

Dörte Ißleib

Genetische Strukturen in Buchen-Altbeständen
und Naturverjüngung (*Fagus sylvatica* L.)
des Mittleren Erzgebirges

Heft **27**
August 2006

Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt /
Contributions to Forest Sciences

Dieser Band entspricht der gleichnamigen Dissertation der Autorin.
Tag des Rigorosums: 7.4.2006

Herausgeber: Prof. Dr. Andreas Roloff c/o Fachrichtung Forstwissenschaften, Tharandt
Redaktion: Dr. Stephan Bonn
Wiss. Beirat: Prof. Dr. Andreas W. Bitter
Prof. Dr. Franz Makeschin
Dr. Michael Vogel

Bezug über:

Institut für Dendrochronologie, Baumpflege und Gehölzmanagement Tharandt
an der Technischen Universität Dresden
Piener Str. 8
01737 Tharandt
Tel.: 035203-383 1262
Fax: 035203-383 1272
e-mail: dendro@forst.tu-dresden.de

und:

Verlag Eugen Ulmer
Wollgrasweg 41
70599 Stuttgart
Tel.: 0711-4507-0
Fax: 0711-4507-120
e-mail: info@ulmer.de

Gefördert durch das Dendro-Institut Tharandt e.V. (DIT)

Manuskript-Eingang: 7.4.2006
Manuskript-Annahme: 17.8.2006

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 3-8001-5437-4
ISSN 1434-8233

© 2006 Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart
Druck: saxoprint GmbH, Dresden

Inhalt

1	Einleitung	
1.1	Die Bedeutung der genetischen Diversität und Variabilität für die Anpassungsfähigkeit von Populationen	1
1.2	Problemstellung und Zielsetzung	2
2	Die Genetik der Rot-Buche (<i>Fagus sylvatica L.</i>)	
2.1	Die genetische Variation in Buchen-Populationen	
2.1.1	Das genetische System	4
2.1.2	Die natürliche genetische Variation	8
2.2	Die Bewirtschaftung der Rot-Buche	
2.2.1	Deutschland	11
2.2.2	Sachsen	13
2.3	Der Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die genetische Struktur	
2.3.1	Altbestand	16
2.3.2	Naturverjüngung	18
2.3.3	Künstliche Verjüngung	21
3	Material und Methoden	
3.1	Untersuchungsgebiet	23
3.2	Probeflächen und Probenahmeverfahren	25
3.3	Molekulargenetische Marker	28
3.4	Labormethoden	31
3.5	Parameter der genetischen Variation	33

4	Ergebnisse und Diskussion	
4.1	Stichprobenverfahren und Amplifikation	37
4.2	Die Genetische Variation innerhalb der Bestände	
4.2.1	Anzahl an Allelen und allelische Vielfalt	38
4.2.2	Allelhäufigkeiten	39
4.2.3	Diversität und Gesamtdifferenzierung	43
4.2.4	Heterozygotie	47
4.2.5	Zusammenfassende Diskussion zur genetischen Variation innerhalb der Bestände	50
4.3	Die genetische Variation zwischen den Beständen	
4.3.1	Differenzierung	55
4.3.2	Genetische Abstände	58
4.3.3	Räumliche Autokorrelationen	61
4.3.4	Zusammenfassende Diskussion zur genetischen Variation zwischen den Beständen	63
4.4	F-Statistik	
4.4.1	Parameter der F-Statistik	66
4.4.2	Diskussion	69
4.5	Abstammungsanalyse	
4.5.1	Beteiligung der Altbäume an der Reproduktion	73
4.5.2	Ermittlung der Samen- und Polleneltern	78
4.5.3	Entfernung der Elternbäume zu ihren potenziellen Nachkommen	79
4.5.4	Analyse von Markerbäumen	80
4.5.5	Diskussion	86
5	Abschließende Diskussion	89
6	Zusammenfassung	97
7	Summary	99
8	Literatur	101

6 Zusammenfassung

Eine hohe biologische Diversität als Stabilitätskriterium erfordert nicht allein artenreiche Waldbestände, sondern hat auch die Erhaltung genetischer Vielfalt als Grundlage langfristiger Anpassungs- und damit Überlebensfähigkeit zur Voraussetzung. Dazu ist es zunächst erforderlich, den Ausgangszustand in einer Population zu kennen. Dabei ist im Zusammenhang mit dem ökologischen Waldumbau zu klären, ob und in welchem Ausmaß die genetische Variation durch die Mischung mit anderen Baumarten im Altbestand beeinflusst wird. Hierbei ist insbesondere festzustellen, ob es in der Folgegeneration zu einer Abnahme genetischer Vielfalt in Folge der relativen Isolation von Elternbäumen kommt. Ein solcher Effekt birgt das Risiko des Verlustes der langfristigen Anpassungsfähigkeit der betreffenden Population.

In einer Naturwaldzelle im Naturschutzgebiet Rungstock (Sächsisches Forstamt Olbernhau) wurden aus Dauerbeobachtungs-Flächen diejenigen ausgewählt, die für populationsgenetische Fragestellungen geeignet sind. Dabei fanden Altbestände mit unterschiedlichen Mischungsanteilen von Rot-Buche (*Fagus sylvatica*) und Gemeiner Fichte (*Picea abies*) Berücksichtigung. Weiterhin wurde die Naturverjüngung einerseits flächig verteilt und andererseits innerhalb von Verjüngunginseln beprobt.

Die genetische Charakterisierung der Altbestände und der Naturverjüngung erfolgte anhand der beiden Mikrosatelliten-Genorte *mfc5* und *mfc11*. Es konnten dabei insgesamt 27 Allele am Locus *mfc5* sowie 13 Allele am Locus *mfc11* amplifiziert werden. Um für eine abgesicherte statistische Auswertung ausreichend große Stichprobenumfänge zu erreichen, wurden die seltenen Allele zusammengefasst, so dass sich 11 Allele (*mfc5*) bzw. 5 Allele (*mfc11*) ergaben.

Die Anzahl an Allelen und die Heterozygotie als Parameter der genetischen Variation innerhalb von Subpopulationen unterscheiden sich bei den Verjüngunginseln nicht von der flächig verteilten Naturverjüngung, die Diversität der Horste ist nur wenig niedriger. Weiterhin lassen sich bei der Diversität ebenso wie bei der Heterozygotie keinerlei Unterschiede zwischen den verschiedenen Strukturen der Altbestände bzw. den beiden Generationen nachweisen. Wie dies für Buchen-Populationen in Mitteleuropa typisch ist, weisen auch die untersuchten Bestände im Mittleren Erzgebirge einen Homozygoten-Überschuss auf.

Die im Naturschutzgebiet Rungstock festgestellte geringe Differenzierung zwischen den Beständen ist charakteristisch für bestandsbildende Baumarten mit weiter Pollenverbreitung und hoher Fremdbefruchtungsrate, denen auch die Rot-Buche zugeordnet werden kann. Dabei zeigen die Untersuchungen, dass wiederum keine Unterschiede zwischen den Bestandesstrukturen auftreten. Die geringen genetischen Unterschiede zwischen den Buchen-Subpopulationen werden auch anhand der genetischen Abstände deutlich.

Obwohl sich bei den Parametern der genetischen Variation innerhalb der Kollektive keine Unterschiede zeigten, sind die Jungpflanzen aus den Horsten den Altbeständen weniger ähnlich als die flächig verteilte Verjüngung. Dies zeigt sich in den größeren genetischen Abständen sowie einer stärkeren Differenzierung, was die Repräsentativität der Verjüngunginseln für die genetische Zusammensetzung des Altbestandes einschränkt.

Weder in den Altbeständen noch bei den Jungpflanzen ließen sich spatiale Autokorrelationen anhand der genetischen Abstände nachweisen. Auch die Ergebnisse der F-Statistik weisen auf eine geringe räumliche Differenzierung in den Buchen-Beständen hin. Innerhalb der Verjüngungshorste verhindern individuell verschiedene Elternschaften die Ausbildung von Familienstrukturen. Durch die Abstammungsanalyse der Jungpflanzen offenbart sich zudem ein intensiver Genfluss sowohl über die Bucheckern als auch durch den Pollen. Die Beimischung von Fichten im Bestand hat dabei offenbar im Mittleren Erzgebirge keinen Einfluss auf die Paarungsverhältnisse der Buchen. Weiterhin zeigt sich, dass nur wenige Naturverjüngungs-Pflanzen aus Selbstbefruchtung hervorgegangen sind.

Im Hinblick auf den ökologischen Waldumbau, bei dem in den sächsischen Mittelgebirgen in großem Umfang Buche sowohl durch künstliche als auch durch natürliche Verjüngung in Fichtenbestände eingebracht wird, lässt sich Folgendes schlussfolgern: Sämtliche Naturverjüngung, ob aus Verjüngunginseln oder flächig verteilt, ist aus Sicht der Erhaltung der genetischen Diversität für die Übernahme in den Folgebestand geeignet. Auch in Beständen mit wenigen Elternbäumen (z.B. Überhälter) wird die Variabilität der Nachkommen nicht eingeschränkt, solange in der Umgebung (<500m), wie im Untersuchungsgebiet, ausreichend Buchen zur Speisung des Pollenpools vorhanden sind.

7. Summary

Genetic structures of adult European beech stands and natural regeneration (*Fagus sylvatica* L.) in Middle Ore Mountains

A high biological diversity as criterion for stability is not only determined by the number of species, but also by the conservation of the genetic diversity for long-term adaptability and survivalability. For this purpose, it is necessary to know the starting conditions of a population.

A high proportion of natural regeneration in site-adequate stands of appropriate provenance is one among the silvicultural principles of ecologically adapted forest management in Saxony. This gives rise to the question for the aptitude of available potential parents in view of their genetic characteristics and for the influence of density, distribution and number of potential parents on the genetic structure of the offspring.

In a natural forest cell in Rungstock reserve (Saxon Forest District Olbernhau) those permanent plots were selected which are suitable for the population-genetic study. In this regard, stand structures with various mixture ratios of European beech (*Fagus sylvatica*) and Norway spruce (*Picea abies*) were taken into consideration. The corresponding natural regeneration of beech was sampled bulked where emerging in clumps. The natural regeneration with equal distribution was on the other hand sampled within grids.

The genetic structures within the adult beech stands and the corresponding natural regeneration were characterised by the microsatellite markers *mfc5* and *mfc11*. A total of 27 alleles at the locus *mfc5* and 13 alleles at the locus *mfc11* were amplified. Rare alleles were summarized to increase the statistical significance. In this way, 11 alleles (*mfc5*) respectively 5 alleles (*mfc11*) resulted.

The number of alleles as well as the heterozygosity as parameters of genetic variation within populations do not differ between the natural regeneration clusters and the grids, although the clusters show less genetic diversity. Furthermore, there were no differences of the genetic diversity and the heterozygosity between the adult stands and between the two generations. Within all subpopulations and at both loci an excess of homozygotes was found.

The genetic differentiation between the adult beech stands in natural reserve area Rungstock is low and no relation to the stand structure could be proved. These minor differences are also supported by the genetic distances between the subpopulations and are typical of species with a extensive pollen dispersal.

Contrary to the results concerning the adult stands, differences in genetic variation among the subpopulations of the natural regeneration are pointed out. The clusters of the natural regeneration showed a higher genetic differentiation and larger genetic distance from the corresponding adults compared to the systematically distributed samples. Accordingly, seedlings distributed over the whole stand area represent the genetic structure of the corresponding adults clearly better than separate clusters do. However, different parentages of the seedlings impair the manifestation of spatial autocorrelations within the groups as shown by a permutation test and by the F-statistics.

An intensive gene flow by seeds and pollen takes place. From the analysis of the descent of the natural regeneration resulted distances between the seed parents and the offspring of 14m within the mixed stands to 90m in spruce stands with single beech trees. Nevertheless, the mixture of spruce within a beech stand has no provable influence on the mating of beech. Furthermore, only a small number of the natural regeneration plants emerge from selfing processes.

In summary, the results indicate that a decreasing number of potential parents is not correlated with a decreasing genetic variation within the offspring. Therefore, the integration of the natural regeneration can be recommended unrestrictedly for the continuation of the beech stands. For preservation of the genetic diversity of future generations it is suggested to include seedlings distributed all over the whole stand area and to avoid using the progeny of single trees.

Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt /
Contributions to Forest Sciences

- | | | |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1 | (1997) A. Roloff/ K. Klugmann
Ursachen und Dynamik von Eichen-Zweigabsprüngen
97 S. | 5,00 € |
| 2 | (1998) D. Krabel
Mikroanalytische Untersuchungen zur Physiologie des Baumkambiums
von <i>Thuja occidentalis</i> L. und <i>Fagus sylvatica</i> L.
96 S. | 5,00 € |
| 3 | (1998) S. Bonn
Dendroökologische Untersuchung der Konkurrenzdynamik in
Buchen/Eichen-Mischbeständen und zu erwartende Modifikationen
durch Klimaänderungen
226 S. | 12,50 € |
| 4 | (1998) W. Nebe/ A. Roloff/ M. Vogel (Hrsg.)
Untersuchung von Waldökosystemen im Erzgebirge als Grundlage
für einen ökologisch begründeten Waldumbau
255 S. | 15,00 € |
| 5 | (1999) R. Kießner
Ein auf Strahlungsmessungen basierendes Verfahren zur Bestimmung
des Blattflächenindex und zur Charakterisierung der Überschirmung
in Fichtenbeständen
192 S. | 11,40 € |
| 6 | (1999) D. Bartelt
Oberirdische Phyto- und Nährelementmassen auf meliorierten,
immissionsbelasteten Standorten des Erzgebirges
178 S. | 11,40 € |
| 7 | (1999) A. Bolte
Abschätzung von Trockensubstanz-, Kohlenstoff und Nährelement-
vorräten der Waldbodenflora – Verfahren, Anwendung und Schätztafeln
285 S. | vergriffen |
| 8 | (1999) E. D. Mungatana
The Welfare Economics of Protected Areas: The Case of
Kakamega Forest National Reserve, Kenya
265 S. | 16,40 € |
| 9 | (2000) G. Mackenthun
Die Gattung <i>Ulmus</i> in Sachsen
294 S. | 16,40 € |
| 10 | (2000) H. Wolf/ J. Albrecht (eds.)
The Procurement of Forestry Seeds in Tropical and Subtropical
Countries – the Example Kenya –
233 S. | 13,90 € |

- 11** (2001) U. Neumann
Zusammenhang von Witterungsgeschehen und Zuwachsverläufen in Fichtenbeständen des Osterzgebirges
193 S. 11,40 €
- 12** (2001) H. Lemme
Populationsdynamik der Frostspanner *Operophtera fagata* (SCH.) und *Operophtera brumata* (LINNÉ) während einer Retrogradation in Ebereschen-Bestockungen des Erzgebirges
238 S. 13,90 €
- 13** (2001) T. Schreiter
Auswirkungen von Landnutzungssystemen auf die Zusammensetzung von Coleopterenzönosen (Insecta – Coleoptera)
186 S. 11,40 €
- 14** (2001) H. Weiß
Informationsverwaltung in Botanischen Gärten am Beispiel des Forstbotanischen Gartens in Tharandt
194 S. + CD-ROM 11,40 €
- 15** (2001) G. Slotosch
Waldschulen. Beitrag zum Bewerten und Verstehen waldbezogener Bildungsprozesse
394 S. + 65 S. Anhangsband 27,40 €
- 16** (2002) J. Schumacher
Untersuchungen über den Gesundheitszustand der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft – Erhebung und Ursachenanalyse biotischer Schadfaktoren
183 S. 11,40 €
- 17** (2002) A. Roloff / S. Bonn (Hrsg.)
Ergebnisse ökologischer Forschung zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Auenwäldern an der Mittleren Elbe
227 S. 13,90 €
- 18** (2004) K. H. Müller
Lückendynamik in Fichtenreinbeständen des Erzgebirges – Bestandesreaktion, Ressourcenverfügbarkeit und Empfehlungen zum Waldumbau
230 S. 13,90 €
- 19** (2004) J. Schröder
Zur Modellierung von Wachstum und Konkurrenz in Kiefern/Buchen-Waldumbaubeständen Nordwestsachsens
271 S. 16,40 €
- 20** (2004) C. Fürst / A. W. Bitter / D.-R. Eisenhauer / F. Makeschin / H. Röhle / A. Roloff / S. Wagner (eds.)
Sustainable Methods and Ecological Processes of a Conversion of Pure Norway Spruce and Scots Pine Stands into Ecologically Adapted Mixed Stands
244 S. 13,90 €

- 21** (2004) H.-P. Reike
 Untersuchungen zum Raum-Zeit-Muster epigäischer Carabidae
 an der Wald-Offenland-Grenze
 373 S. 21,40 €
- 22** (2005) W. Nebe, K.-H. Feger (Hrsg.)
 Atmosphärische Deposition, ökosystemare Stoffbilanzen und
 Ernährung der Fichte bei differenzierter Immissionsbelastung
 129 S. 8,90 €
- 23** (2005) M. Rothe
 Reaktionen des Wasserhaushaltes der Fichte (*Picea abies* [L.] KARST.)
 auf extremen Trockenstress
 175 S. 11,40 €
- 24** (2005) A. Muchin
 Analytische Untersuchungen zum Einfluss des Standorts auf das
 Wachstum von Stiel- und Traubeneiche im nordostdeutschen Tiefland
 264 S. 16,40 €
- 25** (2005) U. Pietzarka
 Zur ökologischen Strategie der Eibe (*Taxus baccata* L.) –
 Wachstums- und Verjüngungsdynamik
 195 S. 11,40 €
- 26** (2006) C. Heidecke
 Optimierung der Stammapplikation systemischer Pflanzenschutzmittel
 auf der Grundlage baumbiologischer und holzanatomischer Aspekte
 143 S. 11,40 €
- 27** (2006) D. Ißleib
 Genetische Strukturen in Buchen-Altbeständen und Naturverjüngung
 (*Fagus sylvatica* L.) des Mittleren Erzgebirges
 136 S. 11,40 €

Beihefte (ohne Begutachtungsverfahren, teilweise mit finanzieller Förderung gedruckt)

– nur über Dendro-Institut Tharandt e.V. zu beziehen; www.dendro-institut.de –

- | | | |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1 (2000) | S. Wagner (Hrsg.)
Perspektiven in der Waldbau Wissenschaft
186 S. | <i>vergriffen</i> |
| 2 (2002) | E. Schuster (2. erweiterte Auflage)
Chronik der Tharandter forstlichen Lehr- und Forschungsstätte 1811-2000
284 S. | 10,00 € |
| 3 (2002) | S. Rajanov
Geschichte der Tharandter Immissionsforschung 1850 - 2002
172 S. | <i>vergriffen</i> |
| 4 (2003) | H. Landmesser (Hrsg.)
Chemie und Forstwirtschaft – Gegensatz oder Symbiose
142 S. | 8,00 € |
| 5 (2004) | S. Kätzel, H. Landmesser, S. Löffler, O. Wienhaus (Hrsg.)
Einsatz von Biomarkern für das forstliche Monitoring
176 S. | 9,00 € |