPPACHS von 1907, ENGLERS von 1908/1909, KLEINS von 1928/1929, ZIMMERLES von 1934/1936 und SCHMIDTS von 1936/1937 (SCHOBER, 1988; TROEGER, 1960a, b, c; ROHMEDER und SCHÖNBACH, 1959). Innerhalb einiger Landesforstverwaltungen bestand zudem die Intention, das Wuchsverhalten landestypischer Kiefernprovenienzen zu vergleichen, so in Baden-Württemberg mit dem Versuch DIETRICHS von 1927 und in Bayern mit dem Versuch ROHMEDERS von 1950/1951 (TROEGER, 1960b; BAYSTMELF, 1948). Dieses erneute Interesse an der Kiefer in den 50iger Jahren geht vermutlich auch auf den devastierten Zustand vieler Nachkriegsbestände und den damit verbundenen Bedarf an einer klima- und standorttoleranten Baumart insbesondere für die rasche künstliche Bestockung großer Kahlflächen zurück.

2.2 Versuchsanlage

Im Zuge der reichlichen Zapfenernte von 1948 wurden ein bis zwei Zentner von mindestens 20 Elternbäumen je gut beschaffenem Bestand der jeweils einheimischen Standortrasse beerntet. Abbildung 1 zeigt die räumliche Lage der aus sechs Herkunftsgebieten, neun Wuchsgebieten und 17 Wuchsbezirken stammenden Provenienzen, deren Höhengradient sich von 250 m bis 1050 m über NN erstreckt. Im Anhalt an die Forstsaat-Herkunftsgebietsverordnung von 1994 lassen sich die Provenienzen den sechs bayerischen Herkunftsgebieten (Abkürzung, HK-Nummer) Nordostbayerische Mittelgebirge (NOBayMG, 851 12), Mittelfränkisches Hügelland (MFrHL, 851 15), Alb (851 16), Ostbayerische Mittelgebirge (OBayMG, 851 17/18), Alpenvorland (AlpVL, 851 21) und Alpen (851 22/23) zuordnen.

Nach der Klengung der Samen in Bindlach und Laufen wurden die Pflanzen in den Pflanzgärten Neustadt/Aisch und Teisendorf angezogen und im Frühjahr 1950 im Verband 1,0 m x 0,25 m auf vorhandene Kahlflächen nach vorhergehender Bodenbearbeitung, Kalkung und Zäunung ausgebracht. Da die Klenge in Bindlach nicht das gesamte Material bewältigen konnte, wurden fünf Provenienzen (Nr. 36 ff.) im Frühjahr 1951 nachangebaut und sind demzufolge ein Jahr jünger. Die mit einer Provenienz bestückten Parzellen weisen i.d.R. eine rechteckige Abmessung von 30 m x 40 m auf und sind von einem Laubholzstreifen umgeben. Diesem schließt sich ein weiterer Gürtel an, der zwei Reihen einer definierten Kiefernprovenienz beinhaltet, als Standard bezeichnet wird und der Indikation der Standortverhältnisse im großflächigen Versuchsareal dient. Lediglich auf den Versuchsparzellen des Forstamtes Bodenwöhr wurde aus Rücksicht auf die dort übliche Technik der Bifangpflügung ein Dreiecksverband gewählt. Somit stellten sich Ausgangsdichten von 38500 bis 40000 Pflanzen je Hektar ein.

Während sich auf der Versuchsfläche Bodenwöhr 31 Provenienzen ohne Wiederholung befinden, lassen sich in Geisenfeld 37 Provenienzen (davon 7 einfach wiederholt) und in Nürnberg 35 Provenienzen (davon 8 einfach wiederholt) beobachten (Tab. 1). Die Versuche in Heilsbronn und Heigenbrücken mit 15 bzw. 28 Provenienzen mussten 1996 aus versuchstechnischen Gründen aufgegeben werden. Von den ursprünglich 166 sind damit noch 111 Parzellen mit einer Messfläche von 11 ha unter Beobachtung, die nach dem Ausfall der Provenienzen „Burgebrach“, „Eyrichshof“ und „Siegenburg“ noch 38 bayerische Herkünfte abdecken.

Die drei verbliebenen Versuche unterscheiden sich mit Höhenlagen von 300 m bis 380 m über NN nur gering. Der trockene, nährstoffarme Boden in Bodenwöhr deckt das untere Standortspektrum, der frische, deutlich besser mit Nährstoffen versorgte Boden in Geisenfeld das obere Spektrum für das Wachstum der Kiefer in Bayern ab (Tab. 1).

2.3 Versuchsbehandlung

Die waldbauliche Behandlung der Versuchsparzellen beschränkte sich in den ersten 20 Versuchsjahren auf Nachbesserungen, den Aushieb verdämmender Weichlaubhölzer und angeflogener Kiefern sowie auf vereinzelte niederdurchforstungsartig geführte Eingriffe. Zu Beginn der 70iger Jahre wurden Z-Stämme in unterschiedlicher Anzahl (bis zu 500 Stück) ausgewählt, geastet und durch die Entnahme von Konkurrenten gefördert. Auf den drei zur Weiterbeobachtung vorgesehen Versuchsflächen (Bodenwöhr, Geisenfeld und Nürnberg) wurden im Zeitraum 1997 bis 1999 nur mehr 225 Z-Bäume durch die Entnahme von einem bis zwei Bedrängern begünstigt. Um provenienzspezifische Unterschiede nicht durch die waldbauliche Behandlung zu überprägen, wurde die Eingriffsstärke

Tab. 1

Standörtliche Faktoren der Versuchsflächen Bodenwöhr, Geisenfeld und Nürnberg. Die jeweils drei bis fünf Hektar umfassenden Versuche erstrecken sich z.T. über mehrere Abteilungsgrenzen

Site characteristics of the locations Bodenwöhr, Geisenfeld and Nürnberg

Versuchsflächen / Merkmale	Bodenwöhr 31 Herkünfte	Geisenfeld 37 Herkünfte	Nürnberg 35 Herkünfte
Abteilungsname(n)	„Haidschlag“	„Kühanger“ / „Ödholz“	„Birkenlach“ / „Kirchenwald“
Höhe über NN (m)	380	375	350
Geländeform	± eben	eben	± eben
Geologie	überprägte Kreideablagerung	Tertiär mit quartären Überlagerungen	dilluvialer Sand bzw. Dünensand, daneben auch Schotter
Bodenfrische / -art	trockener, nährstoffarmer Sand	frischer, humoser, tw. anmooriger Sand	mäßig frischer bis frischer, tw. trockener bis mäßig trockener Sand bzw. Schotter

Tab. 2

Anzahlen (n), Mittelwerte (avg) und Standardabweichungen (s) der jüngsten Aufnahmen (1997 bis 1999) auf den Flächen Bodenwöhr, Geisenfeld und Nürnberg nach Auflösungsebenen und Herkunftsgebieten

Numbers (n), averages (avg) and standard deviations (s) of the inventory 1997 to 1999 ordered by areas of origin and degrees of resolution

Herkunftsgebiet	1. Ebene: Vollaufnahme Beispiel: Durchmesser			2. Ebene: Stichprob. Erfassung Beispiel: Baumhöhe			3. Ebene: Probebäume Beispiel: Radialzuwachs		
	n (Bäume)	avg (mm)	s (mm)	n (Bäume)	avg (dm)	s (dm)	n (Bäume)	avg (mm ∗ a^{-1})	s (mm ∗ a^{-1})
NOBayMG	3644	175	54	865	189	31	64	2,28	0,32
MFrHL	4212	185	55	1009	194	28	76	2,29	0,30
Alb	3176	181	54	733	188	28	54	2,22	0,25
OBayMG	5060	184	57	1162	192	27	87	2,36	0,31
AlpVL	2199	186	57	589	190	28	45	2,24	0,30
Alpen	437	194	55	119	187	21	9	2,36	0,19
Standardstreifen	2549	210	59	2546	193	25			
Summe	21277			7023			335		

durch Entnahme von 20% der aufstockenden Grundfläche an die vorhandene Bestandesdichte gekoppelt.

3. METHODEN

3.1 Aufnahmekonzept

Die Aufnahmekonzepte der Jahre 1952, 1955, 1960, 1974/1975 und 1997/1998/1999 korrespondieren mit SCHOBERS (1988) allgemeinen Zielen der Provenienzforschung, die angebauten Provenienzen hinsichtlich quantitativer Zuwachsleistung, Schaftform und Resistenz zu charakterisieren. Nach MÜNCH (1937, S. 144) soll damit festgestellt werden, welche Provenienz in der Lage ist, die „Standortfaktoren Klima und Boden bestmöglich auszunützen und gleichzeitig örtlichen Gefahren standzuhalten“. Dabei lässt sich die jüngste Erhebung auch hinsichtlich der gewählten Auflösungsebene gliedern (Tab. 2). Ebene eins beinhaltet für jede Parzelle eine Vollaufnahme aller Brusthöhendurchmesser, Ebene zwei eine stichprobenweise Erfassung von Höhen-, Kronen- und Schaftqualitätsmerkmalen an 25 bis 40 Individuen pro Parzelle und Ebene drei detaillierte Stammanalysen an je drei gefällten, dominanten, qualitativ gut veranlagten Probebäumen inkl. deren Wuchskonstellationen. Bei der Erfassung der äußeren Holzqualitätsmerkmale „Säbelwuchs“ und „Abholzigkeit“ wurden die von KNOKE (1996) beschriebenen Verfahren eingesetzt und zusätzlich allgemeine Schaftgüte, Aststärke und -winkel klassifiziert.

Hinzu kommt die genetische Beprobung von vier Provenienzen mit jeweils 100 zufällig ausgewählten Individuen auf der Versuchsfläche Bodenwöhr (BLUMENRÖTHER et al., 2001; BLUMENRÖTHER, 1999). Das Herkunftsgebiet Ostbayerische Mittelgebirge (851 17/18) stellt mit 10 Provenienzen die größte und das Herkunftsgebiet Alpen (851 22/23) mit nur einer Provenienz die kleinste Datengrundlage für die weitere Auswertung. Hinzu kommen 2546 Höhenbefunde der Standardstreifen (Tab. 2), deren Eignung als Standortindikator und Korrekturgröße nachfolgend veranschaulicht wird.

3.2 Ausgleich standörtlicher Inhomogenitäten mit Hilfe der „Standardstreifen“

Die großflächigen Versuchsflächen – jeweiliger Flächengröße ca. 4 ha – bergen die Gefahr standörtlicher Inhomogenität in sich. Mit Hilfe der umgürtenden Standardprovenienz lassen sich kleinräumige Standortunterschiede aufzeigen. Außerdem kann das Höhenwachstum des Standardstreifens für die Adjustierung der provenienzspezifischen Befunde auf jeder Versuchsfläche herangezogen werden. Als Korrekturgröße wird die arithmetische Mittelhöhe der 10% höchsten Individuen je Standardstreifen und Aufnahme verwendet. Dabei handelt es sich, wie auch bei der Höhe der 100 stärksten Bäume je Hektar, um einen bewährten Standortindikator, der anstelle dieser als Oberhöhe bezeichneten Größe in

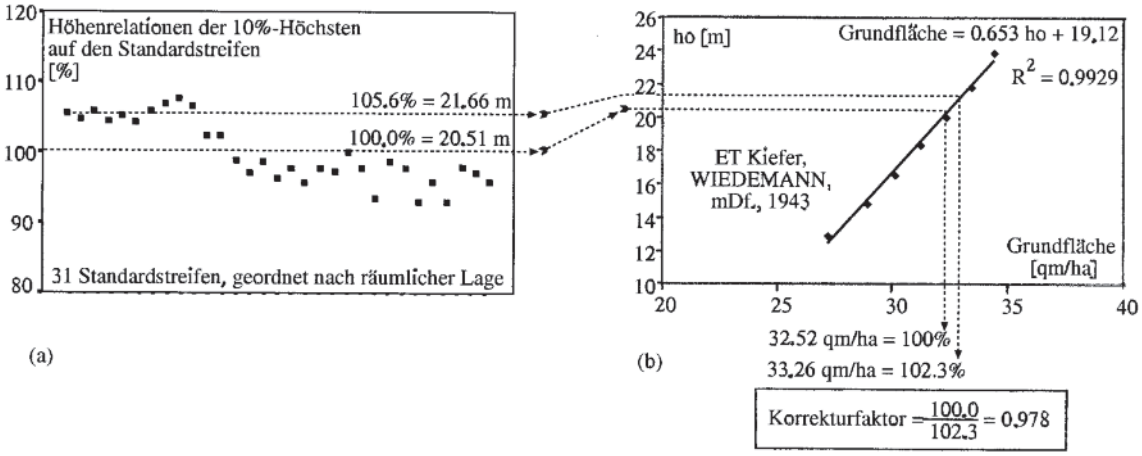

Abb. 2

Schematische Darstellung des Vorgehens bei der Korrektur ertragskundlicher Befunde mit Hilfe von Standardstreifen und Ertragstafel infolge kleinflächiger Standortunterschiede (Beispiel Versuchsanlage Bodenwöhr, Alter 50 Jahre).
a) Verhältnis der Höhenwerte der jeweils 10%-höchsten Bäume der 31 räumlich getrennten Standardstreifen, die jeweils eine Herkunftsparzelle umgürten, zum versuchsspezifischen Mittelwert aus allen Standardstreifen (100%-Wert).
b) Mit Hilfe der alterspezifischen Ertragstafel-Beziehung zwischen Oberhöhe und Grundfläche (linearer Ausgleich, WIEDEMANN, mäßige Durchforstung, 1948) lässt sich quantifizieren, zu welchen Grundflächenunterschieden eine Oberhöhendifferenz im beobachteten Rahmen führt. Anhand des Grundflächen-Korrekturfaktors (Mittelwert aller Standardstreifen in Relation zum lokalen Streifen) wird ersichtlich, dass eine günstigere Oberhöhe von 105,6 % eine Grundflächenkorrektur mit dem Faktor 0,978 erforderlich macht

With the help of a "standard" pine provenance surrounding all plots it is possible to adjust yield data in two steps (example Bodenwöhr, 31 provenances, age of 50). (a) The top height of each standard is relativized using the average of all standards. (b) The mentioned deviations were combined with dominant heights and accompanying parameters (e.g. basal area) of corresponding yield tables

Ermangelung eines Flächenbezuges gewählt wurde. In die Mittelwertbildung werden die Standardstreifen der zwei bis vier unmittelbar angrenzenden Parzellen und somit jeweils 6 bis 20 vorherrschende Einzelbäume einbezogen. Auf diese Weise entsteht ein gleitendes Höhenmittel, das unter Einbeziehung der Lage der einzelnen Parzellen einen plausiblen „Standortgradienten" liefert. Besonders eindrucksvoll ist dies anhand des Versuches Bodenwöhr zu erkennen, dessen 31 Parzellen in einer Linie jeweils paarweise über eine Entfernung von etwa 800 m angeordnet sind und dabei eine gerichtete standörtliche Veränderung durchlaufen (Abb. 2, links). Wird dieser standortspezifische Mittelwert in Relation zum Mittelwert aller 10%-höchsten Individuen des Standards der jeweiligen Versuchsfläche gesetzt, entsteht ein Faktor, mit dessen Reziprok sich zunächst die hektarbezogenen Oberhöhen der Provenienzen korrigieren lassen.

Um auch andere quantitative Bestandesmerkmale wie Stammzahlen, Grundflächen, Volumina, Durchmesser- und Höhen der Grundflächenmittelstämme anzupassen, werden deren Beziehungen zur Oberhöhe im Anhalt an die Kiefern-Ertragstafel von WIEDEMANN (1943/1948, mäßige Durchforstung; Beziehung zur Oberhöhe gemäß LFV BD.-WTTBG., 1993) für die erforderlichen Bestandesalter – 30 und 50 Jahre – funktional beschrieben (Abb. 2, rechts mit einem Berechnungsbeispiel für das Alter 50 Jahre). Beispielhaft ergibt sich für den Mittelwert der 10%-höchsten Bäume aller Standardstreifen im Alter 50 Jahre ein Wert von 20,51 m und eine aus der Ertragstafel abgeleitete Grundfläche für den verbleibenden Bestand von 32,52 m^2. Eine kleinräumig anzutreffende höhere Wuchsleistung von 105,6% führt zu einer höheren Grundfläche von 33,26 m^2. Demzufolge wird die beobachtete Grundfläche der hier anzutreffenden Provenienz mit einem Korrekturfaktor von 0,978 reduziert. Alle Merkmale, deren Standortabhängigkeit nicht über die Standards erfasst und über die Ertragstafel referenziert werden konnten – hierzu zählen insbesondere Befunde zu Qualität und Resistenz – wurden unverändert in die weitere Auswertung übernommen.

3.3 Auswertungskonzept

Nach Prüfung auf Normalverteilung (K-S-Test nach LILLIEFORS) und Varianzhomogenität (LEVENE-Test) wurden die auf Parzellenebene verdichteten Merkmale der Provenienzen nach den sechs eingangs genannten Herkunftsgebieten gruppiert und einer einfaktoriellen Varianzanalyse inkl. multiplem Vergleichstest (BONFERRONI bzw. DUNETT T3) unterzogen (BROSIUS und BROSIUS, 1995). Da beim Vergleich der provenienzspezifischen Anteile gerader Schäfte nicht alle relativen Häufigkeiten zwischen 0,30 und 0,70 lagen, wurden deren Anteilsprozente vorab einer inversen Sinustransformation unterzogen (SACHS, 1997). Infolge der deutlichen Standortunterschiede zwischen den Versuchsflächen und dem häufigen Fehlen von Wiederholungen auf den jeweiligen Flächen sind statistisch gesicherte Aussagen auf Provenienzebene nicht möglich. Das Herkunftsgebiet Alpen (851 22/23) wurde nicht in die Varianzanalyse einbezogen, da es auf jeder Versuchsfläche nur mit einer Parzelle – der Provenienz „Berchtesgaden" – vertreten ist.

4. ERGEBNISSE

4.1 Natürliche Mortalität

Die Ergebnisse der Vollaufnahme in der Vegetationsruhe 1974/1975 ermöglichen eine Abschätzung, zu welchen überwiegend durch natürliche Mortalität bedingten Verlusten es in den ersten 25/26 Lebensjahren gekommen ist (Tab. 3). Dabei werden die Resistenz – „erblich bedingte Widerstandsfähigkeit gegen biotische und abiotische…" Schädigungen (SCHÜTT et al., 1992) – wie auch die Selbstdifferenzierung als Bestandteile natürlicher Mortalität betrachtet.

Bezogen auf die Ausgangsdichte von 40.000 Pflanzen x ha^{-1} (Bodenwöhr: 38.500 Stück x ha^{-1}) beinhaltet der gesamte Bestand 1974/1975 noch etwa 10% dieser Stammzahlen. Als gesamter Bestand wird dabei die merkmalspezifische Summe aus verbleibendem und ausscheidendem Bestand zum jeweiligen Betrachtungszeitpunkt bezeichnet. Bei der Herleitung der Prozentwerte wurde keine versuchsparzellenspezifische Standortkorrektur durchgeführt, da über diesen Zeitraum keine Oberhöhenreferenzierung möglich war. Auf dem besseren Standort in Geisenfeld ist die natürliche Stammzahlreduktion auf im Mittel 4.300 Stück x ha^{-1} oder 9% erwartungsgemäß am forciertesten abgelaufen und unterschreitet deutlich das Niveau der I.0 Bonität nach WIEDEMANN (1943/1948, mäßige Durchforstung) mit 4.860 Bäumen x ha^{-1}. Allgemein betragen die Unterschiede zwischen den Provenienzen nur

Tab. 3

Mortalitätsanteil (%) im Alter 25 Jahre (Mort%), aktueller Vorrat des gesamten Bestandes (Vg in VfmD x ha^{-1}) und jährlicher Volumenzuwachs (IV in VfmD x ha^{-1}a^{-1} als Mittelwert der letzten 22- bis 24jährigen Periode; Alter 50 Jahre) der 41 bayerischen Kiefernprovenienzen geordnet nach Herkunftsgebieten (HK) und Anbaustandorten. Die Werte für Vg und IV wurden mit einem standortsensitiven Verfahren adjustiert

Degree of mortality (%) in the age of 25 (Mort%), actual stand volume (VfmD x ha^{-1}) and annual increment of volume (VfmD x ha^{-1}a^{-1}) ordered by provenances and locations of cultivation. All volumes were adjusted by the described site-sensitive method

HK	Provenienzname (Nr.)	Bodenwöhr			Geisenfeld			Nürnberg		
		Mort.%	Vg	IV	Mort.%	Vg	IV	Mort.%	Vg	IV
NOBayMG 851 12	Falkenberg (10)	88 %	355	13,2	92 %	390	9,5	89 %	489	15,0
	Mitterteich (14)	83 %	358	13,8				83 %	368	8,9
	Selb-P. (23)				90 %	405	10,3	85 %	540	17,8
	Selb-R. (24)				90 %	436	12,8	85 %	440	13,5
	Selb-G. (25)	88 %	352	14,5						
	Tirschenreuth-K. (30)	90 %	327	12,7	93 %	427	12,0	85 %	433	12,5
	Tirschenreuth-D. (31)	90 %	332	12,7	91 %	415	10,0			
	Waldsassen (32)	91 %	295	10,9	92 %	395	9,4	85 %	338	9,5
	Wunsiedel (34)	88 %	321	12,9	90 %	269	5,3	87 %	390	11,6
MFrHL 851 15	Ansbach (3)	88 %	316	11,4	89 %	463	13,0	88 %	498	14,8
	Bamberg-Ost (4)	81 %	345	13,3	93 %	518	14,9	84 %	439	11,9
	Ebern (9)	89 %	378	14,1	91 %	476	12,4	89 %	552	17,4
	Feucht (11)	88 %	356	12,6	91 %	408	9,5	87 %	450	12,1
	Heilsbronn (12)				91 %	426	10,1	85 %	450	13,2
	Schwabach-D. (28)	89 %	326	13,0	91 %	387	9,2	88 %	366	7,9
	Schwabach-V. (29)	89 %	298	11,3	94 %	500	13,9	85 %	461	12,5
	Burgebrach (35)									
	Eyrichshof (99)									
Alb 851 16	Altdorf (1)	85 %	290	11,8	91 %	358	7,6	88 %	359	8,8
	Bayreuth-West (5)	86 %	348	12,8	91 %	500	15,0	85 %	425	10,7
	Kehlheim-Nord (13)	86 %	329	12,1	92 %	485	13,4	86 %	387	10,7
	Riedenburg (21)	91 %	352	14,5	91 %	458	13,0	86 %	437	13,9
	Parsberg (36)	87 %	361	14,6				91 %	527	16,2
	Pegnitz (41)	92 %	352	12,0				84 %	482	14,0
OBayMG 851 17/18	Bodenwöhr-W. (7)	90 %	344	12,7	91 %	461	11,6	88 %	406	10,8
	Bodenwöhr-K. (8)	86 %	365	13,7	91 %	454	12,0	89 %	456	13,7
	Neunburg v. W (15)	87 %	345	12,5				86 %	356	8,3
	Nittenau-B. (16)	86 %	333	12,0	92 %	487	12,2			
	Nittenau-M. (17)	83 %	334	12,9	92 %	456	12,4	86 %	455	11,8
	Nittenau-G. (18)	85 %	318	12,6	93 %	389	10,2	85 %	473	13,0
	Plößberg-S. (19)				92 %	408	9,2	85 %	397	11,5
	Plößberg-T. (20)	90 %	314	11,9	91 %	502	14,2	84 %	455	12,5
	Roding (22)	90 %	298	11,4	93 %	489	13,6	88 %	530	16,9
	Vohenstrauß (37)							86 %	483	14,7
AlpVL 851 21	Altötting (2)	92 %	279	9,7	90 %	377	8,1	82 %	353	10,6
	Siegenburg (26)									
	Schrobenhausen (27)				91 %	436	11,5	88 %	337	9,8
	Welden (33)	90 %	302	11,2	92 %	384	8,8	86 %	382	10,2
	Pfaffenhofen-S. (38)							91 %	482	14,8
	Pfaffenhofen-D. (39)	93 %	315	12,3				80 %	444	14,3
Alpen 851 22/23	Berchtesgaden (6)	90 %	312	11,2	92 %	437	11,4	87 %	367	9,6

Tab. 4

Statistische Befunde ausgewählter, signifikant unterschiedlicher Betrachtungsgrößen (Btgr.) geordnet nach Anbaustandorten, Beobachtungsjahren und Herkunftsgebieten. Das Herkunftsgebiet „Alpen“ ist auf jeder Versuchsfläche nur mit einer Parzelle der Herkunft „Berchtesgaden“ vertreten und nicht in die Varianzanalyse einbezogen worden. Verbindungslinien zwischen Gruppenwerten stehen für eine signifikante Gruppentrennung mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5%

Statistical results of variance analysis ordered by locations of cultivation, years of observation and areas of origin. Connected lines refer to significant group differences with an error probability of 5%

Jahr	Btgr.	Stat. Befundgröße	NOBayMG 851 12	MFrHL 851 15	Alb 851 16	OBayMG 851 17/18	AlpVL 851 21	Alpen 851 22/23
Versuchsfläche **Bodenwöhr**								
1997		Anzahl Parzellen	7	6	6	8	3	1
Grundfläche		Mittelwert	42,3	41,6	42,5	41,8	36,2	38,7
	(m^2/ha)	Standardabw.	1,9	2,4	2,6	1,8	2,5	
		sig. Grup.trennung						
Versuchsfläche **Geisenfeld**								
1998		Anzahl Parzellen	7	9	5	10	5	1
Durchm. d.		Mittelwert	20,8	21,5	21,6	22,8	21,2	22,6
Grundf.mst.		Standardabw.	0,6	1,3	0,7	0,7	1,0	
	(cm)	sig. Grup.trennung						
1950–1997		Anzahl Parzellen	7	9	5	10	5	1
Jährl. Radial-		Mittelwert	2,3	2,3	2,4	2,6	2,3	2,2
zuwachs		Standardabw.	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	
	(mm)	sig. Grup.trennung						
1998		Anzahl Parzellen	7	9	5	10	5	1
Anteil gerader		Mittelwert	36,4	14,9	19,5	17,0	10,6	8,3
Schäfte		Standardabw.	11,4	6,1	5,1	14,7	5,9	
	(%)	sig. Grup.trennung						
Versuchsfläche **Nürnberg**								
1974		Anzahl Parzellen	7	10	7	11	7	1
Höhe des		Mittelwert	10,9	11,1	10,9	10,9	9,9	10,8
Grundf.mst.		Standardabw.	0,5	0,5	0,7	0,6	0,5	
	(m)	sig. Grup.trennung						
1999		Anzahl Parzellen	7	10	7	11	7	1
Höhe des		Mittelwert	22,6	22,5	22,2	22,2	20,6	21,6
Oberhöh.st.		Standardabw.	1,2	0,8	1,3	1,1	1,1	
	(m)	sig. Grup.trennung						
1999		Anzahl Parzellen	7	10	7	11	7	1
Anteil gerader		Mittelwert	69,2	41,5	29,3	40,3	38,3	23,1
Schäfte		Standardabw.	21,6	11,7	7,7	21,2	4,9	
	(%)	sig. Grup.trennung						
1999		Anzahl Parzellen	7	10	7	11	7	1
Abholzigkt.		Mittelwert	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,6
(cm/lfm)		Standardabw.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	
		sig. Grup.trennung						

wenige Prozentpunkte. Die höchsten Überlebensraten zeigen die Provenienzen „Bamberg-Ost“ in Bodenwöhr und „Paffenhofen-D.“ in Nürnberg mit 19% bzw. 20%.

Die ungünstigen klimatischen Bedingungen auf der Kahlfläche, starke Verheidung und Anflug von versuchsfremden Kiefern und Weichlaubhölzern führten zu ersten Stammzahlverringerungen, denen in Bodenwöhr und Geisenfeld bis 1952 – leider ohne genaue Dokumentation – mit vereinzelten Nachbesserungen begegnet wurde. Bis etwa 1960 folgten wiederholte Infektionen mit der Kiefernnadelschütte (Bekämpfung mit Dithane) sowie Befall durch den Großen Braunen Rüsselkäfer und den Kieferntriebwickler. Nach 1960 musste vereinzelt Schneebruch, ab 1974 ebenfalls vereinzelt Kiefernrinden-Blasenrost (Kienzopf) registriert werden. Aktiv entnommen wurden lediglich versuchsfremde Bäume sowie vereinzelt tote und niedergebogene Kiefern im Zuge einer schwachen Niederdurchforstung.

4.2 Quantitative Befunde

Den ebenfalls in Tabelle 3 aufgeführten Derbholzvorräten und -zuwächsen liegt die geschilderte Adjustierung auf der Basis lokaler Standortunterschiede zugrunde. Mit einem mittleren Wert von 330 VfmD x ha^{-1} ist der aufstockende Vorrat im Alter von 50 Jahren in Bodenwöhr am geringsten, in Geisenfeld und Nürnberg um 100 VfmD x ha^{-1} höher und übertrifft allgemein das Niveau der I.0-Bonität mit 308 VfmD x ha^{-1} deutlich (Wiedemann, 1943/1948, mäßige Durchforstung). Für die Zuwachsberechnung musste

auf den Vorrat des gesamten Bestandes 1974/1975 zurückgegriffen werden, sodass die resultierenden jährlichen Zuwachswerte – als Mittelwerte einer Periode – tendenziell eine Unterschätzung beinhalten. Die Zuwächse auf den Versuchsflächen unterscheiden sich mit Mittelwerten von 11.2 bis 12.5 Festmeter je Hektar und Jahr nur wenig. Im Vergleich dazu legt die I.0-Bonität nach WIEDEMANN (1948, mäßige Durchforstung) bei jährlich 10,2 VfmD x ha^{-1}. Die Provenienz „Selb-P." leistet am Versuchsstandort Nürnberg mit jährlich 17,8 VfmD x ha^{-1} den höchsten, die Provenienz „Wunsiedel" am Versuchsstandort Geisenfeld mit 5,3 VfmD x ha^{-1} den geringsten jährlichen Volumenzuwachs.

Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse einer einfaktoriellen Varianzanalyse für diejenigen Ertragskomponenten, auf deren Basis sich signifikante Gruppenunterschiede ergeben. Dabei steht jede schwarz ausgezogene Verbindungslinie für eine signifikante Trennung zweier Herkunftsgebiete mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5%.

Die Mattwüchsigkeit der Alpenvorlands-Kiefern hebt sich häufig signifikant von den Wachstumsbefunden der Kiefern aus anderen Herkunftsgebieten ab. Dies gilt in Bodenwöhr für die Grundfläche des gesamten Bestandes im Frühjahr 1997 (36,2 m^2 x ha^{-1}), in Geisenfeld für den Durchmesser des Grundflächenmittelstammes des gesamten Bestandes im Frühjahr 1998 (21,2 cm) und in Nürnberg für die Höhenwerte der Mittelstämme in den Betrachtungsjahren 1974/1975 sowie 1999. Einen signifikant hohen Durchmesser des Grundflächenmittelstammes des gesamten Bestandes weisen Kiefern aus dem Herkunftsgebiet Ostbayerische Mittelgebirge im Frühjahr 1998 auf, allerdings nur am Versuchsstandort Geisenfeld (22,8 cm).

Mittels Trieblängen- und Jahrringbreitenmessungen lässt sich der alterstypische Radial- und Höhenzuwachs dominanter Individuen der jeweiligen Provenienz beschreiben. Mit Hilfe eines geeigneten Ausgleichs lassen sich kurzfristige umweltbedingte Einflüsse in ihrer Auswirkung auf den alterstypischen Zuwachsverlauf ausblenden und dabei die Funktionswerte zum Zeitpunkt der Zuwachskulmination aufzeigen (Tab. 5). Beim jährlichen Radialzuwachs ir wird das Modell $ir = \exp(a + b \cdot \ln(A) + c \cdot \ln(A)^2)$ und beim jährlichen Höhenzuwachs ih der Ansatz $ih = (A^2)/(a + b \cdot A + c \cdot A^2)$ verwendet (a, b, c = herkunftsspezifische Parameter, A = Alter). Erwartungsgemäß kulminiert der Radialzuwachs auf den besseren Standorten Geisenfeld und Nürnberg früher (Alter 6 bzw. 7 Jahre) als in Bodenwöhr (Alter 10 Jahre). Die Kulmination des Höhenzuwachses erfolgt demgegenüber mit 14 bis 17 Jahren und damit im Mittel 7 bis 11 Jahre später. Interessanterweise findet sich bei dem am schlechtesten mit Nährstoffen versorgten Standort Bodenwöhr mit der Provenienz „Roding" sowohl der späteste Kulminationszeitpunkt des Höhenzuwachses (Alter 27 Jahre), als auch mit der Provenienz „Altötting" die früheste Kulmination des Radialzuwachses (Alter 4 Jahre).

Auf der Basis der Originalmesswerte lassen sich signifikante Unterschiede wiederum nur in Geisenfeld beobachten, wo Kiefern aus den Ostbayerischen Mittelgebirgen bessere und Kiefern aus den Nordostbayerischen Mittelgebirgen schlechtere Radialzuwächse aufweisen (Tab. 4).

4.3 Qualitative Befunde der Beobachtungsjahre 1997 bis 1999

Das Zusammenspiel von Höhen- und Durchmesserwachstum in Verbindung mit der Schaftform bestimmen das Qualitätsmerkmal „Abholzigkeit". Dieses Merkmal, wie auch der Befund „Schaftgüte" – mit den Kategorien „zweischnürig gerade", „schief", „säbelwüchsig" (einschnürig gerade, drei Intensitätsstufen) sowie „unschnürig krumm" – und der Befund „Astigkeit" weisen eine deutliche Abhängigkeit von der Standortgüte auf, deren Variation innerhalb derselben Versuchsanlage nicht berücksichtigt wurde (Abb. 3). Der mit Nährstoffen besser ausgestattete Standort Geisenfeld gibt mit einer mittleren Abholzigkeit von 2,0 cm x m^{-1}, einer mittleren Aststärke von 1,7 cm und einem mittleren Anteil zweischnürig gerader Schäfte von 21% ein qualitativ schlechtes Gesamtbild ab. Demgegenüber stellen sich die Flächen in Bodenwöhr bzw. Nürnberg mit einer mittleren Abholzigkeit von 1,6 bzw. 1,7 cm x m^{-1}, einer mittleren Aststärke von 1,3 bzw. 1,4 cm und einem mittleren Anteil gerader Schäfte von 40% bzw. 44% ähnlich und dabei qualitativ besser dar.

Auf der Ebene der Herkunftsgebiete zeigt sich, dass die Kiefern des Alpenvorlandes auf der Versuchsfläche Nürnberg mit 1,8 cm x m^{-1} signifikant abholziger als diejenigen aus den Nordostbayerischen Mittelgebirgen mit 1,5 cm x m^{-1} sind (Tab. 4). Den höchsten Anteil gerader Schäfte stellt das Herkunftsgebiet Nordostbayerische Mittelgebirge (signifikant in Geisenfeld und Nürnberg mit einem Anteil von 36% bzw. 69%), während in Geisenfeld die Provenienzen aus dem Alpenvorland mit 11% und in Nürnberg die Alb-Herkünfte mit 29% signifikant die geringsten Anteile aufweisen.

4.4 Bewertung durch Verknüpfung von Quantität und Qualität

Auch wenn über die Eigenschaften der einbezogenen Provenienzen im Einzelnen keine statistisch fundierten Aussagen möglich sind, werden abschließend einige hervorgehoben. Damit soll der damals in Bayern im Rahmen des forstlichen Versuchswesens nahezu einmalige Aufwand bei der Anlage und Aufnahme der Versuche gewürdigt und gleichzeitig herausgestellt werden, dass die wenigen, vorwiegend in anderen internationalen Versuchen auch vertretenen bayerischen Kiefern aus „Bamberg", „Selb" oder „Berchtesgaden" ähnliche Eigenschaften zeigen (SCHOBER, 1988; TROEGER, 1960; MÜNCH, 1937).

Es ist davon auszugehen, dass die höchste Wertschätzung derjenigen Provenienz entgegengebracht wird, die sich durch eine standortunabhängige quantitative und qualitative Überlegenheit gegenüber anderen auszeichnet (PRETZSCH, 2002). Die Realität der Provenienzforschung zeigt jedoch, dass die wüchsigsten Provenienzen i.d.R. nicht die qualitativ besten sind (SPELLMANN, 1995).

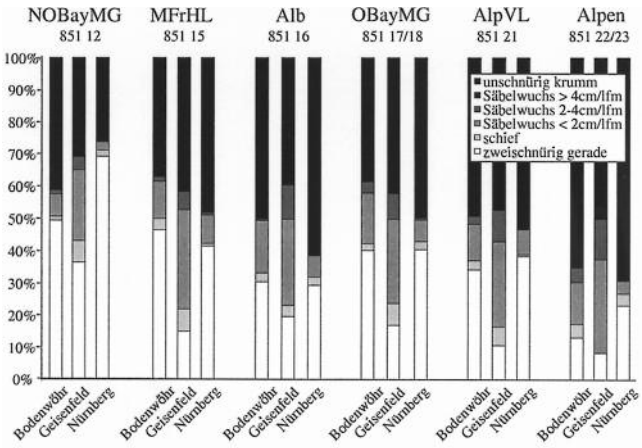

Abb. 3

Anteile verschiedener Schaftqualitätsklassen nach Herkunftsgebieten und Anbaustandorten. Von weiß (zweischnürig gerade) über verschiedene Graustufen (schief und drei Grade von Säbelwuchs < einschnürig gerade) bis hin zu schwarz (unschnürig krumm) werden zunehmend schlechtere Schaftqualitäten dargestellt

Percentages of classes of stem quality ordered by areas of origin and locations of cultivation. Starting with white (straight) over different steps of grey (3 degrees of sickle growth) to black (twisted in different planes) the stem quality decreases

Eine multikriterielle Bewertung der Eigenschaften stützt sich auf viele Möglichkeiten, wie die Auswahl der herangezogenen Merkmale und die Methode deren Verknüpfung. An dieser Stelle erfolgt zunächst eine Kombination der Merkmale „Anteil gerader Schäfte“ und „aktueller Vorrat“ in Abhängigkeit vom Versuchsstandort und auf rein deskriptive Art – eine Darstellungsform, wie sie auch SCHOBER (1988, 1985, 1981a, b, c) wiederholt gewählt hat.

Unter Vorgabe einer gerichteten Veränderung vom ungünstigeren hin zum günstigeren Standort, also von Bodenwöhr hin zu Geisenfeld, lässt sich beispielhaft das Verhalten der Provenienzen „Kehlheim-N.“ und „Altötting“ als Abweichung vom versuchsübergreifenden Mittelwert – 310 VfmD x ha^{-1} bzw. Anteil gerader Schäfte von 35% – beschreiben (Abb. 3).

Während „Kehlheim-N.“ auf den drei Versuchsanlagen zu den volumenreicheren Provenienzen zählt (Abb. 4, links), verbessert sich die Vorratsleistung von „Altötting“ ebenfalls mit zunehmender Standortkraft, bleibt aber beständig auf einem deutlich geringeren Niveau. Beim Qualitätsmerkmal (Abb. 4, rechts) zeigt „Kehlheim-N.“ ein beständig geringen Anteil gerader Schäfte, während dieser Anteil bei „Altötting“ mit zunehmender Standortgüte deutlich zurückgeht.

Um eine weitere, wenn auch nur bedingt aussagekräftige Bewertung aller 38 noch verbliebenen bayerischen Kiefern-Herkünfte zu ermöglichen, wurden insgesamt sieben Merkmale der jüngsten Aufnahme verknüpft. Auf Grund des mit 50 Jahren fortgeschrittenen Bestandesalters handelt es sich nur um Merkmale aus den Kategorien Quantität und Qualität, deren maximaler Beitrag zu einer 0...1-skalierten Gesamtnote mit jeweils 0,5 als gleichwertig unterstellt wurde. Als aktuelle Bestandesgrößen wurden der Durchmesser und die Höhe des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume je Hektar und der Vorrat mit jeweils 0,1 sowie der Zuwachs mit 0,2 gewichtet. Von den Qualitätsbefunden wurde der Anteil gerader Schäfte mit 0,2, die Aststärke und die Abholzigkeit mit jeweils 0,15 multipliziert. Vor der additiven Verknüpfung der sieben Merkmale wurde ein provenienz- und merkmaltypischer Verhältniswert berechnet, dessen Herleitung am Beispiel der Provenienz „Altdorf“ und dem Merkmal „Anteil gerader Schäfte“ verdeutlicht wird. In Bodenwöhr besitzt diese Provenienz mit einem Anteil von 48% gerader Schäfte gegenüber 40% eine Relation von 120% zum Mittelwert der Versuchsfläche. Über alle drei Versuchsflächen hinweg liegt dieser Prozentwert im Mittel bei 97%. Gegenüber dem maximalen versuchsflächenübergreifenden Mittelwert, der von der Provenienz „Wunsiedel“ mit 184% gestellt wird, weist die Provenienz „Altdorf“ jedoch nur einen Verhältniswert von 0,52 auf. Gewichtet mit dem merkmalspezifischen Faktor 0,2 resultiert ein Verhältniswert von 0,10, der sich mit den gewichteten Verhältniswerten der übrigen sechs Merkmale auf 0,70 summiert. Gegenüber Werten von 0,66 bis 0,92 weicht „Altdorf“ zusammen mit „Altötting“ (0,71), „Berchtesgaden“ (0,66), „Schrobenhausen“ (0,68) und „Welden“ (0,70) deutlich negativ vom Durchschnittswert 0,79 ab, während die Provenienzen „Falkenberg“ (0,88), „Bamberg-O.“ (0,85), „Selb-P.“ (0,92) und „Selb-R.“ (0,89) eine erheblich bessere Gesamtbilanz aufweisen.

5. DISKUSSION UND AUSBLICK

Der bereits zum Anlagezeitpunkt auf 50 Jahre zurückblickenden forstlichen Provenienzforschung lagen umfangreiche Ergebnisse vor, aus welchen sich bereits der heute unstrittige Schluss abzeichnete, dass sich mit den örtlich bestgeeigneten Herkünften forstliche Anbauerfolge erzielen lassen, die sowohl über die Wirkungen waldbaulicher Maßnahmen als auch über die Baumartenwahl hinausgehen können (EBERT, 1997; SCHOBER, 1988). Aus dem Bayerischen Kiefern-Herkunftsversuch lässt sich dieser Schluss aber nur eingeschränkt ziehen, da bei seiner Konzeption und Umsetzung Mängel vorliegen, die auch mit modernen Auswertungsmethoden nur begrenzt behoben werden können.

5.1 Versuchskonzeption

Bereits zu Beginn der sechziger Jahre machen ROHMEDER und SCHÖNBACH (1959) sowie SCHOBER (1961) für die Anlage von Provenienzversuchen detaillierte Vorschläge. Anstelle des vorgestellten Streuversuches, der klimatisch und standörtlich getrennte Versuche mit nicht wiederholten Versuchsgliedern beinhaltet und für die Bewertung von Herkünften als ungeeignet eingestuft wird, werden Blockanlagen favorisiert. Dabei werden die in 3- bis 4facher Wiederholung vertretenen Provenienzen auf standortgleiche Blöcke verteilt. Während die Anzahl der Wiederholungen aus den statistischen Anforderungen resultiert, ist das Problem der Standorthomo-

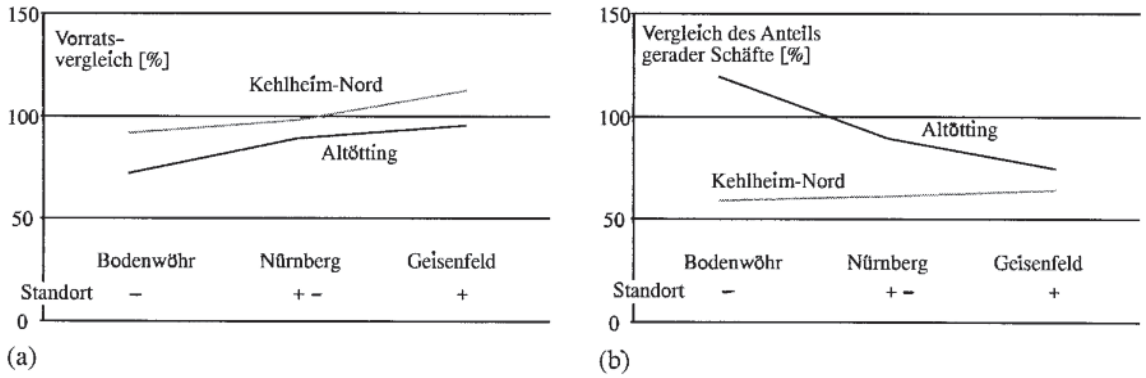

Abb. 4

Vergleich herkunftsspezifischer quantitativer und qualitativer Charakteristika mit versuchsübergreifenden Mittelwerten am Beispiel der Herkunfte „Altötting“ und „Kehlheim-N.“. Die Versuchsflächen Bodenwöhr (–), Nürnberg (+ –) und Geisenfeld (+) sind jeweils von links nach rechts nach zunehmender Standortgüte geordnet.

(a) Relation (%) von herkunftsspezifischem Vorrat (1996/1998) zu versuchsübergreifendem Mittelwert (310 VfmD/ha).

(b) Relation (%) von herkunftsspezifischem Anteil gerader Schäfte (1996/1998) zu versuchsübergreifendem Mittelwert (35%)

Comparison of quantitative (a) stand volume and qualitative features (b) share of straight stems based on the provenances “Altötting” and „Kehlheim-N.“. The trials Bodenwöhr (–), Nürnberg (+–) and Geisenfeld (+) are sorted by increasing site quality

genität unmittelbar an den Flächenbedarf der Versuchsanlage gekoppelt. Obwohl einige Autoren es im Flachland für möglich halten, 2 ha bis 4 ha große Einheiten abzugrenzen, die standörtlich homogen sind, erachten andere es für notwendig, jede Versuchseinheit mit einem Raster von bis zu 5 m x 5 m zu überziehen und die Ergebnisse der Standortinventur bei der Auswertung zu berücksichtigen (RIEK und STROHBACH, 2001; Arbeitskreis Standortkartierung, 1996; KELLER, 1995). Neben der Anzahl von Wiederholungen wird der Flächenbedarf von der Anzahl der einbezogenen Herkünfte und der jeweiligen Parzellengröße beeinflusst. Mit dem Ziel, auch die Ertragsleistung bei Erreichen des Erntealters zu erfassen, wird ein Betrachtungszeitraum von zwei Dritteln der Umtriebszeit empfohlen, was bei der Kiefer etwa 100 Jahren entspricht. Die statistisch notwendige Anzahl von 40 Individuen korrespondiert gut mit der gewählten Parzellengröße von 1200 m^2, da diese bei einer Bonität von I.0 (WIEDEMANN, 1943/1948, mäßige Durchforstung) im Alter 100 noch 42 Individuen trägt. Der Anbau sämtlicher Herkünfte in dreifacher Wiederholung auf einem Standort würde somit eine reine Messfläche von 15 ha und zum Schutz vor Randwirkungen weitere 5 ha erfordern.

Tab. 5

Maximaler jährlicher Radial- (max ir) und Höhenzuwachs (max ih) sowie entsprechendes Alter (A) bei Zuwachskulmination geordnet nach Herkunftsgebieten (HK) und Anbaustandorten. Die Zuwächse wurden mit einem exponentiellen Modell in Abhängigkeit vom Alter ausgeglichen, was beim Radialzuwachs in einigen Fällen zu unplausiblen Schätzungen führte (n.a. für not available)

Maxima of annual height (max ih) and radial increment (max ir) as well as the corresponding ages (A) of culmination are grouped by areas of origin and locations of cultivation. For that increment data were fitted in dependance of age by using an exponential approach

HK	Provenienzname (Nr.)	Bodenwöhr				Geisenfeld				Nürnberg			
		max ir		max ih		max ir		max ih		max ir		max ih	
		mm x a^{-1}	A	cm x a^{-1}	A	mm x a^{-1}	A	cm x a^{-1}	A	mm x a^{-1}	A	cm x a^{-1}	A
NOBayMG 851 12	Falkenberg (10)	5,8	12	65	22	5,1	8	61	13	4,1	6	66	18
	Mitterteich (14)	5,2	11	60	20					3,7	8	66	16
	Selb-P. (23)					4,3	6	65	14	3,0	10	63	17
	Selb-R. (24)					6,6	5	60	14	n.a.	n.a.	53	18
	Selb-G. (25)	2,7	13	54	23								
	Tirschenreuth-K. (30)	n.a.	n.a.	54	24	6,0	8	65	14	3,7	7	62	18
	Tirschenreuth-D. (31)	n.a.	n.a.	53	23	5,2	7	73	14				
	Waldsassen (32)	4,3	9	47	22	4,6	7	63	13	3,4	6	60	14
	Wunsiedel (34)	n.a.	n.a.	51	23	4,7	7	65	13	n.a.	n.a.	55	13
MFrHL 851 15	Ansbach (3)	3,8	11	59	18	4,2	8	59	16	3,6	7	65	16
	Bamberg-Ost (4)	n.a.	n.a.	52	20	5,3	6	63	13	2,8	8	63	18
	Ebern (9)	4,7	10	58	18	4,0	7	57	14	3,2	7	62	18
	Feucht (11)	4,4	11	66	20	4,6	7	59	13	6,7	3	63	17
	Heilsbronn (12)					4,7	8	58	14	3,1	6	60	17
	Schwabach-D. (28)	2,6	14	49	22	5,2	7	65	13	n.a.	n.a.	59	15
	Schwabach-V. (29)	4,0	11	56	21	5,2	9	61	13	2,5	13	60	19
	Burgebrach (35)												
	Eyrichshof (99)												
Alb 851 16	Altdorf (1)	n.a.	n.a.	46	19	4,4	8	58	14	3,7	6	59	15
	Bayreuth-West (5)	n.a.	n.a.	57	19	5,6	7	58	13	3,2	7	64	18
	Kehlheim-Nord (13)	3,8	9	54	18	4,7	7	58	13	3,7	5	61	17
	Riedenburg (21)	3,0	7	46	22	n.a.	n.a.	54	11	n.a.	n.a.	55	17
	Parsberg (36)	n.a.	n.a.	53	25					4,1	9	65	17
	Pegnitz (41)	4,0	11	55	22					4,5	7	62	16
OBayMG 851 17/18	Bodenwöhr-W. (7)	6,2	12	66	20	4,5	5	64	17	4,2	4	65	15
	Bodenwöhr-K. (8)	n.a.	n.a.	58	20	5,2	7	57	13	n.a.	n.a.	59	16
	Neunburg v. W (15)	3,7	12	59	22					3,8	6	63	19
	Nittenau-B. (16)	5,7	9	52	23	5,4	7	68	13				
	Nittenau-M. (17)	3,5	12	53	23	5,7	9	60	15	n.a.	n.a.	61	19
	Nittenau-G. (18)	3,5	12	50	23	4,9	8	62	15	3,3	8	61	17
	Plößberg-S. (19)					5,4	7	61	14	3,0	5	62	16
	Plößberg-T. (20)	4,2	10	54	23	5,9	8	64	12	3,6	4	57	16
	Roding (22)	n.a.	n.a.	51	27	5,3	7	64	14	2,9	6	58	19
	Vohenstrauß (37)									3,8	8	68	19
AlpVL 851 21	Altötting (2)	8,6	4	56	20	4,4	7	56	14	n.a.	n.a.	50	17
	Siegenburg (26)												
	Schrobenhausen (27)					4,7	7	62	12	4,9	3	58	16
	Welden (33)	3,7	10	51	21	5,7	6	63	13	3,6	5	62	17
	Pfaffenhofen-S. (38)									4,0	9	69	16
	Pfaffenhofen-D. (39)	3,8	11	57	23					3,2	8	58	17
Alpen”22/23	Berchtesgaden (6)	3,8	10	61	17	3,3	6	57	14	3,6	7	65	18

5.2 Korrekturverfahren bei Standortvariabilität

Auch wenn die Areale mit 3 ha bis 5 ha deutlich kleiner sind, liegen sie in einem kritischen Bereich, der sich jedoch mit Hilfe der Standardstreifen auf standörtliche Homogenität prüfen lässt. Im Gegensatz zu der damals ebenfalls üblichen Einbringung vereinzelter Standardparzellen wurden alle Parzellen und damit das gesamte Areal mit „Standardstreifen“ umgürtet. Das vorgestellte, auf den höchsten Bäumen des Standards beruhende Korrekturverfahren beinhaltet die Annahme, dass die Herkünfte, deren Merkmale adjustiert werden, auf Standortveränderungen absolut identisch wie der Standardstreifen reagieren, was z. B. von SCHOBER (1961) und ROHMEDER und SCHÖNBACH (1959) bezweifelt wird. Hinzu kommt, dass gut korrespondierendes Höhenwachstum von Provenienz und Standard keine Übereinstimmung bei den Merkmalen Durchmesser- und/oder Volumenwachstum etc. beinhalten muss. Andererseits ist der Sachverhalt, dass bei der Aufstellung der verwendeten Kiefern-Ertragstafel (WIEDEMANN, 1943/1948) Unterschiede zwischen Provenienzen nicht berücksichtigt wurden und damit die Wahrscheinlichkeit für eine Beteiligung verschiedener Provenienzen hoch ist, für die Unabhängigkeit des gewählten Referenzverfahrens eher günstig.

Darüberhinaus bedürfen auch beim Vorliegen standörtlicher Detailkenntnisse einige Fragen der Klärung: Welche Befundgrößen sind in welchen zeitlichen und räumlichen Auflösungen für eine standörtliche Charakterisierung von Herkunftsversuchen am besten geeignet? Sind verschiedene Provenienzen nicht auch in der Lage z. B. mit kleinräumig variierenden nutzbaren Feldkapazitäten unterschiedlich hauszuhalten? Mit welchen anderen Verfahren kann ohne direkte Verwendung einer standortindikativen Wachstumsgröße auf wesentliche Ertragsgrößen des Baumes geschlossen werden? Es handelt sich also bei der vorgestellten Korrekturmethode um den konsequenten, aus Sicht der forstlichen Provenienzforschung und Standortskunde kritisierbaren Versuch, bei einem zu großflächigen Streuversuch den Mangel an standörtlicher Homogenität abzuschwächen. Vollständigerweise muss auch erwähnt werden, dass sich durch den Standardstreifen der gesamte Flächenbedarf um über 30 % erhöht. Zudem kann der Schutz jeder Parzelle vor Randwirkungen durch die andere Wuchsdynamik des Standardstreifens – ggf. noch verstärkt durch den begleitenden Laubholzstreifen – eingeschränkt sein.

5.3 Bedeutung der provenienztypischen Entwicklungsphase

In den letzten 50 Jahren sind die drei Versuchsflächen fünf mal in den Merkmalskategorien Quantität, Qualität und Widerstandsfähigkeit charaktersiert worden. Obwohl die vorliegende Arbeit nur auf die jüngsten Befunde und einige ausgewählte Zuwachsgrößen Bezug nimmt, soll hervorgehoben werden, dass diese Merkmalskategorien in einer engen Beziehung zu der jeweiligen provenienztypischen Entwicklungsphase stehen und demzufolge unterschiedliche Wertigkeiten besitzen. Während bei der Aufnahme 1952 noch Auswirkungen der beiden Pflanzgärten (Ernährung, Pflanzensortierung etc.) und/oder der Technik der Kulturbegründung (Bodenbearbeitung, Kalkung, Nachbesserung etc.) den allgemeinen Anwuchserfolg der Kiefern überprägen, nimmt in den folgenden Lebensjahren die Brauchbarkeit der nun an den lokalen Standort gebundenen Qualitäts- und Resistenzbefunde zu. Allerdings sinkt die Schüttedisposition auch mit fortschreitendem Alter der Kulturen (SCHÜTT et. al., 1992) und der messtechnisch erfassbare Anteil qualitativ unbefriedigender Bäume verringert sich zudem sukzessive infolge von Pflege- und Durchforstungsmaßnahmen (SPELLMANN, 1995). Demgegenüber kulminieren ertragskundliche Zielgrößen wie der durchschnittliche Gesamtzuwachs an Volumen erst ab Erreichen der halben Umtriebszeit und auch der Verlauf der Abschwungphase bleibt unter Aspekten wie dem Zeitraum der Endnutzung interessant (HATTEMER et al., 1993; ROHMEDER und SCHÖNBACH, 1959).

5.4 Ausblick

Die Versuchsserie wurde 1997 in das Versuchsflächennetz des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde überführt und damit ihre langfristige Dauerbeobachtung gesichert. Über den Verbleib bzw. den Zustand der Nachfolgebestockungen der 1948 im Alter von durchschnittlich 130 Jahren beernteten Kiefernbestände liegen keine aktuellen Informationen vor.

Der Bayerische Kiefern-Herkunftsversuch von 1950/1951 ist ein hervorragendes Anschauungsobjekt, um allen Interessierten zu verdeutlichen, welche phänotypischen Unterschiede bei unterschiedlichen Provenienzen unter annähernd vergleichbaren Umweltbedingungen auftreten können. Zudem soll sich in Zukunft anhand von drei Beispielen zeigen, wie aktuelle Fragestellungen und langfristige Konzeptionen – losgelöst von der eigentlichen Versuchszielsetzung – ineinander greifen können.

Erstens kann die Klima- und Standortamplitude der Herkunftsgebiete unter annähernd homogenen Anbaubedingungen in ihren Auswirkungen auf phänologische Eigenschaften von Beständen und Einzelbäumen untersucht werden. Damit ließe sich eine Brücke zur Klimafolgenforschung schlagen.

Für den Bereich genetischer Vielfalt als einen Aspekt biologischer Vielfalt liefern Herkunftsversuche zweitens eine solide Datenbasis, die eine Gegenüberstellung geno- und phänotypischer Merkmale – ggf. unter zusätzlicher Berücksichtigung waldbaulicher Steuerungsmöglichkeiten – erlaubt (LIESEBACH et al., 2000; HUSSENDÖRFER und KONNERT, 2000, 1997; LIESEBACH, 1994; KOHLSTOCK et al., 1993). Erste Ergebnisse für vier wachstumskundlich stark differenzierte Provenienzen der Versuchsanlage Bodenwöhr liegen vor (BLUMENRÖTHER et al., 2001; BLUMENRÖTHER, 1997).

Drittens bieten die detaillierten, wiederholt erhobenen provenienzspezifischen Qualitäts- und Vitalitätsparameter eine fundierte Datenbasis für eine Erweiterung der Einsatzbereiche einzelbaumbezogener Wachstumssimulatoren unter Berücksichtigung genetisch bedingter Variation (z.B. Modellierung von Qualität, Mortalität, Zuwachs).

6. DANKSAGUNG

Die Untersuchung wurde von der Bayerischen Staatsforstverwaltung finanziell und personell unterstützt und durch die Kooperation mit dem Lehrbereich für Forstgenetik der Technischen Universität München wertvoll bereichert. Allen mitwirkenden Personen, die Vorort unter Anleitung des Versuchsleiters, L. STEINACKER, aktuelle Erhebungen durchgeführt und ehemalige Befunde auf Datenträger gebracht haben, sei an dieser Stelle für die engagierte Unterstützung gedankt.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Mit 41 bayerischen Kiefernprovenienzen an fünf Anbauorten wird einer der umfangreichsten Provenienzversuche in Bayern vorgestellt. Die Herkünfte lassen sich anhand von quantitativen und qualitativen Merkmalen charakterisieren (Abb. 3, Tab. 3) und auf der Ebene von Herkunftsgebieten statistisch signifikant voneinander abgrenzen (Tab. 4). Während sich einmal mehr Herkünfte aus „Bamberg“ und „Selb“ – begleitet von der Provenienz „Falkenberg“ – bewähren, überzeugen Kiefern aus dem Alpenraum und -vorland wie „Altötting“ oder „Berchtesgaden“ weit weniger. Mit Hilfe sogenannter „Standardstreifen“, die alle Herkünfte umgürten, können standörtliche Inhomogenitäten auf den großflächigen Arealen aufgedeckt und Korrekturen ertragskundlicher Befunde durch-

führt werden (Abb. 2). Anhand von Beispielen wird aufgezeigt, dass traditionelle Versuche, wie der vorgestellte Bayerische Kiefern-Herkunftsversuch von 1950/1951, trotz konzeptionellen Mängeln Relevanz für aktuelle Forschungsfragen besitzen.

8. Summary

Title of the paper: *The Bavarian Scots pine provenances trial of 1950/1951.*

With 41 origines of Scots pine grown at five different sites, the paper presents one of the most extensive provenances experiments in Bavaria. The provenances are characterized by quantitative and qualitative features (Fig. 3, Tab. 3). Grouping by area of origin leeds to significant differences (Tab. 4). Once again the provenances „Bamberg“ and „Selb“ accompanied by „Falkenberg“ perform best, whereas Scot pines from the Bavarian Alps and Prealps such as „Altötting“ and „Berchtesgaden“ seem less suitable. Using a „standard“ pine provenance, that surrounds all plots, it is possible to detect inhomogeneous site conditions and to adjust yield data (Fig. 2). Although traditionally designed provenances experiments may have faults, as is also the case here, their relevance for actual demands is discussed.

9. Résumé

Titre de l'article: *L'expérience bavaroise de provenances des pins sylvestres de 1950/1951.*

Avec ses 41 provenances bavaroises de pins sylvestres il s'agit là d'une des plus importantes expèriences de ce type prèsente en Bavière. Les origines sont caractérisées par des critères quantitatifs et qualitatifs (Fig. 3, Tab. 3) et se distinquent les unes des autres significativement dupoint de vue statistique sur toute l'étendu de la zone d'origine (Tab. 4). Alors que bien souvent les origines »Bamberg« et »Selb« accompagnées de la provenance »Falkenberg« confirment leurs intérêt, les pins sylvestres des Alpes et des Préalpes, tels ceux d'»Altötting« ou de »Berchtesgaden« sont beaucoup moins convaincants. Grâce à ce qu'on a designé par »Bandes standard« et qui ceinent toutes les origines il a été possible de mettre en évidence les défauts d'homogènéité qui existent sur des surfaces importantes puis d'apporter les corrections nécessaires aux données relatives à la production qui ont été obtenues (Fig. 2). En prenant quelques exemples, on a montré que des expériences traditionelles, comme celle sur les provenances bavaroises de pin sylvestre de 1950/1951; gardaient tout leur intérêt pour les questions qui font actuellement l'object de recherches malgré leur insuffisance conceptuelle. J. M.

10. Literatur

Arbeitskreis Standortkartierung: Forstliche Standortsaufnahme. IHW-Verlag, Eching bei München, 352 S., 1996

BAYSTMINELF: Anbauversuch mit bayerischen Kiefernherkünften. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München. Internes Schreiben Nr. F 12646, 3 S., 1948

BAYSTMINELF: Pflegegrundsätze für die Kiefer. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München. Internes Schreiben Nr. F 4-W 100–92, 11 S., 1995

BLUMENRÖTHER, M. C.: Genetische und ertragskundliche Charakterisierung bayerischer Kiefernherkünfte im Provenienzversuch „Haidschlag“ (*Pinus sylvestris* L.). Diplomarbeit der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz und der Ludwig-Maximilians-Universität München, 140 S., 1999

BLUMENRÖTHER, M. C., BACHMANN, M. und MÜLLER-STARCK, G.: Genetic characters and diameter growth of provenances of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Silvae Genetica, 212–222, 2001

BROSIUS, G. und BROSIUS, F.: SPSS – Base System und Professional Statistics. International Thomson Publishing, Bonn. 1002 S., 1995

EBERT, H.-P.: Die Bedeutung von Baumart und Baumherkunft für die praktische Waldwirtschaft. Forst und Holz, 91–93, 1997

Forstsaat-Herkunftsgebietsverordnung: Karte über forstliche Herkunftsgebiete – Kiefer – Maßstab 1:1 000 000. Anlage 4 zu § 1 Abs. 2 der Forstsaat-Herkunftsgebietsverordnung, 1994

GREGORIUS, H.-R.: Genetische Grundlagen der Ökosystemstabilität. Forstwissenschaftliches Centralblatt, S. 29–38, 1997

HATTEMER, H.-R., BERGMANN, F. und ZIEHE, M.: Einführung in die Genetik für Studierende der Forstwissenschaft. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.. 492 S., 1993

HUSSENDÖRFER, E. und KONNERT, M.: Untersuchungen zur genetischen Repräsentativität von Prüfgliedern in Provenienzversuchen am Beispiel der Weißtanne. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, S. 61–70, 1997

HUSSENDÖRFER, E. und KONNERT, M.: Untersuchungen zur genetischen Variation der Weißtanne (*Abies alba* MILL.) in Plenterwäldern im Vergleich zu Altersklassenwäldern. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 208–225, 2000

KELLER, W.: Zur Oberhöhenberechnung in Mischbeständen aus standortskundlicher Sicht. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten – Sektion Ertragskunde, Joachimsthal, 52–60, 1995

KNOKE, TH.: LAWSONS Scheinzypresse (*Chamaecyparis lawsoniana* (A. MURR) PARL.) – Zustand zweier Versuchsanbauten im Forstlichen Versuchsgarten Grafrath. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 225–233, 1996

KOHLSTOCK, N., HERTEL, H. und SCHNECK, H.: Zur Genetik von a- und b-Typen bei Kiefer. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie, 174–177, 1993

KOLLER, G.: Der „Bayerische Kiefernherkunftsversuch“– Aufnahme und Auswertung nach vierundzwanzig Jahren. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Forstpflanzenzüchtung und Immissionsforschung der LMU München, 55 S., 1981

LFV Bd.-Wttgb.: Hilfstabellen für die Forsteinrichtung. Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Stuttgart, 188 S., 1993

LIESEBACH, M.: Untersuchungen an ausgewählten Herkünften des internationalen Fichtenprovenienzversuchs 1964/1968 über den Zusammenhang zwischen Isoenzym-Merkmalen und morphologischen, phänologischen sowie Wachstumsmerkmalen. Dissertation am Fachbereich Biologie der Universität Hamburg, 210 S., 1994

LIESEBACH, M., KÖNIG, A. und UJVÁRI-JÁRMAY, E.: Provenance-environment interactions of Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) on German and Hungarian test sites. In: MÜLLER-STARCK, G. (Ed.): Genetic response of forest systems to changing environmental conditions. Im Druck, 2001

MÜNCH, E.: Standortsrassen der Kiefer. Der Züchter **49**: 143–148, 1937

PRETZSCH, H.: Grundlagen der Waldwachstumsforschung. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. ca. 420 S., im Druck, 2002

RIEK, W. und STROHBACH, B.: Standörtliche Heterogenität und Interpretation von Versuchsflächen. AFZ-Der Wald: 216–218, 2001

ROHMEDER, E. und SCHÖNBACH, H.: Genetik und Züchtung der Waldbäume. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 332 S., 1959

ROTACH, P.: Genetische Vielfalt und praktische forstliche Tätigkeit: Probleme und Handlungsbedarf. Schweizerische Zeitung für das Forstwesen 999–1020, 1994

SACHS, L.: Angewandte Statistik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 884 S., 1997

SCHOBER, R.: Zweckbestimmung, Methodik und Vorbereitung von Provenienzversuchen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 29–38, 1961

SCHOBER, R.: Vom I. Internationalen Lärchen-Provenienzversuch 1944 – Bericht über drei deutsche Teilversuche – Teil I. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 181–195, 1981a

SCHOBER, R.: Vom I. Internationalen Lärchen-Provenienzversuch 1944 – Bericht über drei deutsche Teilversuche – Teil II. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 201–211, 1981b

SCHOBER, R.: Vom I. Internationalen Lärchen-Provenienzversuch 1944 – Bericht über drei deutsche Teilversuche – Teil III. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 221–233, 1981c

SCHOBER, R.: Neue Ergebnisse des II. Internationalen Lärchenprovenienzenversuches von 1958/59 nach Aufnahmen von Teilversuchen in 11 Europäischen Ländern und den USA. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, H. 83. Forstliche Fakultät der Universität Göttingen, Göttingen, 164 S., 1985

SCHOBER, R.: Einfluss der Provenienz auf die Ertragsleistung. In: KRAMER, H. (Ed.): Waldwachstumslehre. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 129–154, 1988

SCHÜTT, P., SCHUCK, H. J. und STIMM, B.: Lexikon der Forstbotanik. Ecomed Verlagsgesellschaft mbH, Landsberg/Lech. 581 S., 1992

SPELLMANN, H.: Holzqualität als Beurteilungskriterium im langfristigen Versuchswesen. Forst und Holz, 743–747, 1995

TROEGER, R.: Kiefernprovenienzversuche – I. Teil – Der große Kiefernprovenienzversuch im südwürttem-bergischen Forstbezirk Schussenried. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 49–59, 1960a

TROEGER, R.: Kiefernprovenienzversuche – II. Teil – Ergebnisse der in den Jahren 1927 bis 1936 in Württemberg angelegten Kiefernprovenienzversuche. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 81–89, 1960b

TROEGER, R.: Kiefernprovenienzversuche – III. Teil – Versuche mit Herkünften aus Württemberg. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 89–93, 1960c

VON LÜPKE, B.: In situ-Erhaltung: Möglichkeiten der Integration in den praktischen Forstbetrieb. Forstarchiv, 73–78, 1993

WIEDEMANN, E.: Kiefern-Ertragstafel für mäßige Durchforstung, starke Durchforstung und Lichtung. In: WIEDEMANN, E. (Ed.): Die Kiefer. Verlag M. und H. Schaper, Hannover. 24–35, 1943/1948

Buchbesprechungen

Modellierung des Waldwachstums. Von H. PRETZSCH. 2001. Verlag Paul Parey, Berlin. ISBN 3-8263-3377-2. 357 Seiten mit 157 Abbildungen, 10 Tabellen und 4 Übersichten. Inklusiv CD-ROM. Format 17 cm x 24 cm. € 54,95/sFr 95,–.

Mit seinem Lehrbuch „Modellierung des Waldwachstums" legt HANS PRETZSCH ein umfangreiches und didaktisch sehr gut aufgebautes Werk vor. Im Vordergrund des vorliegenden Buches stehen die Beschreibung und Erklärung wichtiger waldwachstumskundlicher Modellkategorien und -beispiele mit einem Schwerpunkt auf dem von PRETZSCH selbst entwickelten Wachstumssimulator Silva.

In Kapitel 1 wird auf die Stellung von Modellen im Erkenntnisprozess und auf grundlegende Schritte in der Erkenntnisgewinnung wie Hypothesenbildung und -prüfung eingegangen. Dabei wird auf klassische Ansätze des kritischen Rationalismus zurückgegriffen: auf die Hypothesenprüfung folgt die Formulierung von Gesetzmäßigkeiten, welche dann in Modelle münden.

In Kapitel 2 werden zentrale (waldwachstumskundliche) Gesetzmäßigkeiten wie mathematisch formulierbare grundlegende Wachstums- und Zuwachsverläufe und ihre physiologische Begründung dargestellt. Am Beispiel der BERTALANFFY-Funktion wird die mathematische Formulierung der dem Baumwachstum zugrundeliegenden, komplexen physiologischen Auf- und Abbauprozesse erläutert. Mit der allometrischen Formwandlung wird ein Konzept zur Beschreibung bzw. Erklärung der Veränderung von Größenproportionen von Organismen, aber auch von quasi naturgesetzlichen Dimensions-Dichte-Beziehungen (wie der -3/2-Selbstdifferenzierungsregel von Yoda) vorgestellt.

ASSMANNS Gesetz von der optimalen und kritischen Grundflächenhaltung dient schließlich als Beispiel der Erklärung der Wachstumsreaktionen von Waldbeständen auf Grundlage von Dosis-Wirkungs-Beziehungen.

In Kapitel 3 geht PRETZSCH ausführlich auf Systemeigenschaften von Waldbeständen und Ansätze für die Wachstumsmodellierung ein. Die Systembeschreibung führt zum Modell als Stellvertreter von realen Systemen. Die Besonderheiten von Waldökosystemen wie Langlebigkeit, Systemoffenheit und Geschichtlichkeit erfordern objektspezifische Lösungsansätze bei der Modellierung des Waldwachstums. Ausführlich wird auf die Bedeutung der unterschiedlichen Bestandes- bzw. Baumgeschichte oder der Inkonstanz von Umwelteinflüssen für die Modellkonzeption eingegangen. Im Zentrum des PRETZSCHschen Modellverständnis steht die Herleitung und Verwendung von Wuchsgesetzmäßigkeiten und ihr Einbau in Modelle. Mit der Nachbildung von z. B. Behandlungsvarianten oder Störgrößen im Zeitraffer (durch Simulation oder Szenariorechnung) sollen Wenn-Dann-Aussagen abgeleitet werden. Der im nachstehend beschriebenen Wachstumssimulator Silva verwendete zentrale Regelkreis „Bestandesstruktur beeinflusst Zuwachs; Zuwachs beeinflusst Baumzustand; Baumzustand beeinflusst Bestandesstruktur" wird vorgestellt. Schließlich wird auf die verschiedenen hierarchischen Ordnungsparameter von Waldökosystemen (unterschiedliche räumliche und zeitliche Skalenniveaus) eingegangen. Dabei wird deutlich, dass der Komplexitätsgrad der zu wählenden waldwachstumskundlichen Modellansätze vor allem zweckgerichtet ist.

In den Kapiteln 4 bis 9 werden die Hauptkategorien waldwachstumskundlicher Modelle beschrieben: Bestandeswuchsmodelle auf Grundlage von Bestandesmittel(summen)werten, Durchmesserverteilungsmodelle, einzelbaumorientierte Managementmodelle, Sukzessionsmodelle sowie ökophysiologische Prozessmodelle.

Bei den Bestandeswuchsmodellen geht PRETZSCH ausführlich auf Geschichte und Grundlagen der Ertragstafelkonstruktion ein und stellt wichtige Ertragstafelgenerationen vor. Bei den Bestandeswuchsmodellen mit Aussagen über die Stammzahlfrequenz wird die Bestandesentwicklung nicht über die Altersfunktion der Ertragselemente, sondern über die Parameter der zugrundeliegenden Verteilungsfunktion gesteuert. Bestandesevolutionsmodelle und/oder transition matrices nehmen inzwischen eine wichtige Stellung zwischen Bestandes- und Einzelbaummodellen ein. Einzelbaumorientierte Managementmodelle basieren auf der Quantifizierung der Wuchskonstellation (Konkurrenz) von Einzelbäumen. Die bekanntesten, v. a. im anglo-amerikanischen Raum entwickelten Einzelbaummodelle (wie das Stand Prognosis Model von WYKOFF oder das Modell Forest von EK und MONSERUD) werden besprochen. Kleinflächenmodelle sind in der Lage, langfristige Sukzessionen in unbehandelten Waldbeständen zu beschreiben. Die schließlich behandelten ökophysiologischen Wuchsmodelle basieren weniger auf statistischen Zusammenhängen von empirischen Daten, sondern auf Ursache-Wirkungsbeziehungen in ökophysiologischen Grundprozessen (sie werden deshalb auch als mechanistische Modelle oder Prozessmodelle bezeichnet) wie der Lichtabsorption, Evapotranspiration, Photosynthese oder Atmung.

In Kapitel 9 beschreibt PRETZSCH Modellansatz und Teilmodule des von ihm am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München entwickelten Wuchsmodells Silva. Es handelt sich dabei um ein standortssensitives Erklärungs- und Prognosemodell mit multikriteriellen Ausgabegrößen für die forstwissenschaftliche Forschung, Praxis und Ausbildung. Die Anwendung des Modells ermöglicht Szenariorechnungen auf Bestandes-, Betriebs- und Regional- bzw. Landesebene. Die Erweiterung der naturalen um ökonomische und ökologische Ausgabegrößen kommt dem erweiterten Informationsbedarf von Forstwissenschaft und Forstwirtschaft in einer Zeit sich verändernder Umwelteinwirkungen und -belastungen aber auch veränderter Behandlung und Nutzung von Waldökosystemen entgegen. Neben zentralen Größen wie Holzertrag und Holzsortimenten werden Kennwerte zur Bestandesstruktur und -stabilität sowie Kohlenstoff- und Stickstoffspeicherung errechnet. Bestände werden in ein Mosaik von Einzelbäumen zerlegt, deren Entwicklung von den Standortfaktoren, der Wuchskonstellation von Einzelbäumen, der individuellen Entwicklungsgeschichte sowie durch externe Faktoren gesteuert werden. Die Prognose der Bestandesentwicklung erfolgt in 5-Jahres-Schritten.

Die dem Simulationsmodell zugrunde liegende Datenbasis besteht aus umfangreichen Daten von waldwachstumskundlichen Dauerbeobachtungsflächen sowie Einzelbaumdaten, die ein breites Standortspektrum abdecken. Zur Modellierung steht ein Standort-Leistungsmodell, ein Kronenmodell, ein Konkurrenzmodell sowie ein Höhenzuwachs-, Durchmesserzuwachs- und Mortalitätsmodell zur Verfügung. Verschiedene Behandlungsstrategien können simuliert und visualisiert werden. Mit Hilfe der Ankoppelung des Sortierungsprogramms BDAT der baden-württembergischen FVA kann die Wertleistung von Bäumen und Beständen ermittelt und dadurch die langfristige ökonomische Auswirkung von Behandlungsvarianten simuliert werden. In der Zusammenschau der ökonomischen und ökologischen Ausgabegrößen (z.B. Artprofilindex, Durchmischung) kann die Waldhehandlung an die individuellen Ziele der Eigentümer angepasst und optimiert werden.

Dem Lehrbuch ist eine CD mit einer Übungsversion von Silva 2.2 beigefügt. Das Modell ist modular aufgebaut und wird permanent erweitert. So sind beispielsweise die Module Verjüngung, Holzqualität und Risiko in Entwicklung. Durch die Bereitstellung von standardisierten Schnittstellen kann das Modell flexibel angepasst werden, beispielsweise durch den Einbau von Start- und Steuergrössen von externen Datenbanken.

Im letzten Kapitel des Buches werden mehrere Evaluierungsbeispiele vorgestellt. Neben Bestandesauswertungen ermöglicht Silva 2.2 auch mittelfristige Betriebsplanungen. Am Beispiel des Stadtwaldes Traunstein wird erläutert, wie auf der Basis von Weiserbeständen Wenn-Dann-Aussagen mit Hilfe von Szenariorechnungen erstellt werden, die dann auf die Straten der Betriebsinventur auf Stichprobenbasis übertragen werden. Dadurch wird die Prüfung von langfristigen Planungskonsequenzen wie z.B. der Liquiditätssituation auf Betriebsebene möglich.

Silva ist ebenfalls schon in der Lage, Wachstumsreaktionen auf großräumige Umweltveränderungen nachzubilden. So können Zuwachsreaktionen auf Klimaveränderungen über das Standort-Leistungsmodell eingesteuert werden.

Last but not least erlaubt der Wachstumssimulator Silva eine flexible Visualisierung von Bestandes- aber auch großräumigen Landschaftsausschnitten und eröffnet damit eine neue Dimension der interaktiven Simulation von Waldökosystemen.

Das Buch schließt mit Überlegungen zur Validierung des biometrischen Modells sowie einer Eignungsprüfung (Kriterienkatalog) waldwachstumskundlicher Simulationssoftware.

PRETZSCHS Buch besticht durch einen klaren Aufbau und die ausführliche Beschreibung (einschließlich der mathematischen Grundlagen) der vorgestellten Kategorien und Beispiele von waldwachstumskundlichen Modellen. Es ist sowohl als Einstiegsliteratur für Studierende als auch für Spezialisten zu empfehlen und schließt eine empfindliche Lücke in der deutschsprachigen forstwissenschaftlichen Literatur. Der von PRETZSCH selbst entwickelte Wachstumssimulator Silva wird in seiner aktualisierten Form dargestellt und gibt einen Einblick in die Komplexität aber auch das Potenzial von waldwachstumskundlichen Erklärungs- und Prognosemodellen. Die Konstruktion und permanente Erweiterung und Absicherung von Silva ist nicht nur ein großer Fortschritt in der wissenschaftlichen Beschäftigung mit waldwachstumskundlichen Modellen. Der Simulator könnte als ein gegenüber den bisherigen Ertragstafeln leistungsfähigeres Erklärungs- und Prognoseinstrument diese zukünftig ersetzen. P. SPATHELF

Ärgernis Jagd? Ursachen – Vorurteile – Fakten. Von M. E. REITERER. 2001. Leopold Stocker Verlag, Graz. 279 Seiten mit zahlreichen, teils farbigen Abbildungen.

MONIKA REITERER widmet dieses Buch ihrem Hund. Dies ist ein erster Hinweis darauf, dass der Titel des Bandes für die Autorin keine offene Frage ist. Spätestens wenn sie im ersten Kapitel die Leserschaft dazu aufruft, dass „wir“ gemeinsam die Jagdgegner vom Wert der Jagd überzeugen sollten, ist klar, dass das Buch sich in erster Linie an Jäger wendet. Es ist trotzdem ein kritisches Buch. Die Untersuchung ermöglicht, so die Worte der Autorin, einen „kulturwissenschaftlich abgesicherten Einblick in jene Gebiete der Jagdausübung zu geben, die besonders „heiße Eisen“ wurden bzw. sind“. Damit ist gleichzeitig ein wichtiges Charakteristikum des Buches angesprochen. Die Autorin deckt sehr viele „heiße Eisen“ ab. Der Bogen spannt sich, um nur einige zu nennen, von der Jagdkritik, über Natur- und Artenschutzfragen, einzelne Jagdtechniken, die Jägersprache, das Brauchtum, die Jagdethik, die Jagdwissenschaft bis hin zum Verhältnis von Jagd und Weiblichkeit. Für eine tiefe Analyse der einzelnen Phänomene bleibt daher nur wenig Raum. Der Reiz des Buches liegt somit im breiten Überblick über die verschiedenen Spielarten des Phänomens Jagd. Die Autorin entwirft ein facettenreiches Bild der Jagd, das deren soziale und kulturelle Funktionen zu würdigen weiß. Abseits der vielen langweiligen Monographien über Jägersprache, jagdliches Brauchtum oder Jagdgeschichte versteht es Frau REITERER mit ihrem kulturwissenschaftlichen Ansatz all dies gewinnbringend zu verbinden. Sie klärt Wortbedeutungen, verweist auf historische Wurzeln und spart nicht mit eigenen normativen Überzeugungen. Sie rechnet mit der beliebten Jagddefinition von KURT LINDNER ebenso ab, wie sie die in Jägerkreisen populäre These widerlegt, dass die Jagd den Menschen seit der Frühzeit seiner Geschichte begleitet habe und daher der Mensch ein „geborener Jäger“ sei. Wirklich ärgerlich ist allenfalls das erste Kapitel über die Jagdgegner. Es irritiert, dass diese Ausführungen in das sonst um mehr Distanz zum Untersuchungsgegenstand bemühte Buch aufgenommen wurden. Die Autorin entwirft, fern von den empirischen Ergebnissen, die zu diesem Thema vorliegen, plakative Zerrbilder wie jenes von der „jagdfeindlichen Hausfrau in der Stadt“. Auch die These, dass Jagdkritik eine Folge der Überbevölkerung der Erde sei, hätte sich durch einen Blick in die Jagdgeschichte, den die Autorin in jedem anderen Abschnitt vornimmt, leicht widerlegen lassen. Außerdem hätte gerade dieses Thema die Chance geboten, jene Gender-Aspekte, die sie bei den Jägern herausstellt, auch bei den Jagdgegnern zu untersuchen.

Das Verhältnis von Weiblichkeit und Jagd spart sich die Autorin für den Schluss ihres Buches auf. Mit den geschlechtsspezifischen Ausprägungen in der Jagdwissenschaft, Jagdliteratur, Jagdpolitik und der praktischen Jagdausübung greift sie das wohl spannendste Kapitel ihrer Untersuchung auf. Als Frau schreibt sie über eine Spielart der Kultur und eine Sparte der Kulturwissenschaft, die ebenso wie die praktische Jagdausübung nahezu ausschließlich von Männern dominiert und gegenüber Frauen verteidigt werden. Dass das Buch sowohl im Klappentext als auch in den Geleitworten gleich von einem halben Dutzend Männern empfohlen wird, bestätigt die Erfahrungen der Autorin mehr als sie sie widerlegen könnte. Wer an einer intellektuellen Auseinandersetzung mit der Jagd Freude hat, findet in dem Buch von MONIKA REITERER eine anregende Lektüre. U. SCHRAML

Herausgeber: Prof. Dr. K.-R. Volz, Freiburg i. Br., und Prof. Dr. Dr. h. c. H. Kramer, Göttingen – Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.

Satz und Druck: Graphische Kunstanstalt W. Herr, Gießen – Printed in Germany

© J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., 2002

Neuerscheinung:

Portefeuille- und Real-Optionspreis-Theorie und forstliche Entscheidungen

Schriften zur Forstökonomie, Band 23

Von M.-W. WEBER

197 Seiten mit 150 Abbildungen.
ISBN 3-7939-7023-X.
Kartoniert 17,50 €

Die Arbeit untersucht auf Basis der Erkenntnisse der Portefeuille-Theorie Investitionen in forstliche und forstnahe Anlagen als Teil eines diversifizierten Gesamtportefeuilles. Es wird anhand konkreter Beispiele gezeigt, dass für jeden Waldeigentümer eine Diversifikation sowohl zwischen verschiedenen Baumarten und Regionen als auch in unterschiedliche Branchen unter Risikogesichtspunkten sinnvoll ist. Die dargestellten Beispiele beziehen sich sowohl auf konkrete Exempel aus dem deutschen und amerikanischen Forst als auch auf Investitionen in unterschiedliche Industriebranchen weltweit.

Für die Bewirtschaftung von Waldflächen spielt neben der klassischen Investitionsrechnung die moderne Optionspreis-Theorie eine wichtige Rolle, da Optionen den Wert einer Fläche nachhaltig beeinflussen können, und die klassische Investitionsrechnung durch die Real-Options-Bewertung in Zukunft abgelöst werden könnte. Deshalb befasst sich die Arbeit im Weiteren mit der Anwendung der Optionspreis-Theorie, insbesondere der erst jungen Theorie zur Bewertung von Real-Optionen, auf konkrete forstbetriebliche Investitions- und Desinvestitionsentscheidungen (u. a. Arrondierung, Einschlag).

Der Unterschied der vorliegenden Arbeit im Vergleich zu traditionellen forstlichen Analysen liegt neben der Berücksichtigung verschiedener Anlageformen und der Optionspreis-Theorie insbesondere in der expliziten Berücksichtigung der Zusammenhänge zwischen Chance (Verzinsung) und Risiko einer Anlage sowie in einer unterschiedlichen Definition des Risikobegriffs.

Betrachten traditionelle forstliche Untersuchungen Risiko nur unter dem Aspekt von biotischen und abiotischen Risiken, wie Insektenbefall, Umweltverschmutzung, Feuer oder Sturm, so stehen nachfolgend finanzielle Risiken aufgrund von Schwankungen der Ergebnisse im Mittelpunkt der Überlegungen. Diese Ergebnisschwankungen können z. B. aufgrund von konjunkturellen Einflüssen, technischem Fortschritt oder Naturkatastrophen/Kalamitäten und dadurch ausgelösten Nachfrageänderungen entstehen.

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG · FRANKFURT AM MAIN

Neuerscheinung:

The Economically Optimal Amount of Timber Cut in Forests

– An Approach by Control Theory –

Schriften zur Forstökonomie, Band 24

Von H. BORCHERT

183 Seiten mit 85 Abbildungen und 7 Tabellen.
ISBN 3-7939-7024-8.
Kartoniert 15,80 €

Die Frage nach den optimalen Holznutzungsmengen in Wäldern ist für die Forstwirtschaft seit den Anfängen einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung aktuell. Das klassische ökonomische Kalkül, welches die Forstwissenschaft darauf als Antwort bietet, setzt gleichaltrige Waldbestände voraus. Bei einer Tendenz der Abkehr von gleichaltrigen Wäldern hin zu dauerhaft bestockten, ungleichaltrigen Waldbeständen gilt es nach alternativen Modellen zu suchen, mit denen die Entscheidungen über die Nutzungsintensität in der Forstwirtschaft unterstützt werden können.

Der Autor stellt als Alternative ein Modell aus der Ressourcenökonomie, einem Teilgebiet der Umweltökonomie, vor und baut es so aus, dass es sich für die Nutzungsplanung in Wirtschaftswäldern eignet. Entsprechend diesem Modell kann der Holzvorrat eines Forstbetriebes als dessen Produktionsapparat betrachtet werden. Der Vorrat kann entweder für den Konsum (Holznutzung) oder durch Reinvestition zur Erhaltung und zum Wachstum des Produktionsapparates (Nichtnutzung) verwendet werden. Die Frage nach den optimalen Erntemengen stellt sich dann als eine Produktionsplanungsaufgabe dar. Wie der Autor zeigt, lässt sich diese Aufgabe mit den Methoden der Kontrolltheorie (Theorie der optimalen Steuerung) lösen. Anhand empirischer Daten aus dem bayerischen Staatswald demonstriert er die praktische Anwendung des Modells. Es erweist sich vor allem für die langfristige Forstbetriebsplanung als ein geeignetes Instrument, um Entscheidungen auf Betriebsebene über die Vorratshaltung und die Nutzungsmengen zu unterstützen.

Das Buch bietet auch einen leicht verständlichen Zugang zu den klassischen forstwissenschaftlichen Optimierungsansätzen. Der Autor ordnet die forstökonomischen Modelle klar in das Theoriegebäude der Betriebswirtschaftslehre ein. Damit ermöglicht das Buch auch den Lesern, die von der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre her kommen, die Methoden klassischer Forstökonomie leichter zu beurteilen.

Die Frage, wie Forstbetriebe im Falle von Preisänderungen auf den Rohholzmärkten ihr Angebot anpassen sollen, steht in einem ganz neuen Licht, wenn die Auswirkungen der Holzentnahme auf den Produktionsapparat mit berücksichtigt werden. Die bisherigen Untersuchungen zum optimalen Angebotsverhalten von Forstbetrieben ließen diesen Aspekt außer Acht.

Der Autor zeigt, dass theoretisch auch der Nutzen aus den Schutz- und Erholungsleistungen der Wälder in dem neuen Optimierungsmodell berücksichtigt werden kann.

Er stellt klar, dass diese Leistungen nur dann Einfluss auf die optimalen Nutzungsmengen und Vorräte haben, wenn der gesellschaftliche Nutzen vom Ressourcenbestand abhängt.

Die Universität Freiburg verlieh dem Autor für die dem Buch zugrundeliegende Forschungsarbeit im Jahr 2001 den Karl-Abetz-Förderpreis für wissenschaftlichen Nachwuchs. Um das Buch einem größeren Leserkreis zugänglich zu machen, erscheint es nun in englischer Sprache.

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG · FRANKFURT AM MAIN