

## ALLGEMEINE

## FORST UND JAGDZEITUNG

## German Journal of Forest Research

## INHALTSVERZEICHNIS

## AUFsätze

- |   |   |
|---|---|
| A. Zahn,<br>M. Gelhaus<br>und V. Zahner       | Die Fledermausaktivität in unterschiedlichen Waldtypen, an Gewässern und im Offenland – eine Untersuchung auf der Herreninsel im Chiemsee (Bayern) . . . . . 173<br>(Foraging activity of bats in different forest types, wetlands and in open habitats – a study carried out at the “Herreninsel” (island in the Chiemsee, Bavaria)  |
| A. Reinbolz,<br>A. Yasui<br>und T. Plieninger | The relevance of historical features for forest management in the Black Forest (Germany) . . . . . 179<br>(Bedeutung von Kulturrelikten im Wald für die heutige Landschaftsplanung im Schwarzwald (Deutschland)   |
| J. Jiménez,<br>O. Aguirre<br>und H. Kramer    | Untersuchungen über das Wachstum der Pinyon-Kiefer ( <i>Pinus cembroides</i> Zucc.) im Nordosten Mexikos . . . . . 186<br>(Investigations about growth of Mexican Pinyon ( <i>Pinus cembroides</i> Zucc.) in north-eastern Mexico)  |
| S. Hein,<br>S. Herbstritt<br>und U. Kohnle    | Auswirkung der Z-Baum-Auslesedurchforstung auf Wachstum, Sortenertrag und Wertleistung im europäischen Fichten-Stammzahlversuch ( <i>Picea abies</i> [L.] Karst.) in Südwestdeutschland . . . . . 192<br>(The European Stem Number Experiment in Norway Spruce ( <i>Picea abies</i> [L.] Karst.): Effect of Crop tree Thinning on Growth, Timber Assortment and Economic Results) |
| M. Dieter                                     | Analyse der Wertschöpfung durch Holznutzung aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive . . . . . 202<br>(Analysis of added value through the use of wood from an economic perspective)  |
| NACHRUF                                       | Prof. Dr. CHRISTIANE VOLGER zum Gedenken . . . . . 207  |
| NACHRUF                                       | Prof. Dr. rer. silv. habil. GÜNTER WENK zum Gedenken . . . . . 208  |

179. JAHRGANG 2008 HEFT 10/11 OKT./NOV.

J. D. SAUERLÄNDER'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. K. von Gadow**  
o. Professor  
der Forstwissenschaft an der  
Universität Göttingen

ISSN 0002-5852

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

*Bezugspreis:* Jährlich € 148,- zuzüglich Zustellgebühr; Studenten und in Ausbildung befindliche Forstreferendare € 118,40 (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 einem zweiseitigen Text mit 12-Punkt-Schrift in Times New Roman. 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 ähn-

lichem 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 Wort, Abt. Wissenschaft, Goethestr. 49, 80336 München 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, Telefon (069) 55 52 17, Telefax (069) 596 43 44. eMail: aulbach@sauerlaender-verlag.com. Internet: www.sauerlaender-verlag.com. *Bankkonten:* Commerzbank, Frankfurt a. M. 5 408 075; Postbankkonto: 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 Forst- und Umweltpolitik der Universität Freiburg, Tennenbacher Str. 4, D-79106 Freiburg

Prof. Dr. Dr. h.c. K. VON GADOW, Institut für Waldinventur und Waldwachstum der Universität Göttingen, Büsingenweg 5, D-37077 Göttingen

## Die Anschriften der korrespondierenden Autoren von Heft 10/11 des 179. Jahrgangs:

MATTHIAS DIETER, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Leuschnerstr. 91, D-21031 Hamburg. E-Mail: [matthias.dieter@vti.bund.de](mailto:matthias.dieter@vti.bund.de)

SEBASTIAN HEIN, Waldbau, Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg, Schadenweilerhof, D-72108 Rottenburg am Neckar. E-Mail: [hein@hs-rottenburg.de](mailto:hein@hs-rottenburg.de)

JAVIER JIMÉNEZ-PÉREZ, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nueva León, Linares, N. L., México. E-Mail: [jjimenez@fcf.uanl.mx](mailto:jjimenez@fcf.uanl.mx)

ANDREAS REINBOLZ, Institute for Landscape Management, Tennenbacher Str. 4, D-79106 Freiburg. E-Mail: [andreas@reinbolz.de](mailto:andreas@reinbolz.de)

ANDREAS ZAHN, Department Biologie II der LMU München, Großhaderner Str. 2, D-82152 Planegg Martinsried. E-Mail: [Andreas.Zahn@ivv.de](mailto:Andreas.Zahn@ivv.de)

## Übersetzung der Résumés,

soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt werden: Prof. RENÉ KELLER, 13 Allée des Mirabelles, F-54520 Laxou



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, Ausdruck und Datenport in Profiversion; ab € 49,- aid, Konstantinstraße 124, Stichwort 'ÖKOWALD', D-53179 Bonn  
<http://www.fh-rottenburg.de/greenlink/oekowald/index.html>

# Die Fledermausaktivität in unterschiedlichen Waldtypen, an Gewässern und im Offenland – eine Untersuchung auf der Herreninsel im Chiemsee (Bayern)\*)

(Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle)

Von A. ZAHN<sup>1),✉</sup>, M. GELHAUS<sup>1)</sup> und V. ZAHNER<sup>2)</sup>

(Angenommen Juni 2007)

## SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

*Fledermäuse; Jagdaktivität; Oberbayern; Habitatnutzung; Laubwald; Nadelwald.*

*Bats; foraging activity; Upper Bavaria; habitat use; broad leaf woodland; conifer woodland.*

## 1. EINLEITUNG

Untersuchungen zur Jagdhabitatsnutzung mitteleuropäischer Fledermausarten ergeben ein teilweise widersprüchliches Bild. Einerseits zeigen Telemetriestudien, dass Wälder für viele Fledermausarten die entscheidenden Nahrungshabitate sind (MESCHÉDE und HELLER, 2000), andererseits ergeben Untersuchungen mittels Fledermausdetektor häufig, dass die in Wäldern gemessene Jagdaktivität deutlich geringer ist, als in angrenzenden Lebensräumen des Offenlandes (GRINDAL, 1996; ZAHN und KRÜGER-BARVELS, 1996). Teilweise lassen sich diese Widersprüche mit technischen oder methodischen Problemen erklären, wie z.B. der unterschiedlichen Erfassbarkeit der einzelnen Arten mittels Lautaufnahme (AHLÉN und BAAGØE, 1999; CELUCH, 2004; JONES, 1993). Auch spielen die Unterschiede der untersuchten Habitate eine Rolle. So beeinflusst die Waldbewirtschaftung bzw. die daraus resultierende Bestandstruktur die spezifischen Jagdhabitats der einzelnen Fledermausarten (GÜTTINGER, 1997; ALBRECHT et al., 2002) und damit die Zusammensetzung der Artengemeinschaft. Oft ist bei den betreffenden Studien nicht bekannt, welche Fledermausarten tatsächlich zu welcher Zeit im Untersuchungsgebiet vorkommen, so dass man bei Detektorstudien schwer beurteilen kann, welche der anwesenden Arten aufgrund ihres Verhaltens bzw. ihrer (leisen) Ortungsrufe (JONES, 1993) nur unvollständig erfasst wurden.

Herrenchiemsee bietet aufgrund der Inselform die Gelegenheit, die Fledermauslebensgemeinschaft eines abgegrenzten Gebiets zu untersuchen. Das Artenspektrum ist durch langjährige Erfassungen bekannt (BAYERISCHES LANDESAMTS FÜR UMWELT o.J.) und zu einzelnen Arten liegen bereits detaillierte Studien vor (WEINER und ZAHN, 2001; ZAHN et al., 2008). In einem gemeinsamen Forschungsprojekt der Fachhochschule Weihenstephan (Fakultät Wald und Forstwirtschaft) und der Ludwig-Maximilians Universität München (Department Biologie II) wurde 2006 untersucht, welche Waldtypen von den vorkommenden Fledermausarten genutzt werden und welche Rolle der Wald auf der Herreninsel als Jagdhabitat im Vergleich zu den Lebensräumen des Offenlandes spielt.

## 2. UNTERSUCHUNGSGEBIET UND METHODEN

Die 230 ha große Insel im Chiemsee (Lkr. Rosenheim, Oberbayern) zeichnet sich durch ein Mosaik von Laub- und Nadelwäldern

aus, wobei sich kleinräumig Jung- und Altbestände abwechseln. In der Mitte der Insel befindet sich ein rund 10 ha großer, fichten-dominiertes (*Picea abies*) Nadelholzkomplex. In den umgebenden Laubwäldern sind Eschen (*Fraxinus excelsior*) und Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) die häufigsten Arten. Mischwälder werden von Fichten, Buchen (*Fagus sylvatica*), Eschen und Erlen geprägt. Auf Hügelkuppen (Moränen) gibt es einige mehrere ha große Buchenbestände. Stieleichen (*Quercus robur*), Eschen und Linde (*Tilia cordata*) sind häufig als markante Einzelbäume an Wegen und Waldrändern zu finden. An nassen Uferabschnitten dominieren Schwarzerlen und Weiden (*Salix spec.*). Strukturarme Bestände einheitlicher Altersklassen kommen auf der Herreninsel allenfalls kleinflächig (< 1 ha) vor. Meist handelt es sich um reich strukturierte Wälder mit Bäumen unterschiedlichster Altersklassen und einer ausgeprägten Strauch- und Krautschicht.

Das Offenland (Wiesen und Weiden) ist durch Alleen, Hecken und Streuobstbestände gut strukturiert. Im Umfeld der Gebäude (Schloss, Kloster, Gasthof und Nebengebäude) finden sich zahlreiche Alleen, Hecken und alte Solitäräume.

Die Entfernung zum Festland beträgt meist über 1 km, die kürzeste Distanz liegt bei 0,5 km.

Auf der Herreninsel wurden laut Artenschutzkartierung (ASK) des Bayerischen Landesamts für Umwelt 15 Fledermausarten nachgewiesen. *Rhinolophus hipposideros*, *Plecotus auritus*, *Myotis myotis*, *Myotis emarginatus* und *Myotis mystacinus* pflanzen sich nachweislich, *Myotis daubentoni* und *Myotis nattereri* mit hoher Wahrscheinlichkeit fort. Weiterhin nachgewiesen sind: *Myotis brandtii*, *Barbastella barbastellus*, *Nyctalus noctula*, *Nyctalus leisleri*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus pygmaeus* und *Vespertilio murinus*.

Die Erfassung der Fledermausjagdaktivität erfolgte von Juni bis September 2006 mittels Fledermaus-Detektor (Modell Petterson 1000), die aufgenommenen Laute wurden am PC analysiert (Programm Batsound) und bestimmt (SKIBA, 2003). Kleine und Große Bartfledermaus, deren Rufe sich kaum unterscheiden, wurden gemeinsam als „Bartfledermäuse“ erfasst, wobei aufgrund der Fundhäufigkeit in den Vorjahren von einer Dominanz der Kleinen Bartfledermaus (*Myotis mystacinus*) ausgegangen werden kann. Auf die Erfassung der Kleinen Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*) wurde verzichtet, da sie in einem deutlich anderen Frequenzbereich ruft, als die übrigen Arten (SKIBA, 2003), was die Datenaufnahme deutlich erschwert hätte. Zudem liegen zur Habitatnutzung dieser Art auf Herrenchiemsee sowie im Umfeld des Chiemsees bereits Studien vor (HOLZHAIDER et al., 2002; ZAHN et al., 2008).

Die Aufnahme der Laute erfolgte entlang von 4 festgelegten Routen, die so gewählt wurden, dass die Dauer der Lauterfassung in den verschiedenen Habitattypen jeweils gleich lange war. Die Routen wurden an 5 Abenden während der Zeit der Jungenaufzucht (Ende Juni bis Ende Juli) sowie an 3 Abenden während der Paarungs- bzw. Migrationsperiode (September) begangen. Während des Aufenthaltes in einem Habitattyp wurden alle Laute aufgezeichnet und später dem betreffenden Habitat zugeordnet. Zusätzlich wurde an Habitatgrenzen festgehalten, aus welcher Richtung die Tiere rie-

<sup>1)</sup> Department Biologie II der LMU München, Großhaderner Straße 2, 82152 Planegg Martinsried.

<sup>2)</sup> FH Weihenstephan/University of Applied Sciences, Fakultät Wald und Forstwirtschaft, Am Hofgarten 4, 85350 Freising. E-Mail: [volker.zahner@fh-weihenstephan.de](mailto:volker.zahner@fh-weihenstephan.de).

\*) Die Arbeit wurde von der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft gefördert.

✉ Korrespondierender Autor: ANDREAS ZAHN. Tel. 08638/86117. E-Mail: [Andreas.Zahn@ivv.de](mailto:Andreas.Zahn@ivv.de)

fen, um so die Zuordnung zum jeweiligen Lebensraum treffen zu können. Bei flächigen Habitaten (Wälder, Ufergehölze, Offenland) wurde, wenn möglich, notiert, ob die Tiere gezielt den Grenzbereich ( $\pm 10$  m) beflogen.

Alle Habitate wurden in den ersten 4 Stunden nach Sonnenuntergang zu verschiedenen Zeiten (1., 2., 3., und 4. Stunde nach Sonnenuntergang) im gleichen Umfang untersucht. Unterschieden wurden die Habitattypen Laubwald (<10% Nadelholz; Anteil an der Inselfläche 32%), Nadelwald (<10% Laubholz; Flächenanteil 3%), Mischwald (mindestens 10%; maximal 90% Nadelholz; Flächenanteil 15%), Ufergehölz (Schwarzerle und Weide mit Schilf; Flächenanteil 21%), Offenland (Wiesen, Weiden, Schilfflächen; Flächenanteil 17%), Gehölzelemente (Gehölze und Bäume außerhalb des Waldes wie Alleen, Hecken, Steuobstbestände; Flächenanteil 7%), Gebäudeumfeld (Wege, Gartenanlagen und Einzelbäume im Umfeld der Gebäude; Flächenanteil 4%), Stillgewässer (Brunnen und Weiher; Flächenanteil 1%) und der Chiemsee.

### 3. ERGEBNISSE

Im Zuge der Lautanalyse ließen sich 289 Rufsequenzen eindeutig bestimmen. Dadurch konnten 11 Arten sowie eine Artengruppe (Bartfledermäuse) nachgewiesen werden. Vom bekannten Artenspektrum fehlten lediglich Belege für die Zweifarbfledermaus (*Vespertilio murinus*) und, aus den erwähnten methodischen Gründen, für die Kleine Huftseisnase. Häufig nachgewiesen wurden Rauhaufledermaus (28% aller Nachweise), Fransenfledermaus (18%), Bartfledermäuse (18%) und Zwergfledermaus (14%), etwas seltener waren Wasserfledermaus (7%), Mückenfledermaus (5%) und Großes Mausohr (5%).

Nur sporadisch angetroffen wurden Abendsegler, Kleinabendsegler, Mopsfledermaus, Wimperfledermaus und Braunes Langohr

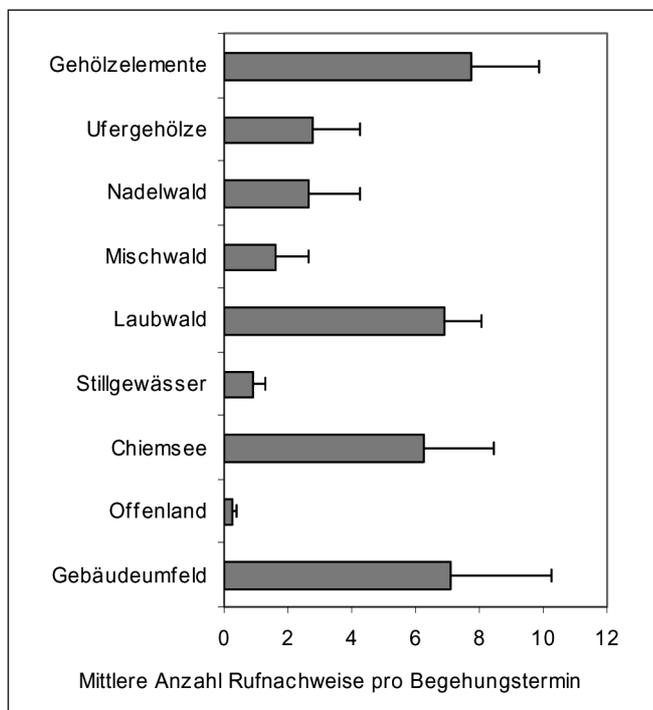


Abb. 1

Verteilung der Rufnachweise auf die Lebensraumtypen (Mittelwerte der 8 Begehungen und Standardfehler).

Frequency of records in different habitats (means of the 8 samples and standard error).

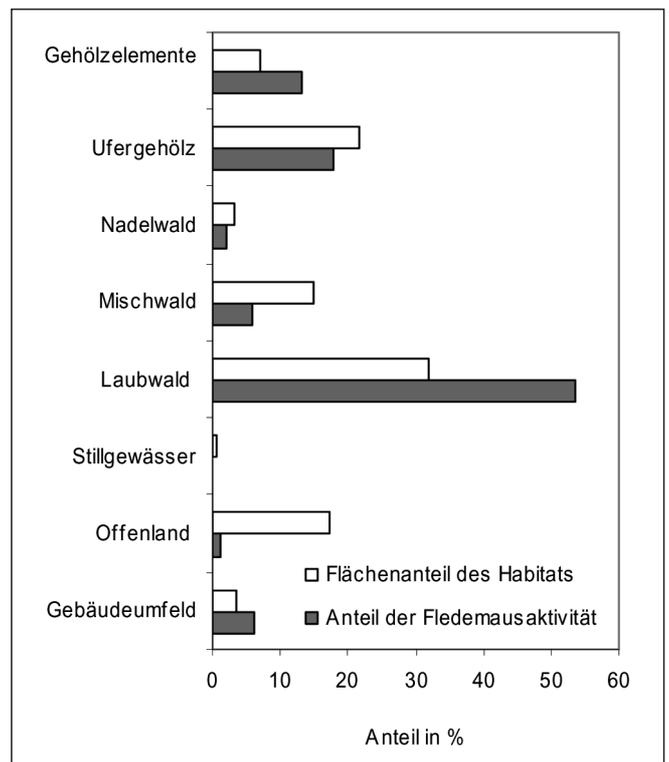


Abb. 2

Anteil der Jagdaktivität in den Lebensraumtypen auf der Herreninsel unter Berücksichtigung der Flächengröße, sowie Flächenanteile (%) der Habitattypen.

Percentage of foraging activity on Herrenchiemsee island in different habitats related to the habitat size, and percentage area of the habitats.

(jeweils < 2%), wobei die beiden letzten Arten aufgrund ihrer leisen Rufe unterrepräsentiert sein können.

Betrachtet man die Verteilung der Nachweise aller Arten auf die Lebensraumtypen (Abb. 1), so zeigt sich, dass in den Habitaten „Laubwald“, „Gehölzelemente“, „Chiemsee“ und „Gebäudeumfeld“ die Nachweisdichte (Rufhäufigkeit bei gleicher Aufenthaltszeit in den Habitaten) am höchsten war.

Im „Offenland“ und an den „Stillgewässern“ auf der Insel war die Fledermausaktivität am geringsten. Bezogen auf die mittlere Anzahl der Rufnachweise aller Begehungen, waren die Unterschiede zwischen den Habitaten signifikant (Friedman-Test,  $p < 0,01$ ).

Fasst man alle Waldtypen zusammen, so wurden hier insgesamt 72% aller Nachweise verzeichnet. Gut ein Drittel (37%) aller Lautaufnahmen aus Waldhabitaten entfällt allerdings nicht auf dichte, geschlossene Waldbestände, sondern auf Lichtungen, Waldränder und waldrandähnliche Situationen.

Berücksichtigt man die Flächenanteile und berechnet ausgehend von der unterschiedlichen Fledermausaktivität in den einzelnen Habitattypen, welche Anteile der Gesamtaktivität auf der Insel (also unter Ausschluss des Habitats „Chiemsee“) auf die jeweiligen Habitate entfallen, so stellt der „Laubwald“ mit Abstand das bedeutendste Jagdhabitat dar (Abb. 2), da er den höchsten Flächenanteil und eine hohe Aktivitätsdichte aufweist. Allerdings betrifft dies nicht Laubwälder generell, denn im „Ufergehölz“ war deutlich weniger Aktivität zu verzeichnen. Doch steht dieser Lebensraumtyp aufgrund seines erheblichen Flächenanteils an zweiter Stelle, wenn man bei der Bedeutung der Habitate als Jagdlebensraum ihre Ausdehnung berücksichtigt. „Misch-“, und „Nadelwald“ nehmen

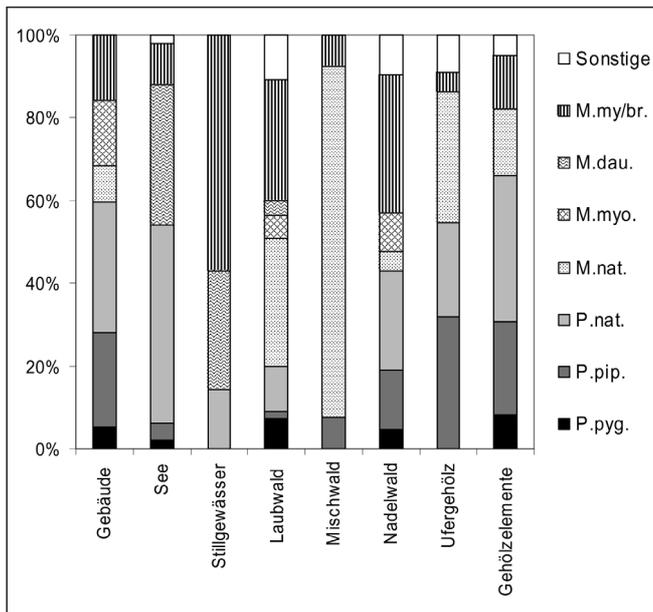


Abb. 3

Relative Häufigkeit der Fledermausarten (Anteil der Rufnachweise) in den untersuchten Habitattypen. Nicht berücksichtigt ist das Offenland, in dem nur ein Artnachweis (*Pipistrellus nathusii*) gelang.

Frequency of bat species (percentage of recorded calls) in different habitats. "Open areas" were excluded, because only one species record (*Pipistrellus nathusii*) was taken there.

*P. pyg.*: *Pipistrellus pygmaeus* (Mückenfledermaus), *P. pip.*: *Pipistrellus pipistrellus* (Zwergfledermaus), *P. nat.*: *Pipistrellus nathusii* (Rauhautfledermaus), *M. nat.*: *Myotis nattereri* (Fransenfledermaus), *M. myo.*: *Myotis myotis* (Großes Mausohr), *M. dau.*: *Myotis daubentoni* (Wasserfledermaus), *M. my/br.*: *Myotis mystacinus* und *Myotis brandtii* (Kleine und Große Bartfledermaus). Sonstige: *Myotis emarginatus* (Wimperfledermaus; Nachweise in den Habitaten Laubwald, Ufergehölz, Gehölzelemente), *Nyctalus noctula* (Abendsegler; Nachweise in den Habitaten See, Laubwald, Gehölzelemente), *Nyctalus leisleri* (Kleiner Abendsegler; Nachweise im Habitat Nadelwald), *Plecotus auritus* (Braunes Langohr; Nachweis im Habitat Laubwald), *Barbastella barbastellus* (Mopsfledermaus; Nachweise im Habitat Laubwald).

geringere Flächenanteile ein und sind für die im Detektor gut erfassbaren Arten offensichtlich weniger attraktiv. An den „Gehölzelementen“ und im „Gebäudeumfeld“, die beide nur geringe Flächenanteile einnehmen, kam es zu einer Konzentration der Fledermausaktivität.

Die Lebensraumtypen unterschieden sich deutlich hinsichtlich der Anzahl und der relativen Häufigkeit der Fledermausarten (Abb. 3), wobei die Artenzahl nicht mit der Fläche korrelierte (Spearman-Rangkorrelationskoeffizient  $r = 0,12$ ,  $p = 0,4$ ). Im „Laubwald“ wurden die meisten Arten (11) nachgewiesen, im „Offenland“ gelang lediglich 1 Artnachweis. Auch an den „Stillgewässern“ und im „Mischwald“ war die Artenzahl gering (3). Die übrigen Lebensräume lagen mit 5 bis 7 Arten im mittleren Bereich.

Das Auftreten der einzelnen Arten (Abb. 4) spiegelt weitgehend ihre aus der Literatur für Mitteleuropa bekannten Habitatsprüche wieder (Tab. 1): Die Fransenfledermaus wurde in den Wäldern sowie Ställen angetroffen, während Wasserfledermäuse an den Gewässern und in geringerem Umfang im Laubwald auf Beutefang gingen. Die Bartfledermäuse waren in fast allen Lebensräumen zu finden, wobei der Schwerpunkt ihrer Aktivität in den Wäldern lag. Auffällig ist die Verteilung der Nachweise beim Großen Mausohr (Abb. 4). Zwar jagten die Tiere auch im Wald, doch stammten die meisten Belege aus dem Gebäudeumfeld. Die Unterschiede im

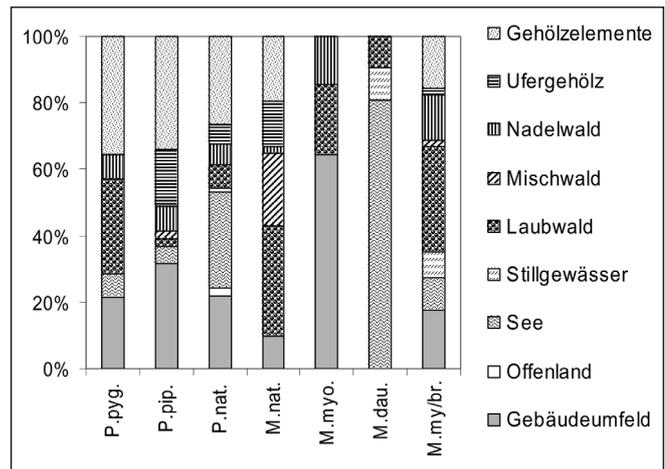


Abb. 4

Habitatnutzung der regelmäßig angetroffenen Fledermausarten (Anteil der Rufnachweise).

Habitat use of frequently recorded bat species (percentage of recorded calls).

*P. pyg.*: *Pipistrellus pygmaeus* (Mückenfledermaus), *P. pip.*: *Pipistrellus pipistrellus* (Zwergfledermaus), *P. nat.*: *Pipistrellus nathusii* (Rauhautfledermaus), *M. nat.*: *Myotis nattereri* (Fransenfledermaus), *M. myo.*: *Myotis myotis* (Großes Mausohr), *M. dau.*: *Myotis daubentoni* (Wasserfledermaus), *M. my/br.*: *Myotis mystacinus* und *Myotis brandtii* (Kleine und Große Bartfledermaus).

Auftreten dieser *Myotis*-Arten waren signifikant (Friedman-Test,  $p = 0,04$ ).

Auch die *Pipistrellus*-Arten unterschieden sich signifikant hinsichtlich der Habitatnutzung (Friedman-Test,  $p = 0,01$ ). Zwar nutzten alle drei Gehölzstrukturen des Offenlandes und das Umfeld der Gebäude in großem Umfang, doch nur die Mückenfledermaus trat regelmäßig im Laubwald auf. Die Rauhautfledermaus wiederum suchte deutlich häufiger Gewässer zur Nahrungssuche auf, als die beiden anderen Arten.

Im Falle der seltenen Arten (Abendsegler, Kleinabendsegler, Mopsfledermaus, Wimperfledermaus und Braunes Langohr) lassen sich zwar aufgrund der wenigen Lautaufnahmen keine Aussagen zu Habitatnutzung treffen, doch spricht für die wichtige Rolle der Wälder auf Herrenchiemsee als Fledermaus-Nahrungshabitat dass, abgesehen vom Abendsegler, nahezu alle Nachweise dieser Gruppe aus Waldhabitaten stammen.

#### 4. DISKUSSION

Die Habitatnutzung der Fledermäuse auf der Herreninsel belegt die herausragende Bedeutung des Waldes und insbesondere des Laubwaldes als Jagdlebensraum für diese Tiergruppe. Alle 11 im Zuge der Untersuchung nachgewiesenen Fledermausarten konnten im Laubwald der Herreninsel angetroffen werden. Für eine weitere Art, die Kleine Hufeisennase, wurde durch Telemetrie im selben Untersuchungsgebiet belegt, dass sie ebenfalls überwiegend im Laub- und Mischwald jagt (ZAHN et al., 2008).

Einschränkend muss jedoch angemerkt werden, dass über die Fledermausaktivität über dem Chiemsee in größerer Entfernung zum Ufer bisher keine Aussage gemacht werden kann. Möglicherweise ist die freie Seefläche für einige Arten ein wichtiges Jagdhabitat. Da Fledermäuse jedoch gerne im Windschatten der Ufergehölze jagen (NYHOLM, 1965; ZAHN und MAIER, 1997), ist eine höhere Fledermausdichte eher in Ufernähe zu erwarten, also im durch die Untersuchung durchaus abgedeckten Bereich.

In zwei Fällen, dem Gebäudeumfeld und den Gehölzelementen, kam es zu einer besonderen Konzentration der Fledermausaktivität in kleinflächigen Habitaten. Lineare Gehölzelemente werden von Fledermäusen als Leitlinien beim Flug durch offenes Gelände genutzt (LIMPENS und KAPTEYN, 1991), so dass hier mit einer verstärkten Aktivität vorbeifliegender Tiere gerechnet werden kann. Die wenigen Gebäude auf der Insel wiederum, spielen auch als Quartier eine bedeutende Rolle, so dass die aufgenommenen Laute sicher in geringerem Umfang als im Fall anderer Habitats die Jagdaktivität widerspiegeln.

Einen Sonderfall stellt das Mausohr dar, das auf Herrenchiemsee überwiegend im Gebäudeumfeld angetroffen wurde. Freier Waldboden, das vom Mausohr bevorzugte Jagdhabitat (ARLETTAZ, 1996; RUDOLPH et al., 2004; ZAHN et al., 2005) war auf der Herreninsel ausgesprochen selten. Die Wege und Rasenflächen im Umfeld der Gebäude eignen sich hingegen durchaus zu Jagd bodenlebender Insekten (GÜTTINGER, 1997).

Die Attraktivität von Grenzlinien und Lichtungen in Wäldern für Fledermäuse, die auch in anderen Untersuchungen festgestellt wurde (GRINDAL, 1996; PATRIQUIN und BARCLEY, 2003) gilt nicht für alle Arten der Herreninsel. Sowohl Mausohr also auch Huftisen-nase und Wimperfledermaus jagen im Wald inmitten des Bestandes, solange die Vegetation nicht zu dicht ist (FRIEMEL und ZAHN, 2004; KRULL et al., 1991; RUDOLPH et al., 2004; WEINER und ZAHN, 2001). Generell erlauben Freiflächen in Wäldern, weniger wendigen Arten, wie z.B. dem Kleinabendsegler, die ansonsten eher im Offenland jagen, die Nutzung des Waldes als Jagdlebensraum, während „Gleaner“, wie z.B. das Braune Langohr oder die Bech-

steinfledermaus durchaus in geschlossenen Wäldern zu finden sind (MESCHEDÉ und HELLER, 2000; PATRIQUIN und BARCLEY, 2003).

Die auf der Herreninsel festgestellte große Bedeutung des Waldes als Jagdlebensraum wird für die Arten Kleine Huftisen-nase, Fransenfledermaus, Großes Mausohr, Wimperfledermaus, Große Bartfledermaus, Mopsfledermaus, Braunes Langohr und Mücken-fledermaus auch durch Untersuchungen in anderen Gebieten bestätigt (BONTADINA et al., 2002; GLENDELL und VAUGHAN, 2005; HELVERSEN und KOCH, 2004; HORACEK und DULIC, 2004; KRAUS, 2004; KRULL et al., 1991; MESCHEDÉ und HELLER, 2000; RUSSO et al., 2004; SIERRO, 1999). Dennoch überrascht die Konzentration der Fledermausaktivität in den Laubwäldern der Insel, da durch den See bzw. die breiten, mit Schilf und Gehölzen bestandenen Uferzonen weitere, nahrungsreiche Habitats zur Verfügung stehen, die für Fledermäuse attraktive Jagdlebensräume darstellen (DRESCHER, 2004; RUSSO und JONES, 2003; ZAHN und MAIER, 1997). Dadurch unterscheidet sich die Herreninsel von vielen anderen Untersuchungsgebieten, in denen landwirtschaftlich genutzte Areale die flächenmäßig bedeutendste Alternative zu den Wäldern darstellen. Das Seeufer wurde zwar intensiv von Fledermäusen genutzt, doch spielt es nur für Wasser- und Rauhauffledermaus eine größere Rolle als Jagdhabitat. Gerade die hohe Aktivität der Rauhauffledermaus am See, einer Art die in anderen Untersuchungen Feuchtgebiete und feuchte Wälder in größerem Ausmaß nutzt, als auf Herrenchiemsee (SCHORCHT et al., 2002), belegt, dass es sich bei der Uferregion um einen überaus nahrungsreichen Lebensraum handelt. Da die meisten der auf der Insel angetroffenen Arten hinsichtlich ihrer Jagdgebietenutzung durchaus flexibel sind und

Tab. 1

**Jagdhabitats der im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen Fledermausarten in Mitteleuropa**  
(nach FRIEMEL und ZAHN, 2004; DIETZ et al., 2006; MESCHEDÉ und RUDOLPH, 2004;  
MESCHEDÉ und HELLER, 2000; WATERS et al., 1999; ZAHN und WEINER, 2004) und auf der Herreninsel.  
Literaturauswertung: X = regelmäßig genutztes Jagdhabitat, XX = besonders intensiv genutztes Jagdhabitat.  
Herreninsel: hellgrau: regelmäßig genutztes Jagdhabitat, dunkelgrau: besonders intensiv genutztes Jagdhabitat  
(nur für die regelmäßig jagend nachgewiesenen Arten angegeben).

**Foraging habitats of the recorded bat species in Central Europe (FRIEMEL and ZAHN, 2004;  
DIETZ et al., 2006; MESCHEDÉ and RUDOLPH, 2004; MESCHEDÉ and HELLER, 2000; WATERS et al., 1999;  
ZAHN and WEINER, 2004) and in the study area.**

**Data from literature: X = regularly used habitat, XX = intensively used Habitat. Data from Herreninsel:  
light grey: regularly used habitat, dark grey: intensively used habitat (only given for regularly recorded species).**

		Gebäudeumfeld / Siedlung / Ställe	Offenland	Gehölzelemente außerhalb des Waldes	Gewässer	Wald
Kleine Huftisen-nase	<i>Rhinolophus hipposideros</i>			X		XX
Braunes Langohr	<i>Plecotus auritus</i>			X		XX
Mopsfledermaus	<i>Barbastella barbastellus</i>					XX
Großes Mausohr	<i>Myotis myotis</i>		X			XX
Fransenfledermaus	<i>Myotis nattereri</i>	X	X	XX		XX
Wasserfledermaus	<i>Myotis daubentonii</i>				XX	X
Wimperfledermaus	<i>Myotis emarginatus</i>	XX		X		XX
Bartfledermäuse	<i>Myotis mystacinus/brandtii</i>	X		X	X	X
Kleiner Abendsegler	<i>Nyctalus leisleri</i>	X	X	X	X	X
Abendsegler	<i>Nyctalus noctula</i>	X	X		XX	
Zwergfledermaus	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	X		XX	XX	X
Rauhauffledermaus	<i>Pipistrellus nathusii</i>		X	X	XX	X
Mückenfledermaus	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>			X	XX	XX

opportunistisch hinsichtlich des Nahrungsangebots reagieren (MESCHÉDE und HELLER, 2000), spricht die hohe Fledermausaktivität in den Laubwäldern der Insel für die Qualität dieses Lebensraums als Nahrungshabitat. Allerdings unterliegt der Laubwald auf der Insel keiner gezielten forstwirtschaftlichen Nutzung. Viele Bäume erreichen ein deutlich höheres Alter als in Wirtschaftswäldern. Das insgesamt hohe Alter der Laubbäume (Buche, Esche, Eiche 200 bis 250 Jahre), das fast 60 bis 150 Jahre über der Umtriebszeit dieser Baumarten im Wirtschaftswald liegt, ist vermutlich ein wesentlicher Grund für die hohe Attraktivität dieser Wälder für Fledermäuse. Die Artenzahl von Insekten in alten, anbrüchigen Buchen liegt nach MÜLLER (2005) um 63 % höher als an vitalen. Dies wirkt sich auch auf die Wirbeltierfauna aus. So kommen anspruchsvollere insectivore Vogelarten wie der Mittelspecht erst in über 180 Jahre alten Beständen verstärkt vor (MÜLLER, 2005). Neben einem hohen Anteil von Altbäumen zeichnet sich der Laubwald auf der Herreninsel auch durch Strukturreichtum, eine hohe Vielfalt an Gehölzarten und einen kleinflächigen Wechsel unterschiedlich alter Bestände aus (TROIBNER, 2006). In dieser Hinsicht ist er kaum mit den in der Region verbreiteten Altersklassenwäldern vergleichbar. Die Bandbreite an Bestockungsgraden ermöglicht es Fledermausarten mit äußerst unterschiedlicher Jagdstrategie und Nahrungsnische ihr Auskommen zu finden. So haben die Hälfte der Bestände einen Bestockungsgrad unter 0,7 und weisen daher Bodenvegetation auf und gar ein Drittel war mehrschichtig aufgebaut. Auf der anderen Seite kamen auf 18 % der Fläche dicht geschlossene Bestände vor, deren Boden vegetationsfrei war und in denen das Mausohr überwiegend jagte.

Bei anderen Strukturparametern unterschied sich der Wald auf der Herreninsel hingegen kaum von Wirtschaftswäldern. So lag der Anteil des Totholzes bei 1,3 fm/ha (Durchschnitt aller Waldgesellschaften; TROIBNER, 2006); der Waldmeister Buchenwald lag mit 2,76 fm/ha an erster Stelle. Dies liegt unter den Durchschnittswerten des Bayerischen Staatswald von 3,3 fm/ha Holzbodenfläche (Auswertung von 49 Alt-Forstämtern nach KÜHNEL, 1999). Auch bei den Höhlenbäumen lag die Herreninsel mit 6,5 Höhlen pro ha (Mittelwert aller Laubwälder; SUPPAN, 2005) nur im Bereich älterer Wirtschaftswäldern, doch weit unter den Werten von Naturwaldreservaten: So stellte ZAHNER (2001) in 140 jährigen Buchenwirtschaftswäldern Unterfrankens durchschnittlich 4 Faul- und Spechthöhlen pro ha fest, in den Buchennaturwaldreservaten Waldhaus (Steigerwald) 15,2 Höhlen pro ha und im Metzger (Spessart), der seit 1925 unbewirtschaftet ist, 34,6 Höhlen/ha. Somit verbleiben die Faktoren „Altbäume“ und „Strukturdiversität“ als charakteristische Merkmale des von Fledermäusen intensiv bejagten Laubwaldes auf der Herreninsel.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt der Fachhochschule Weihenstephan (Fakultät Wald und Forstwirtschaft) und der Ludwig-Maximilians Universität München (Department Biologie II) wurde 2006 auf der Herreninsel (Chiemsee, Oberbayern) untersucht, welche Waldtypen von den vorkommenden Fledermausarten genutzt werden und welche Rolle der Wald als Jagdhabitat im Vergleich zu den Lebensräumen des Offenlandes spielt. Die Erfassung der Fledermausjagdaktivität erfolgte von Juni bis September mittels Fledermaus-Detektor (Pettersen 1000), die aufgenommenen Laute wurden am PC analysiert. Die Fledermausaktivität war in den Habitaten „Laubwald“, „Gehölzelemente außerhalb des Waldes“, „Chiemsee“ und „Gebäudeumfeld“ am höchsten. Im „Offenland“ und an den „Stillgewässern“ auf der Insel war die Fledermausaktivität am geringsten. Im „Misch“- und „Nadelwald“ sowie im „Ufergehölz“ wurden mittlere Werte erreicht. Fasst man alle Waldtypen zusammen, so wurden hier insgesamt 72 % aller

Nachweise verzeichnet. Gut ein Drittel (37%) aller Lautaufnahmen aus Waldhabitaten entfällt allerdings nicht auf dichte, geschlossene Waldbestände sondern auf Lichtungen, Waldränder und waldrandähnliche Situationen. Berücksichtigt man die Flächenanteile und berechnet welche Anteile der Gesamtaktivität auf der Insel auf die jeweiligen Habitate entfallen, so stellt der Laubwald mit Abstand das bedeutendste Jagdhabitat dar (54% der Gesamtaktivität). Insgesamt konnten 11 Arten sowie eine Artengruppe nachgewiesen werden (*Plecotus auritus*, *Myotis myotis*, *Myotis emarginatus*, *Myotis mystacinus/brandtii*, *Myotis daubentoni*, *Myotis nattereri*, *Barbastella barbastellus*, *Nyctalus noctula*, *Nyctalus leisleri*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus pygmaeus*). Im „Laubwald“ wurden 11 Arten nachgewiesen, im Offenland gelang lediglich 1 Art nachweis. Auch an den „Stillgewässern“ und im „Mischwald“ war die Artenzahl gering (3). Die übrigen Lebensräume lagen mit 5 bis 7 Arten im mittleren Bereich. Eine Analyse der Habitatnutzung war bei 7 häufiger nachgewiesenen Arten möglich. Die *Pipistrellus*-Arten jagten überwiegend an Gehölzstrukturen des Offenlandes und im Gebäudeumfeld. *Pipistrellus pygmaeus* trat jedoch deutlich häufiger als die beiden anderen Arten im Laubwald auf, und *Pipistrellus nathusii* an Gewässern. *Myotis mystacinus/brandtii* waren in fast allen Lebensräumen zu finden, wobei der Schwerpunkt in den Wäldern lag. *Myotis nattereri* wurde in den Wäldern sowie Ställen angetroffen, *Myotis daubentoni* an Gewässern und in geringerem Umfang im Laubwald. *Myotis myotis* jagte zwar wie zu erwarten im Wald, doch auch sehr häufig im Gebäudeumfeld, wo die Art ebenfalls geeignete Bedingungen für ihre Jagdweise (Insektenfang auf vegetationsarmen Bodenoberflächen) vorfand. Die Nachweise der übrigen Arten stammen fast ausschließlich aus Waldhabitaten. Dies unterstreicht die Bedeutung der Wälder auf Herrenchiemsee, die sich durch Strukturreichtum und einen hohen Anteil alter Bäume (60 bis 150 Jahre über der Umtriebszeiten im Wirtschaftswald) auszeichnen, als Fledermaushabitat.

## 6. Summary

Title of the paper: *Foraging activity of bats in different forest types, wetlands and in open habitats – a study carried out at the „Herreninsel“ (island in the Chiemsee, Bavaria).*

The research project of the University of Applied Sciences (Fakultät Wald und Forstwirtschaft) and the University of Munich (Department Biologie II) focussed on the habitat use of bats on the island „Herrenchiemsee“ in lake Chiemsee. The main object was the comparison of the foraging activity in different woodland types and in open habitats. The bat activity was recorded with the help of bat detectors (Pettersen 1000) from June until September 2006. The highest density of foraging bats was found in the habitats „deciduous woodland“, „woody elements outside forests“, „lake“ and „surroundings of buildings“, the lowest in „open areas“ and „ponds“. In „mixed woodland“, „coniferous woodland“ and „riparian woodland“ medium activity values were measured. Altogether 72% of the sound records were taken in the four types of woodlands. However, 37% of all records from woodlands were sampled at clearings, woodland edges and similar habitats, but not in dense, closed woodland.

Considering the percentage area of the habitats, about 54% of the total foraging activity of bats on the island occurs in the deciduous forest. Therefore, this woodland represents the most important foraging habitat for bats on „Herrenchiemsee“. Altogether 11 species and one pair of species were found (*Plecotus auritus*, *Myotis myotis*, *Myotis emarginatus*, *Myotis mystacinus/brandtii*, *Myotis daubentoni*, *Myotis nattereri*, *Barbastella barbastellus*, *Nyctalus noctula*, *Nyctalus leisleri*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus pygmaeus*). In „deciduous woodland“

11 species were recorded, in the “open areas” only one. At “ponds” and in “mixed woodland” the number of species was also low (3). In the other habitat types between five and seven species were found. In case of seven frequently recorded species the analyses of the habitat use was possible. *Pipistrellus* species preferred to forage around buildings and at “woody elements outside forests”, whereby *Pipistrellus pygmaeus* was observed more often in deciduous forests than the other two species and *Pipistrellus nathusii* foraged more intensively over water bodies than *Pipistrellus pipistrellus* and *Pipistrellus pygmaeus*. *Myotis mystacinus/brandtii* were detected in all habitats but preferred woodlands. *Myotis nattereri* could be found in woodlands and horse stables, *Myotis daubentoni* at water bodies and, to a lower extent, in deciduous woodland. *Myotis myotis* foraged in woodlands but also around the buildings where it found similar suitable conditions for its hunting strategy (gleaning insects from the floor). The records of the other species were made mainly in woodlands. Our findings illustrate the importance of woodland for bats on the island “Herrenchiemsee” where this habitat type is characterised by structural diversity and a high percentage of old trees.

## 7. Résumé

Titre de l'article: *L'activité des chauves-souris dans divers types de forêts, au bord des eaux et dans les espaces ouverts; recherche effectuée sur l'île Herreninsel du lac de Chiemsee, en Bavière.*

Dans un projet de recherche mené en commun par l'Université des Sciences Appliquées Weihenstephan (Faculté forestière) et l'Université Ludwig-Maximilian de Munich (Département de biologie II) on a recherché en 2006 sur l'île Herreninsel (Lac de Chiemsee, Haute Bavière) quels types de forêts sont utilisés par les espèces présentes de chauves-souris et quel rôle joue la forêt en tant qu'habitat de chasse en comparaison avec les espaces de vie des zones ouvertes. Le recensement de l'activité de chasse des chauves-souris fut mené à bien de juin à septembre à l'aide d'un détecteur de chauve-souris (Peterson 1000), les sons enregistrés furent analysés à l'aide d'un ordinateur. L'activité des chauves-souris était à son plus haut niveau dans les habitats «forêt feuillue», «buissons en dehors de la forêt», «lac de Chiemsee» et «alentours de constructions». Dans les «espaces ouverts» et auprès des «eaux dormantes» sur l'île, l'activité des chauves-souris était très réduite. Dans la «forêt mélangée» et la «forêt résineuse» ainsi que dans la «forêt ripicole» l'activité atteignait un niveau moyen. Si l'on regroupe tous les types de forêts on enregistre alors 72% de toutes les observations. Un bon tiers (37%) de tous les enregistrements sonores issus des habitats forestiers ne proviennent pas, il est vrai, de peuplements forestiers denses et fermés mais de clairières, de lisières forestières et de sites analogues aux lisières forestières. Si l'on prend en considération les proportions des surfaces et si l'on calcule quelles proportions de l'activité totale sur l'île sont à rapporter à chaque type d'habitat, on trouve que c'est la forêt feuillue qui constitue de loin le territoire de chasse le plus important (54% de l'activité totale). En tout on a pu observer 11 espèces ainsi qu'un groupe de deux espèces (*Plecotus auritus*, *Myotis myotis*, *Myotis emarginatus*, *Myotis mystacinus/brandtii*, *Myotis daubentoni*, *Myotis nattereri*, *Barbastella barbastellus*, *Nyctalus noctula*, *Nyctalus leisleri*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus pygmaeus*). Dans «forêt feuillue» on a observé 11 espèces, dans «espaces ouverts» uniquement 1 espèce. Auprès des «eaux dormantes» et dans la «forêt mélangée» le nombre des espèces était faible (3). Les autres habitats se trouvaient en position intermédiaire avec 5 à 7 espèces. Une analyse de l'utilisation des habitats fut possible dans le cas des 7 espèces les plus fréquemment observées. Les espèces de *Pipistrellus* chassaient principalement auprès des structures boisées des «espaces ouverts» et des «alentours de constructions». *Pipistrellus pygmaeus* apparut cependant plus fré-

quemment que les deux autres espèces en «forêt feuillue», et *Pipistrellus nathusii* auprès des eaux. *Myotis mystacinus/brandtii* se trouvaient dans presque tous les habitats, dans ce cas le centre de gravité se trouvait dans les forêts. *Myotis nattereri* fut observé dans les forêts ainsi que dans les écuries, *Myotis daubentoni* auprès des eaux et dans une plus faible mesure dans la forêt feuillue. *Myotis myotis* chassait certes, comme on pouvait s'y attendre, en forêt, mais aussi très fréquemment aux alentours des bâtiments où cette espèce trouvait aussi toutes prêtes les conditions appropriées à sa façon de chasser (capture d'insectes sur des surfaces de sol pauvres en végétation). Les observations des autres espèces provenaient presque exclusivement des habitats forestiers. Ceci souligne l'importance des forêts à Herrenchiemsee, qui se signalent par une richesse de structures et une forte proportion d'arbres âgés (60 à 150 ans au-dessus des révolutions des forêts de production), en tant qu'habitat pour les chauves-souris.

R. K.

## 8. Danksagung

Wir danken Herrn und Frau HOLLERIETH für die Mithilfe bei der Erfassung im Gelände, Dr. WIEGREBE und Dr. GRUNDWALD für die Unterstützung bei technischen Problemen und bei der Lautanalyse.

## 9. Literatur

- AHLÉN, I., und H. J. BAAGØE (1999): Use of ultrasound detectors for bat studies in Europe: experiences from field identification, surveys, and monitoring. *Acta Chiropterologica* **1**(2): 137–150.
- ARLETTAZ, R. (1996): Feeding behaviour and foraging strategy of free-living mouse-eared bats, *Myotis myotis* and *Myotis blythii*. *Anim Behav.* **51**, 1–11.
- ALBRECHT, K., M. HAMMER und J. HOLZHAIDER (2002): Telemetrische Untersuchungen zum Nahrungshabitatanspruch der Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*) in Nadelwäldern bei Amberg in der Oberpfalz. *Schriftenr. Landschaftspflege Naturschutz* **71**: 109–130.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (o.J.): Artenschutzkartierung Bayern (ASK). Unveröff. Artenkataster.
- BONTADINA, F., H. SCHOFIELD und B. NAEF-DAENZER (2002): Radio-tracking reveals that lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*) forage in woodland. *J. Zool., Lond.* **258**, 281–290.
- CELUCH, M. (2004): Flight activity and habitat use of bats: what is correct interpretation of bat detector data? Pages 62–63. In: W. BOGDANOWICZ, P. H. C. LINA, M. PILOT and R. RUTKOWSKI, editors. Programme and abstracts for the 13<sup>th</sup> International Bat Research Conference, Poland, Mikolajki.
- DIETZ, M., J. ENCARNACAO und E. KALKO (2006): Small scale distribution patterns of female and male Daubenton's bats (*Myotis daubentoni*). *Acta Chiropterologica* **8**(2): 403–415.
- DRESCHER, C. (2004): Bewertung von Lebensräumen des Etschufers an Hand der Jagdaktivität von Fledermäusen. *Gredleriana* **4**: 343–362.
- FRIEMEL, D. und A. ZAHN (2004): Wimperfledermaus (*Myotis emarginatus*). In: Fledermäuse in Bayern. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg). S. 166–176. Verlag Eugen Ulmer
- GLENDELL, M. und N. VAUGHAN (2005): Foraging activity of bats in historic landscape parks in relation to habitat composition and park management. *Animal Conservation* **5**, 309–316.
- GRINDAL, S. D. (1996): Habitat use by bats in fragmented forests: Pages. 260–271. In: R. M. R. BARCLAY and R. M. BRIGHAM, editors. Bats and Forests Symposium, British Columbia Ministry of Forests, Victoria, British Columbia, Canada.
- GÜTTINGER, R. (1997): Jagdhabitate des Großen Mausohrs (*Myotis myotis*) in der modernen Kulturlandschaft. *Buwal-Schriftenreihe Umwelt* **288**.
- HELVENSEN O. und C. KOCH (2004): Mückenfledermaus *Pipistrellus pygmaeus*. In: Fledermäuse in Bayern. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg). S. 227–279. Verlag Eugen Ulmer.
- HOLZHAIDER, J., E. KRINER, B. U. RUDOLPH und A. ZAHN (2002): Radio-tracking a Lesser Horse-shoe bat (*Rhinolophus hipposideros*) in Bavaria – an experiment to locate roosts and foraging sites. *Myotis* **40**: 47–54.
- HORACEK, I. und B. DULIC (2004): *Plecotus auritus* – Braunes Langohr. S. 953–999. In: FRANZ KRAPP (Hrsg.): Handbuch der Säugetiere Europas. Bd. 4. Fledertiere, Teil 2. Chiroptera 2. Aula Verlag, Wiebelsheim.
- JONES, G. (1993): Some Techniques for the detection, recording and analyses of echolocation calls from wild bats. Proceedings of the first European Bat Detector Workshop: K. KAPTEYN (ed) Netherlands Bat Research Foundation, Amsterdam: 25–35.
- KRAUS, M. (2004): Große Bartfledermaus (*Myotis brandtii*). In: Fledermäuse in Bayern. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg). S. 144–154. Verlag Eugen Ulmer.

- KRULL, D., A. SCHUMM, W. METZNER und G. NEUWEILER (1991): Foraging areas and foraging behaviour in the notch-eared bat *Myotis emarginatus* (Vespertilionidae). *Behavioural Ecology and Sociobiology* **28**: 247–253.
- KÜHNEL, S. (1999): Totholz im Bayerischen Staatswald – Ergebnisse der Totholzinventur. LWF aktuell Nr. 18. 6–12.
- LIMPENS, H. J. G. A. und K. KAPTEYN (1991): Bats, their behaviour and linear landscape elements. *Myotis* **29**: 39–48.
- MESCHEDE, A. und B. U. RUDOLPH (2004): Landesweite Auswertungen. In: *Fledermäuse in Bayern*. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.). S. 58–96. Verlag Eugen Ulmer
- MESCHEDE, A. und K. G. HELLER (2000): Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Wäldern. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 66, Bundesamt für Naturschutz.
- MÜLLER, J. (2005): Waldstrukturen als Steuergröße für Artengemeinschaften in kollinen bis submontanen Buchenwäldern. Dissertation der TU München. 227 S.
- NYHOLM, E. S. (1965): Zur Ökologie von *Myotis mystacinus* und *Myotis daubentoni*. *Ann. Zool. Fenn.* **2**: 79–123.
- PATRIQUIN, K. J. and R. M. BARCLAY (2003): Foraging by bats in cleared, thinned and unharvested boreal forest. *Journal of Applied Ecology* **40**(2003), 646–657.
- RUDOLPH, B. U., A. ZAHN und A. LIEGL (2004): Großes Mausohr (*Myotis myotis*). In: *Fledermäuse in Bayern*. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.). S. 203–231. Verlag Eugen Ulmer.
- RUSSO, D., L. CISTRONE, G. JONES und S. MAZZOLENI (2004): Roost selection by barbastelle bats (*Barbastella barbastellus*, Chiroptera: Vespertilionidae) in beech woodlands of central Italy: consequences for conservation. *Biological Conservation* **117**: 73–81.
- RUSSO, D. und G. JONES (2003): Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. *Ecography* **26**: 197–209.
- SCHORCHT, W., C. TRESS, M. BIEDERMANN, R. KOCH und J. TRESS (2002): Zur Ressourcennutzung von Flughäutflodermäusen (*Pipistrellus nathusii*) in Mecklenburg. *Schriftenr. Landschaftspflege Naturschutz* **71**: 191–212.
- SIERRO, A. (1999): Habitat selection by barbastelle bats (*Barbastella barbastellus*) in the Swiss Alps (Valais). *J. Zool., Lond.* **248**, 429–432.
- SKIBA, R. (2003): Europäische Fledermäuse. Die Neue Brehm-Bücherei 648. Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben.
- SUPPAN, B. (2005): Baumhöhlenangebot und Nutzung durch Fledermäuse und Vögel auf Herrenchiemsee (Oberbayern). Diplomarbeit Ludwig-Maximilians-Universität München. 101 S.
- TROIBNER, S. (2006): Wälder als Fledermausjagdhabitats auf der Herreninsel. Diplomarbeit Fachhochschule Weihenstephan, 73S.
- WATERS, D., G. JONES und M. FURLONG (1999): Foraging ecology of Leisler's bat (*Nyctalus leisleri*) at two sites in southern Britain. *J. Zool., Lond.* **248**(1999), 429–432.
- WEINER, P. und A. ZAHN (2001): Roosting ecology, population development, emergence behaviour and diet of a colony of *Rhinolophus hipposideros* (Chiroptera: Rhinolophidae) in Bavaria. 231–242. In: B. W. WOLOSZYN (Ed). *Proceedings of the VIII<sup>th</sup> EBRs Vol. 1, Approaches to Biogeography and Ecology of Bats*.
- ZAHN, A. und S. MAIER (1997): Jagdaktivität von Fledermäusen an Bächen und Teichen, *Zeitschrift für Säugetierkunde* **62**: 1–11.
- ZAHN, A. und P. WEINER (2004): Kleine Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*). In: *Fledermäuse in Bayern*. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz. S. 111–126. Verlag Eugen Ulmer.
- ZAHN, A. und K. KRÜGER-BARVELS (1996): Wälder als Jagdhabitats von Fledermäusen. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* **5**: 77–84.
- ZAHN, A., H. HASELBACH und R. GÜTTINGER (2005): Foraging activity of central European *Myotis myotis* in a landscape dominated by spruce monocultures. *Mammalian Biology* **70**: 265–270.
- ZAHN, A., J. HOLZHAIDER, E. KRINER, A. MAIER und A. KAYIKCIOGLU (2007): Foraging activity of *Rhinolophus hipposideros* on the Island of Herrenchiemsee, Upper Bavaria. *Mammalian Biology* **73**: 222–229.
- ZAHNER, V. (2001): Strategien zum Vogelschutz im Bayerischen Staatswald. *Abh. Ber. Mus. Heineanum* **5**, 23–29.

## The relevance of historical features for forest management in the Black Forest (Germany)<sup>1)</sup>

Institute for Landscape Management, Tennenbacher Straße 4, University of Freiburg, 79106 Freiburg, Germany

(With 5 Figures)

By A. REINBOLZ<sup>✉</sup>, A. YASUI and T. PLIENINGER

(Received July 2007)

### KEY WORDS – SCHLAGWÖRTER

*Land use; forest management; Black Forest; landscape history; grazing.*

*Landnutzung; Forstplanung; Schwarzwald; Landnutzungsgeschichte; Beweidung.*

### 1. INTRODUCTION

Modern forest management has to meet multiple demands: Besides the production of wood and other direct economic return, ecological, cultural, and social services are demanded by owners and society (MOOG and OESTEN, 2001). Especially in Germany's Southern Black Forest important groups of landowners (especially owners of small forest estates) have considerable emotional interests in the use of their forest and therefore apply management

methods not focusing on a maximized production of wood (e.g. BIELING, 2004). Local communities have an economical interest in the recreational, ecological and educational values of the forested landscape: As landscape pattern is directly connected to a feeling for local identity and scenic beauty (HUNZIKER and KIENAST, 1999), the management of present landscape composition will be a crucial factor for success in the competition for tourists (HILDEBRANDT *et al.*, 1994). Consequently it will be a major task to preserve traditional landscape elements (VOS and MEEKES, 1999; PLIENINGER *et al.*, 2006). Based on this awareness, landscape analysis has to answer the following questions:

- What elements contribute to the present characteristic landscape and what is their origin?
- Which historical context promoted the development of this landscape?
- What are possible hazards and development perspectives for these elements?
- How can forest management be optimized to maintain positive contributions of these historical landscape elements?

<sup>1)</sup> The German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) financed this study (reference number 0339978). SIGRID DEL RIO assisted in the processing of data with GIS and contributed in the structural analysis of the semi-open landscape.

<sup>✉</sup> Corresponding author: ANDREAS REINBOLZ.  
E-Mail: [andreas@reinbolz.de](mailto:andreas@reinbolz.de)

While the specific values of Black Forest pastures are well known (BOGENRIEDER, 1980; BOGENRIEDER and WILMANN, 1991; KERSTING and LUDEMANN, 1991; LIEHL and SICK, 1980; SCHWABE and KRATOCHWIL, 1987) the importance of cultural elements in forests have been neglected with few exceptions (e.g. WILMANN, 1995). This research puts special emphasis on the cultural elements and remains in the forest as an important large-scale element in the Black Forest mosaic. It documents the association of landscape elements, their origin, potential menaces, and management perspectives.

## 2. METHODS OF LANDSCAPE ANALYSIS

A cultural landscape is a multidimensional system with spatial and temporal dimensions, often called a "palimpsest". This word describes a manuscript on valuable parchment, which has been used multiple times. The old writings had been scraped off but are still visible (WILMANN, 1995). The analysis of this landscape demands a set of combined methods to understand the system comprehensively (KIENAST, 1993; KONOLD, 1996). Using a combination of methods is especially significant on wooded land, where both historical and field methods have considerable disadvantages (SWETNAM *et al.*, 1999): Historical methods do not provide high spatial resolution over long periods and therefore do not tell about the continuity of a certain forest. Field methods on the other side depend on the lifetime of remains in field conditions. The older the remains are the more difficult is the mapping. In this study the combination of historical analysis and landscape pattern analysis has been used (EDMONDS, 2001; MARKS and GARDESCU, 2001; REITHMAIER, 2001).

### 2.1 Sample Sites

Three typical parishes within the southern Black forest have been selected. The first one, Blasiwald close to the Schluchsee, consists of a settlement with scattered buildings and two clusters on 1123 ha. Blasiwald has only a small community forest and no community pastureland. The second community, Fröhnd in the Wiesental, has large amounts of commonly owned pastures and forests. It extends to 1620 ha in size and the 490 inhabitants are distributed over nine settlements. As third, Gersbach in the southern part of the Black Forest called "Hotzenwald", has an important fraction of community forest and a fairly clustered village.

### 2.2 Landscape analysis

#### *Historical documentation*

With the beginning of settlement in the Black Forest at about 1000 A.D. (BRÜCKNER, 1970) the need for regulation, documentation and communication led to an increasing output in written material. However, early original sources are hardly accessible. In addition the analysis of these information needs specialized skills, which have not been available during the study. Therefore the study mainly used secondary written sources. Altogether, 160 different sources were studied resulting in a total of 616 bits of information. This information was stored in a database and categorized for further analysis (compare BLACK *et al.*, 1998). Additional information was obtained from historical maps beginning 1777 with different levels of detail and geometric precision. Maps before the late 19<sup>th</sup> century occurred to be geometrically inaccurate which prohibited a direct digital analysis. These maps used a mainly pictorial representation of the landscape. Dimensions are usually not true to scale and the symbols used do not follow a consistent legend. But these older maps showed gradients and structures (e.g. the composition of pastures) less abstract and can therefore give valuable qualitative information about the aspect of the former landscape. 19<sup>th</sup> century maps were digitized and analyzed in the ArcView Geographical Information System. One caveat was that these maps used discrete

units and therefore systematically disregard gradients between the different land-cover units. Moreover, the definitions of the land-cover units were mostly not well documented and not maintained consistently over time. Detailed results on the historical analysis have been published separately by REINBOLZ and LUDEMANN, 2005. This article especially focuses on the comparison of land use element from the 19<sup>th</sup> century until today.

#### *Aerial photography*

Large-scale analysis of land-cover was performed using orthorectified black and white aerial photographs from the year 1996 as provided by the land surveying authorities. For the interpretation a digital representation with a resolution of 0.2 m pixel<sup>-1</sup> was used. Land-cover was determined for squares of 20 m edge length. The rationale behind was to detect land-cover gradients and to prevent forejudging on borders. A hierarchical classification was applied so that results could be used both for a fine-grained analysis and for a comparison with less detailed sources (e.g. historical maps). The results of the image analysis were ground-truthed in the field. Additionally, aerial photographs from 1968 were used for comparison.

#### *Field methods*

Based on the aerial photographs and the available maps, selected areas were terrestrially mapped in detail. Punctual, linear and spatial landscape elements were recorded in a map scaled 1:1000. This included biological and non-biological elements such as trees in homogenous stands, solitary trees, hedgerows, remains of walls and buildings, clearance mounds, tracks and irrigation ditches. All objects/stands were characterized and added to a GI-System. Besides the description, representative objects were photographed and drawn as a b/w sketch.

### 2.2 Data processing

Collected data were integrated into a GIS wherever possible to allow direct tracing and balancing of landscape changes. Particular changes in landscape inventory have been illustrated in hand-drawn maps based on the GIS-data, which allow a more vivid way of presentation. Starting from the digital maps, complexes of elements were determined which are characteristic for a certain type of historical or ongoing land-use. Values, endangerments and development perspectives for these complexes were derived from literature and from additional data about stakeholder demands collected in interviews with locals and officials.

## 3. COMPLEXES OF HISTORICAL LAND USE

While matching aerial photography and field mapping during the "landscape pattern analysis" the occurrence of historical remains within the forests was found to be arranged in complexes. These complexes have been mapped in detail in the Künabach valley in Fröhnd, and the former land-use system has been reconstructed (*figure 1*). The main constituent parts of this system are a hayfield, common grazing, and forestry complex. As many traditional land uses have been abandoned (LUICK, 2003) and forest cover has increased considerably over the past 100 years (REINBOLZ, 2004; ARBEITSKREIS FORSTLICHE LANDESPFLEGE, 1991), many remains of these land use complexes are now covered by forest.

### 3.1 Hayfield complex

#### *Field Clearance Mounds and Banks*

Fields were regularly cleared from stones and rocks to improve soil cultivation (Badisches Ministerium des Innern, 1889). Usually these rocks were piled up either as a bank or wall on the edge of a hayfield or on an acclivity or they were stored as a clearance mound on poor places within the hayfield. These clearance mounds

are usually more or less round shaped piles with diameters below 2 m and less than one meter in height. Shrubs and even beech trees (so called "Weidbuchen", *Fagus sylvatica* L., SCHWABE and KRATOCHWIL, 1987) have established in these mounds. These trees may either have found good development conditions within the stone-piles (e.g. protection from browsing and step damages) or the sites with upcoming shrubs may have been suitable used as a dump for collected stones. The more linear piles are usually found on property borders or between different land-use types. These banks are usually combined with hedgerows of beeches, hazelnut (*Corylus avellana* L.) and in some cases sycamore (*Acer pseudoplatanus*

L.) and trees from the *Prunus* genus. The differences between these banks and real stonewalls are only gradual and seem to depend on the different demands for a strong border.

#### Walls and hedges

Stonewalls can be found in two different types in the study area: The first type is formed of walls similar to stone rows as a demarcation and fortification of borderlines. The other type of wall was used for the construction of tracks and especially irrigation channels. The complex of clearance banks/stonewalls and hedgerows on borders is equivalent to the first type of walls. It had multiple func-

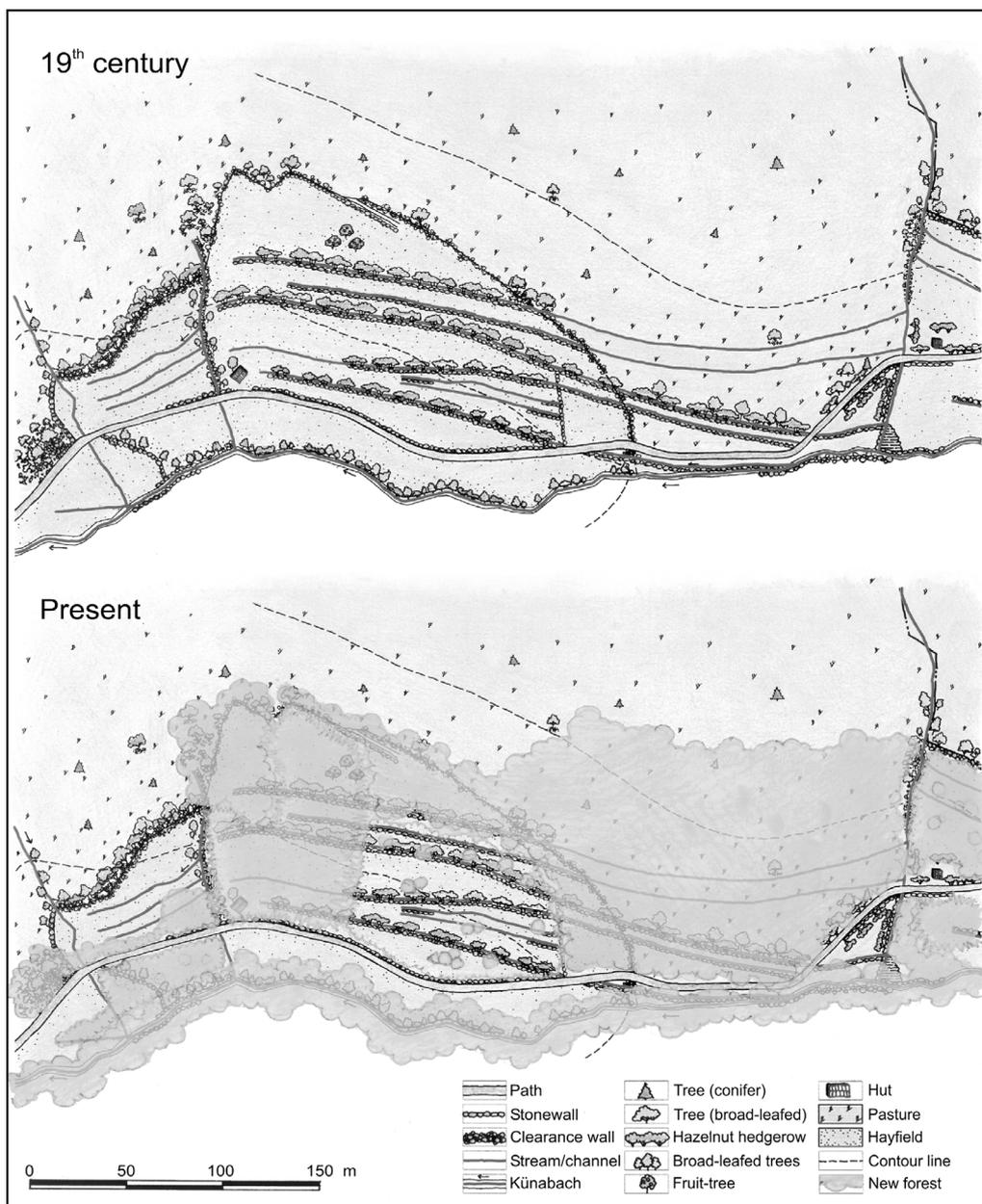


Fig. 1

Reconstruction of historical landscape at the Ebritzhalde, Künabachtal, Fröhnd (southern Black Forest).

The first map shows a reconstruction of the state in the middle of the 19<sup>th</sup> century as obtained in this study by mapping of remains. The second map shows the present forest distribution.

Main features of the historical landscape are now sheltered.

Rekonstruktion der historischen Landschaft im Gewinn Ebritzhalde, Künabachtal, Fröhnd (Südschwarzwald).

Die erste Karte zeigt eine Rekonstruktion des Zustandes in der Mitte des 19. Jahrhunderts, die aus der Kartierung von Nutzungsrelikten im Rahmen dieser Arbeit erstellt wurde. Die zweite Karte zeigt die heutige Waldbestockung. Zentrale Elemente der historischen Landschaft sind heute übershirmt.

tions: As a border it demarked the different properties. This was especially important on the border between private and common property in order to prevent cattle from intruding into hayfields and farmland. Cattle could be driven from the barn to the pastures through fortified corridors intersecting the hayfields. The living part of the stonewall complex worked as an additional fence increasing height and impermeability of the borderline. As a second function these bushes (especially hazelnut) were cut regularly for firewood. The constant effort made in building and attending these stonewalls gives a good impression of the importance of hayfields for the production of winter fodder. While these walls are not conserved in intensified grasslands today they give detailed information about the layout of the historical land-use mosaic within today's forests. The aspect of a stonewall within a forest on the Fröhnd parish area is shown in *figure 2*. Due to changes in light regime, the hedgerows of wall systems now surrounded by forest have lost viability and sometimes have died. The walls in contrast persist for a long time and were dated older than 150 years. Main hazard for this non-biological part is the disruption of structures during logging or forest road construction.

#### Irrigation channels

As the maximum fodder production was one of the crucial factors for the survival of cattle in winter, large efforts were made to maximize hayfield yields. The irrigation of hayfields was one of the most common methods to meliorate this land in the study area. Positive effects of hayfield-irrigation are the fertilization of soil with suspended particles, the activation of the soil microbes, and the extension of vegetation period by advanced snowmelt (KONOLD, 1997). For this, channels were built, which took the water from an upstream weir to the hayfields, sometimes covering a distance of many kilometers. Water from small streams from the side of the slope was also collected and introduced into the system. These channels were consolidated with stonewalls on the downhill side and with hedgerows of willow (*Salix spec.*), black alder (*Alnus glutinosa L.*), and hazelnut. Sometimes the whole channel was made of stone using large pebbles from the river. Within the area to be irrigated the distance between these channels was less than 20 m (*figure 1*). Nowadays these channels can be found in open landscape and in the forest in very different states of preservation



Fig. 2

Wall-complex with hazelnut (*Corylus avellana L.*) within the forest on the parish of Fröhnd. The shrubs are completely sheltered by a beech stand (*Fagus sylvatica L.*).

Mauer-Komplex mit Haselbüschen (*Corylus avellana L.*) innerhalb des Waldes auf der Gemarkung von Fröhnd. Die Hecken sind vollständig von einem Buchenbestand (*Fagus sylvatica L.*) übershirmt.

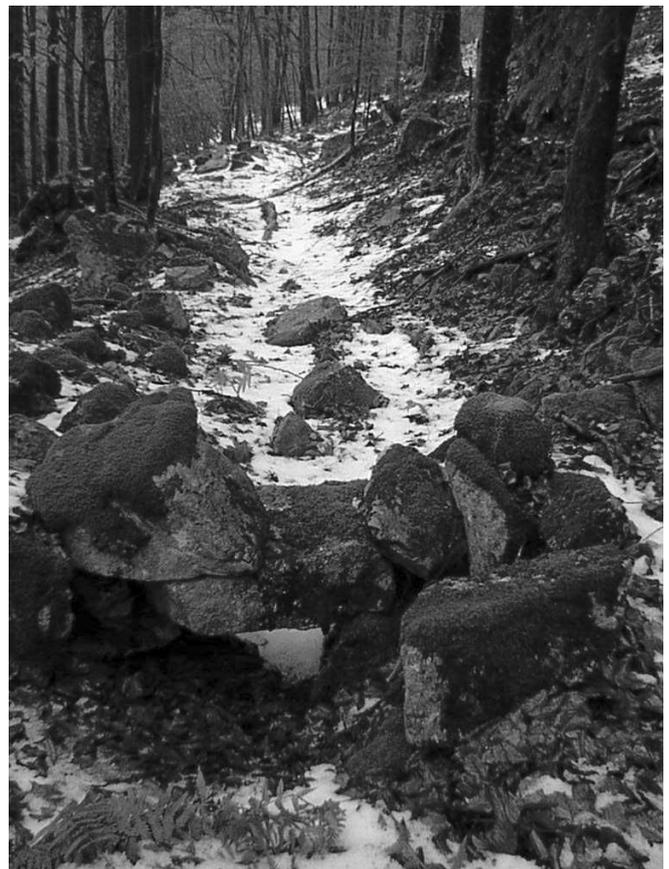


Fig. 3

Remains of an irrigation channel on the parish of Fröhnd.

Überreste eines Bewässerungskanal auf der Gemarkung Fröhnd.

(*figure 3*). Within the slightly used alluvial forest along the river the channels are still in good condition and might be even usable with little restoration effort. The more intensive forestry gets, the worse the condition of the channels becomes. Especially within single-aged stands of norway spruce (*Picea abies Karst.*) the channels can only be seen as a small step in the slope. As the construction principles of the channels are similar to those of stonewalls the main hazards are pretty much the same.

#### Field terraces and terrain steps

Field terraces and terrain steps have sometimes been built on purpose as a path or for agriculture, but more often their formation on a slope happened as a side effect of walls and channels. In these cases soil is accumulated by erosion on the upper side of the barrier as shown in *figure 4*. The wall itself had been increased and hazelnut or willow shrubs consolidated the step. This effect cannot only be observed on borderlines but also on walls and hedgerows associated with irrigation channels. The system of steps observed in the landscape can therefore be seen as a carbon copy of a historical system of walls, hedgerows, and tracks. Soil densities vary highly across the steps resulting in strong differences in the available water capacity. These differences are visible in vegetation and lead to a high diversity and patchiness on the terraces. The step itself usually consists of fertile and disturbed, often compressed soils. The conditions in these soils induce a vegetation formed by sorrel (*Rumex acetosa L.*), broadleaf dock (*R. obtusifolius L.*), common plantain (*Plantago major L.*), and shepard's purse (*Capsella bursa-pastoris L.*) – the vegetation of the step-stressed grassland (*Lolio-Plantaginietum*, WILMANN, 1993). The vegetation composition has to be seen as a result of the relief with its connected to soil water

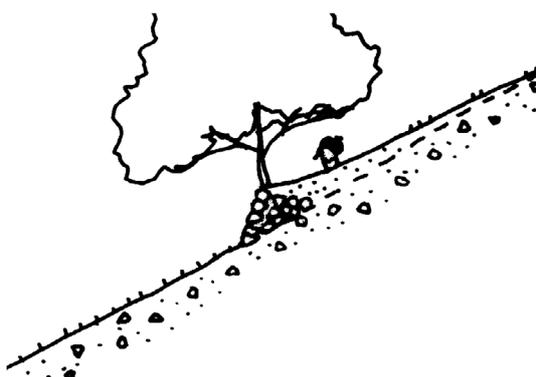
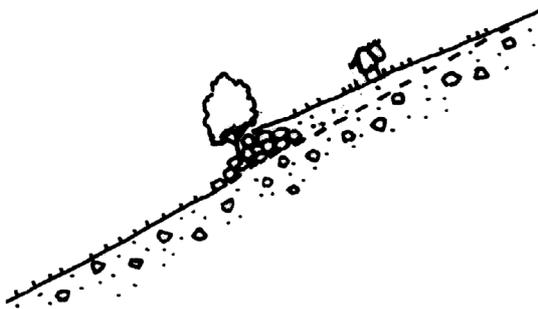
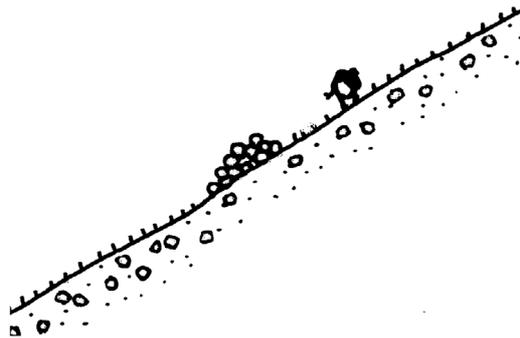
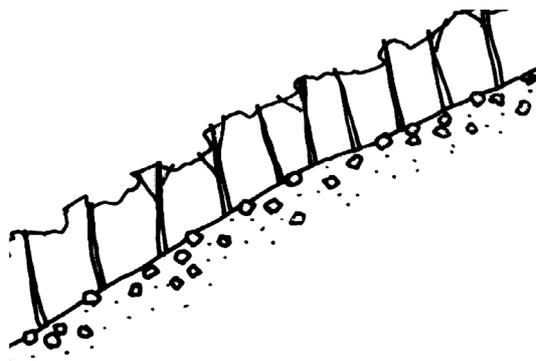


Fig. 4

Development of terrain steps by erosion at a stonewall-complex on pastureland. Starting with a wall or accumulation of fieldstones shrubs emerge. On the upper side, soil material accumulates, forming a terrain step.

Entwicklung einer Geländestufe im Weideland durch Erosion an einem Steinmauer-Komplex. An einer Mauer oder Lesesteinsammlung kommen Gehölze auf. Auf der Hangseite sammelt sich Bodenmaterial an und bildet eine Geländestufe.

regime and probably of the nutrient conditions caused by livestock and fertilizing. It cannot be seen as a direct result of a certain historical land-use. Nevertheless the steps play an important role in the micro-mosaic of vegetation within pastureland. Within forests, the visible differences in vegetation tend to wear out quickly.

### 3.2 Common grazing complex

#### Pasture Beeches

Some of the most typical elements of southern Black Forest pastureland are the outstandingly shaped solitary beech trees called "Weidbuchen" ("pasture beech", *Fagus sylvatica*). These trees differ from normal trees in their habit with several stems and a broad crown, which is a direct result of the grazing regime. Sometimes other tree species (like *Picea abies*) also occur in this physiognomy. The development of pasture beeches from a so called "Kuhbusch" ("cow bushes", figure 5) has been described by SCHWABE and KRATOCHWIL (1987), but little is known about the grazing regime necessary for a regeneration of these trees. It is assumed that herdsmen controlled and even promoted the development of these trees as a shaded resting place for cattle. The existing pasture beeches are not affected by land-use changes as long as they are kept solitary, but their regeneration is interrupted without the appropriate



Fig. 5

So called "Kuhbusch" (cow bush) on the Parish of Blasiwald. A young beech shaped by grazing cattle.

Ein sogenannter „Kuhbusch“ auf der Gemarkung Blasiwald. Eine junge Buche, die vom Weidevieh geformt wurde.

grazing regime. Surrounded by a developing forest these trees are unable to compete for light due to the lower height and the broad habit.

#### *Dispersed forest edges*

Law nowadays prescribes the separation of forest and pasture and therefore the edge between forest and pasture is usually sharp. However, the wide transient area between forest and open landscape is one of the typical elements of the Southern Black Forest landscape. Livestock grazing in forests occurs in two forms today: First, some woodlands on the edge of the meadow get included into the fenced area, possibly to provide shelter for the animals. Second and more common, a wooded area is the transient status of a site between pasture and forest. According to the aerial photographs from 1996 in Blasiwald 19% (212.9 ha) of the parish area is pastureland with significant shrubs or trees on it, which is 68% of all pastureland (311.4 ha). In this research the area sheltered by the tree layer on pasture in the community of Blasiwald was up to 75% (REINBOLZ, 2004). These sites will convert to closed forests without adequate livestock densities or mechanical clearing.

### **4.3 Forestry complexes**

The high fragmentation of forest properties in parts of Fröhnd and in the privately owned parts of Blasiwald is observable in the mosaic-like distribution of different forestry complexes. Most of them are standard forests with different levels of intervention. Dominating are even-aged stands of Norway spruce (*Picea abies*), mixed spruce and beech (*Fagus sylvatica*) stands, and often stands in transformation from even-aged to continuous cover forests. In Gersbach large areas are additionally stocked with high-value fir (*Abies alba* L.). Within these standard forests few complexes can be seen as historically important and as remains from former land-use regimes. In Fröhnd coppice forests can be found as spatial element and former forest edges as linear elements of former land uses.

#### *Coppice forests*

Coppice stands close to farms have been important throughout time for the production of firewood. In the Fröhnd area a remaining hazelnut coppice forest was mapped. This stand of 0.25 ha size consists of coppiced *Corylus avellana* bushes with 8 m in height. Mean distance between the trees is about 4 m, crown cover is nearly 100%. This forest is close to the ruins of a cabin. It is likely that this stand was used for firewood production. Its lifespan depends highly on the light regime. Surrounding standard forests can shade off the low hazelnut stand, but this menace is more important for linear hazelnut rows. However the hazelnut stand needs regular coppicing in order to maintain its typical vegetation structure.

#### *Former forest edges*

Forest area increased very much within the last 100 years. The reforestation of pastures at the edge of a forest embeds the former edges into a new closed forest area. In the Fröhnd area few of these former margins are now visible as a linear element of few hundred meters in length. The trees on the edge of the former forest are identifiable by the low position of the crown and the asymmetric crown structure.

## **4. DISCUSSION**

### **4.1 Why should historical landscape elements in the forests be protected?**

Historical landscape elements contribute positive amenities to the landscape. These are: species conservation and structural diversity, peculiarities of natural history, and regional identity and rural tourism.

#### *Species conservation and structural diversity*

The mosaic of different forest types enlarges the structural diversity of landscapes. Historical land-use systems formed a particular combination of species depending on corresponding structures. Especially solitary trees of the semi-open landscape on formerly grazed woodland or grazed succession sites are known to have an enormous potential as habitats for endangered species. This is well documented for insects (BENSE, 2002), epiphytes (NEBEL and PHILIPPI, 2000; WILMANN, 1961) and xylobiotic species (KRIEGLSTEINER, 2000). The demand for a richly structured landscape is also known for birds (KERSTING and LUDEMANN, 1991).

#### *Peculiarities of history*

The understanding of the historical context is essential for modern landscape management (KONOLD, 1996; REINBOLZ and LUDEMANN, 2001; VOLZ, 2000; WILMANN, 1980). The reconstruction of land use systems depends on the combination of historical methods and landscape analysis (REINBOLZ *et al.*, 2003). As a historical monument the protection of these "in-field"-sources preserves the possibilities for gaining new insights in former times.

#### *Regional identity and rural tourism*

The knowledge about genesis and history highly influences the attitude that local inhabitants, visitors, and tourists have towards forests and landscape (VOLZ, 2000). This history is documented within the landscape (WILMANN, 1980) but within forests history is often hidden. The possibility of perception of these elements in their spatial and historical contexts enables locals and foreigners to gain insights into landscape and a deeper experience (HILDEBRANDT *et al.*, 1994). Especially structural parameters have been found to be most important for the perception of landscape (e.g. the distribution of open and semi-open landscape, HUNZIKER and KIENAST, 1999) and have to be considered in landscape management.

### **4.2 Which concepts could be used to protect historical landscape elements?**

The preservation of walls and other remains in the forest nowadays strongly depends on the modern type of land-use: Many wall-complexes got lost within land consolidation projects in those areas suitable for modern agriculture. But the different complexes of cultural landscape in the Black Forest are endangered in different ways. Non-biological remains are more persistent as they are usually in a static state. Biological remains need a certain land use regime for development and therefore tend to disappear with changing conditions. This implies, that older remains are less obvious but more persistent than younger ones. Sensitive (biological) parts of old complexes are already adapted to the new type of land use or disappeared completely. In these cases only the non-biological parts have persisted. Typically this can be observed on remains from middle age silver mining, which are only preserved as geomorphologic pattern. Those remains are mainly endangered by mechanical impact during logging. More complicated is the conservation of biological remains. The most common ones are those belonging to the different outdated forestry types and those of the hayfield/pastureland complex. To maintain e.g. coppice forests the only possibility is coppicing. Conserving the variety of management methods is therefore the best way of conserving different forest types.

The remains of open landscape within the forest are difficult to maintain. Above all, the formation change from open landscape to forest affects lighting conditions. Functional distances between solitary habitat trees are possibly changing within forests. If the temporary conservation of biological features is desired, the liberation of former solitary trees, stonewall-complexes, and enclosed forest margins are therefore useful methods. Nevertheless the bio-

logical lifetime of these relics is limited as well. Sustainable conservation of biological remains demands regeneration. Usually this can only be done by land-use systems imitating the historical context. For this the modification of forest edges has been considered (COCH, 1995) as well as the reintroduction of forest grazing in selected areas (POTT and HÜPPE, 1994). This seems to be promising for the regeneration of at least some historical landscape features.

To take advantage of the amenities of cultural landscape (also in economical means) the conservation or revitalization is not enough: To facilitate perceptibility, the historical landscape elements should be considered in their functional context. As parts of a documented track or a hiking trail network they could work as a valuable means of education and recreation (HILDEBRANDT *et al.*, 1994) and strengthen local identity.

## 5. SUMMARY

The long land use history in the southern Black Forest (south west Germany) is nowadays visible in multiple remains within the forest. These remains were mapped by using historical sources, aerial photography and a field survey. The best-preserved complexes were found from the pastoralism-stage of the Black forest, which lasted from the 17<sup>th</sup> to the 19<sup>th</sup> century. Remains of the former pastoralism system were classified as hayfield complex with walls, hedges, clearance mounds, channels and terraces. As part of the common grazing complex they can be seen in pasture beeches and in dispersed forest edges. Within continuous forests, former management techniques can be found, e.g. coppice stands. The conservation of these features is important for the protection of species and landscape diversity, for the understanding of landscape history and for the improvement of regional identity. Management should maintain and improve these features by changing the light regime within the forest and by promoting selected land-use systems.

## 6. Zusammenfassung

Titel des Beitrages: *Bedeutung von Kulturrelikten im Wald für die heutige Landschaftsplanung im Schwarzwald (Deutschland)*.

Die Geschichte der Landnutzung im Südschwarzwald (Südwest-Deutschland) ist bis heute in vielen Relikten innerhalb der Wälder erhalten. Diese Relikte wurden anhand von historischen Quellen, Luftbildern und Kartierungen im Gelände erfasst. Die am besten erhaltenen Komplexe stammen aus der Hochzeit der Weidewirtschaft im Südschwarzwald, die vom 17. bis zum 19. Jahrhundert andauerte. Die Relikte der früheren Weidewirtschaft wurden als zusammenhängender Weidfeld-Komplex mit Mauern, Hecken, Lesesteinhäufen, Bewässerungskanälen und Terrassen identifiziert. Die ehemaligen Allmendweiden sind heute noch an Weidbüchen und an veränderten Waldrändern erkennbar. Innerhalb geschlossener Wälder wurden Relikte früherer Methoden der Waldbewirtschaftung gefunden, beispielweise Niederwälder. Die Erhaltung dieser Relikte ist für den Schutz von Arten und der Landschaftsdiversität bedeutend, für das Verständnis der Landschaftsgeschichte und zur Förderung der regionalen Identität. Modernes Management sollte diese Elemente durch ein verändertes Lichtregime im Wald und durch angepasste Landnutzungssysteme bewahren.

## 7. Résumé

Titre de l'article: *Signification des reliques culturelles en forêt dans le cadre de l'aménagement du paysage en Forêt Noire (Allemagne)*.

L'histoire de l'utilisation de l'espace rural dans le sud de la Forêt Noire (sud-ouest de l'Allemagne) s'est conservée jusqu'aujourd'hui sous la forme de nombreux vestiges dans les forêts. Ces vestiges ont été recensés à partir de sources historiques, de photographies aériennes et de cartographie de la région. Les

ensembles les mieux conservés proviennent de l'apogée de l'économie pastorale dans le sud de la Forêt Noire, qui dura du 17<sup>ème</sup> au 19<sup>ème</sup> siècle. Les vestiges des activités pastorales anciennes ont été identifiés sous la forme de complexes agropastoraux avec la présence de murs, haies, tas d'épierrage, canaux d'irrigation et terrasses. Les anciens pâturages communaux sont aujourd'hui encore reconnaissables aux hêtres de pâture et aux lisières forestières modifiées. A l'intérieur des massifs forestiers fermés on a trouvé des vestiges de méthodes anciennes d'exploitation forestière, par exemple le taillis simple. La conservation de ces vestiges est importante du point de vue de la protection des espèces et de la diversité du paysage, de la compréhension de l'histoire du paysage et pour favoriser l'identité régionale. Un aménagement moderne devrait protéger ces éléments grâce à une gestion différente de la lumière en forêt et à une politique adaptée de mise en valeur du territoire.

R. K.

## 8. References

- ARBEITSKREIS FORSTLICHE LANDESPFLEGE (1991): Waldlandschaftspflege, Ecomed Verlagsgesellschaft Landsberg/Lech, pp 52–58.
- BADISCHES MINISTERIUM DES INNERN (1889): Die Erhaltung und Verbesserung der Schwarzwaldweiden im Amtsbezirk Schönau. Malsch & Vogel, Karlsruhe.
- BENSE, U. (2002): Verzeichnis und Rote Liste der Totholz Käfer Baden-Württembergs. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. **74**, 309–361.
- BIELING, C. (2004): Non-industrial private-forest owners: possibilities for increasing adoption of close-to-nature forest management. *European Journal of Forest Research* **123**: 293–303.
- BLACK, A. E., E. STRAND, R. G. WRIGHT, J. M. SCOTT, P. MORGAN and C. WATSON (1998): Land use history at multiple scales: implications for conservation planning. *Landscape and Urban Planning* **43**: 49–63.
- BOGENRIEDER, A. (1980): Die Flora der Weidfelder, Moore, Felsen und Gewässer. *In: Der Feldberg im Schwarzwald – subalpine Insel im Mittelgebirge*. Landesanstalt für Umweltschutz (ed). Karlsruhe, pp. 244–316.
- BOGENRIEDER, A. and O. WILMANN (1991): Der Einfluß von Schaf- und Rinderbeweidung auf die Weidfeldvegetation der Feldbergkuppe. *Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* **66**, 7–30.
- BRÜCKNER, J. (1970): Der Wald im Feldberggebiet. Konkordia, Bühl.
- COCH, T. (1995): Waldrandpflege – Grundlagen und Konzepte. Neumann, Radebeul.
- EDMONDS, M. (2001): The pleasures and pitfalls of written records. *In: The Historical Ecology Handbook*. EGAN D., HOWELL E. A. (eds). Island Press, Washington D.C., pp 73–99.
- HILDEBRANDT, H., B. HEUSER-HILDEBRANDT and B. KAUDER (1994): Kulturlandschaftsgeschichtliche Zeugen in Wäldern deutscher Mittelgebirge und ihre Inwertsetzung für den Tourismus. *Mainzer Geographische Studien H*, 403–422.
- HUNZIKER, M. and F. KIENAST (1999): Potential impacts of changing agricultural activities on scenic beauty – a prototypical technique for automated rapid assessment. *Landscape Ecology* **16**: 111–116.
- KERSTING, G. and T. LUDEMANN (1991): Allmendweiden im Südschwarzwald: Eine vergleichende Vegetationskartierung nach 30 Jahren. *Ministerium f. Ländlichen Raum, Stuttgart*.
- KIENAST, F. (1993): Analysis of historic landscape patterns with a Geographical Information System – a methodological outline. *Landscape Ecology* **8**, 103–118.
- KONOLD, W. (1996): Naturlandschaft – Kulturlandschaft. ecomed, Landsberg.
- KONOLD, W. (1997): Wässerwiesen, Wölbäcker, Hackäcker: Geschichte und Vegetation alter Kulturlandschaftselemente in Südwestdeutschland. *Verh. Ges. für Ökologie* **27**, 53–61.
- KRIEGLSTEINER, G. J. (2000): Die Großpilze Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart-Hohenheim.
- LIEHL, E. and W. D. SICK (1980): Der Schwarzwald. Freiburg.
- LUICK, R. (2003): Ecological and socio-economic implications of livestock-keeping systems on extensive grasslands in south-western Germany. *Journal of Applied Ecology* **35**, 979–982.
- MARKS, P. L. and S. GARDESCU (2001): Inferring forest stand history from observational field evidence. *In: The Historical Ecology Handbook*. EGAN, D. and HOWELL, E. A. (eds.), pp. 177–198. Island Press, Washington D.C.
- METZ, R. (1980): Geologische Landeskunde des Hotzenwalds. Moritz Schauenburg Verlag, Lahr.
- MOOG, M. and G. OESTEN (2001): Forstwirtschaft in Wirtschaft und Gesellschaft. *In: Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*, 5. Erg. Lfg. 6/01. W. KONOLD, R. BÖCKER and U. HAMPICKE (eds). ecomed, Landsberg, pp. VIII-7.1.
- NEBEL, M. and G. PHILIPPI (2000): Die Moose Baden Württembergs. *In: Ulmer, Stuttgart-Hohenheim*, pp. 512.

- PLIENINGER, T., F. HÖCHTL and T. SPEK (2006): Traditional land-use and nature conservation in European rural landscapes. *Environmental Science and Policy* **9**, 317–321.
- POTT, R. and J. HÜPPE (1994): Weidetierte im Naturschutz, Bedeutung der Extensivbeweidung für die Pflege und Erhaltung norwestdeutscher Hude-landschaften. *LÖBLF-Mitt./Recklinghausen* **3**, 10–16.
- REINBOLZ, A. and T. LUDEMANN (2005): Landschaftsgeschichte. In: TEUFFEL VON, K. et al. (Hrsg.) *Waldumbau für eine zukunftsorientierte Waldwirtschaft*. Springer, Berlin, 85–149.
- REINBOLZ, A. (2004): Wächst der Südschwarzwald zu? Eine Analyse der Wiederbewaldung anhand von Luftbildern. *Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg* **94**, 75–92.
- REINBOLZ, A. and T. LUDEMANN (2001): Laubwälder der Baar – Vegetation und Geschichte des Unterhölzer Waldes als Modell? *Schriften der Baar* **44**, 71–111.
- REINBOLZ, A., T. PLIENINGER and W. KONOLD (2003): Wald oder Weidfeld? Einfache Methoden für Feld und Archiv zur Analyse der Landschaftsgeschichte des Südschwarzwalds. *Natur und Landschaft* **78**, 463–467.
- REITHMAIER, T. (2001): Maps and photographs. In: *The Historical Ecology Handbook*. EGAN, D., HOWELL, E. A. (eds). Island Press, Washington D.C., pp 121–146
- SCHWABE, A. and A. KRATOCHWIL (1987): Weidbuchen im Schwarzwald und ihre Entstehung durch Verbiß des Wälderviehs. *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* **49**, 1–120.
- SWETNAM, T. W., C. D. ALLEN and J. L. BETANCOURT (1999): Applied historical ecology: using the past to manage for the future. *Ecological Applications* **9**: 1189–1206.
- VOLZ, K.-R. (2000): Wozu Forstgeschichte? *Berichte Freiburger Forstliche Forschung* **21**, 16–27.
- VOS, W. and H. MEEKES (1999): Trends in European cultural landscape development: perspectives for a sustainable future. *Landscape and Urban Planning* **46**, 3–14.
- WILMANN, O. (1995): Die Eigenart der Vegetation im Mittleren Schwarzwald als Ausdruck der Bewirtschaftungsgeschichte. *Mitt. d. Badischen Landesver. f. Naturkunde u. Naturschutz* **16**, 227–249.
- WILMANN, O. (1980): Geschichtlich bedingte Züge in der heutigen Vegetation des Schwarzwaldes. In: *Der Schwarzwald*. E. LIEHL and W.-D. SICK (eds). Alemannisches Institut Freiburg i. Br., Bühl/Baden, pp. 129–154.
- WILMANN, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie: Eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas. Quelle & Meyer, Heidelberg.
- WILMANN, O. (1961): Rindenbewohnende Epiphytengemeinschaften in Südwestdeutschland. *Univ. Tübingen, Tübingen*.

## Untersuchungen über das Wachstum der Pinyon-Kiefer (*Pinus cembroides* Zucc.) im Nordosten Mexikos

(Mit 4 Abbildungen und 2 Tabellen)

Von J. JIMÉNEZ, O. AGUIRRE und H. KRAMER

(Angenommen Dezember 2007)

### SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

*Pinyon-Kiefer; Pinus cembroides* Zucc.; *Pinyon-Samen; Mexiko. Mexican Pinyon; Pinus cembroides* Zucc.; *pinyon-seed; Mexico.*

### 1. EINLEITUNG

*Pinus cembroides*, die „mexikanische Pinyon“, ist eine in den semiariden Gebieten Mexikos sehr verbreitete Kiefernart. Die relativ kleinen Pinyon-Kiefern weisen eine große Trockenresistenz auf. Sie erreichen eine Baumhöhe von 5–15 m und bilden eine runde Krone. Ihre kugelförmigen Zapfen sind rötlich oder hellbraun. Die Pinyon Samen sind dunkelbraun, 13 mm lang und 7–8 mm breit. Sie werden als Nahrung gesammelt und zu hohen Preisen verkauft (PERRY, 1991). Das Pinyon-Holz hat keine gute Qualität, wird aber zum Bau kleiner Hütten, für Türen, Pforten und vor allem als Feuerholz verwendet (SMITH, 1988; CHONSACKY, 1996, 1997). Junge Bäume werden gerne als Weihnachtsbäume benutzt (PERRY, 1991; ALANIS et al., 1996, McDONALD und FIDDLER, 2004). Die Baumart kommt vor allem in der Sierra Madre Occidental und der Sierra Madre Oriental in einem Grenzstreifen zwischen der ariden Wüste und dem höher liegenden, mehr humiden Gebirge vor.

Das Hauptvorkommen von *Pinus cembroides* im Osten Mexikos liegt im Staat Nuevo León. Hier befindet sich offenbar auch das größte Pinyonsamen-Produktionsgebiet Mexikos (RZEDOWSKY, 1986).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, in klimatisch unterschiedlichen Waldgebieten, der in Nuevo León liegenden Sierra Madre Oriental Struktur und Höhenwachstum der Pinyonwälder zu untersuchen und einen Bonitätsrahmen für diese Baumart aufzustellen. Außerdem sollten Zusammenhänge zwischen Samenproduktion und Wachstum geprüft werden.

### 2. UNTERSUCHUNGSGEBIET

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über einen ca. 230 km langen und 20 km breiten, in nordsüdlicher Richtung verlaufenden Streifen am Westrand der Sierra Madre Oriental. Seine Nordgrenze befindet sich etwa 20 km südlich von Monterrey. Im Süden erreicht es die Grenze zwischen Nuevo León und den Staaten Tamaulipas und San Luis Potosí (*Abb. 1*).

Dies physiographisch zur Region Sierra Madre Oriental gehörende Gebiet ist in drei Subregionen gegliedert, deren Pinyonwald getrennt bearbeitet werden soll. Das Waldgebiet I liegt in der Subregion 1 „Sierras y Llanuras Coahuilenses“ (Gebirge und Ebenen von Coahuila), das Waldgebiet II in der Subregion 2 „Gran Sierra Plegada“ (Großes Faltengebirge) und das Waldgebiet III in der Subregion 3 „Sierras y Llanuras Occidentales“ (Westliche Gebirge und Ebenen).

Das Waldgebiet I befindet sich im südlichen, bereits in Nuevo León liegenden Bereich der Subregion I mit einer Höhenlage zwischen 1000 m und 1500 m über NN. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt 643 mm, die Jahresmitteltemperatur 13,2°C im Rahmen von 7°C und 20°C. Der Hauptbodentyp ist Lithosol, ein Rohboden aus kompaktem Kalkgestein. In diesem Gebiet herrschen Buschwälder vor aus *Quercus*, *Pinus* und *Juniperus* (INEGI, 1986).

Das Waldgebiet II liegt in der Subregion 2 bei einer Höhenlage zwischen 2000 m und 2500 m über NN. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt 747 mm, die Jahresmitteltemperatur 16,9°C im Rahmen von 10°C und 24°C. Der Bodentyp Lithosol entspricht dem des Waldgebietes I. Die am meisten verbreiteten Vegetationstypen sind ungleichaltrige Kiefernwälder und Kiefern-Eichen- Mischwälder.

Das Waldgebiet III in der Subregion 3 befindet sich im äußersten Süden von Nuevo León bei einer Höhenlage zwischen 1500 m und 2000 m über NN. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt lediglich 503 mm, die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 18,6°C

im Rahmen von 14°C und 22°C. Als Bodentyp wird Xerosol, ein trockener Rohboden angegeben. Die Hauptvegetationstypen dieses Gebietes bilden Buschwälder, Prosopiswälder und Wacholder-Kiefern Mischwälder. *Pinus cembroides* ist mit *Yucca* und buschförmigen Eichen vergesellschaftet (ECKELMANN, 1990).

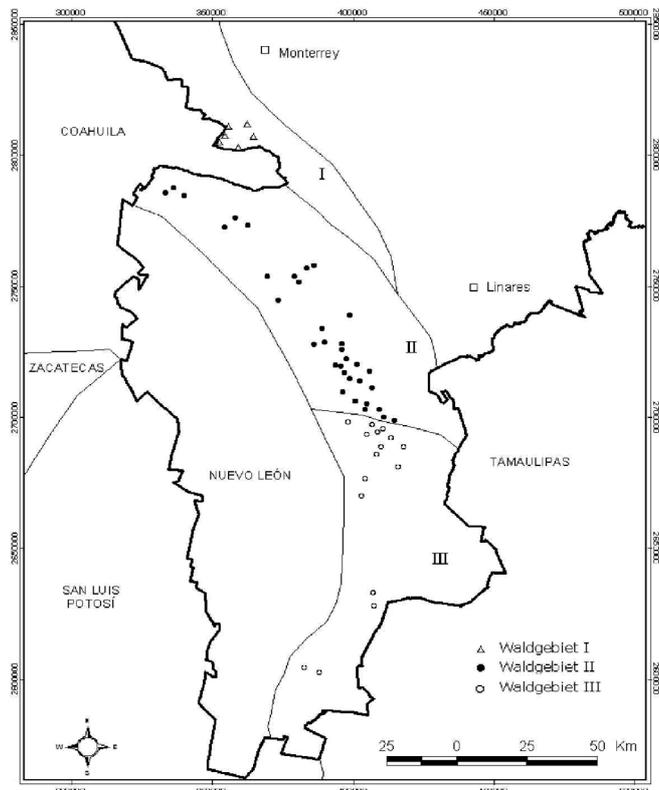


Abb. 1

Untersuchungsgebiet im Süden von Nuevo Leon.  
Verteilung der Probeflächen auf drei Waldgebiete.

Investigation area in the South of Nuevo Leon.  
Location of the sample plots in three forest regions.

### 3. AUFNAHMEMETHODIK

Am Westrand der Sierra Madre Oriental wurden 56 kreisförmige Probeflächen von 0,05 ha Größe aufgenommen, die so verteilt waren, dass verschiedene Standorte sowie Unterschiede in Bestandesalter und Bestandesdichte erfasst werden konnten. Entsprechend der Bedeutung und der Größe des Waldes wurden im Waldgebiet I lediglich 6, im Gebiet II 34 und im Gebiet III 16 Flächen aufgenommen. Für jeden Baum wurden Brusthöhendurchmesser ( $d_{1,3}$ ), Baumhöhe ( $h$ ) und Baumalter ( $t$ ) ermittelt. Das Alter wurde bei einer Höhe von 30 cm über dem Boden durch Entnahme von Bohrkernen bestimmt. Hierbei wurde die Anzahl der ermittelten Jahrringe als Alter betrachtet. Die Anzahl der Jahre, die die Jungpflanzen bis zur Erreichung einer Höhe von 30 cm benötigen ist im Einzelfall sehr unterschiedlich und konnte nicht berücksichtigt werden.

Für jede Probefläche wurden die arithmetische Mittelwerte für Alter ( $\bar{t}$ ), Höhe ( $\bar{h}$ ) und Brusthöhendurchmesser ( $\bar{d}_{1,3}$ ) bestimmt. Die Stammzahl ( $n$ ) wurde auf ein Hektar umgerechnet ( $N/ha$ ). Ferner wurde der mittlere Schlankheitsgrad der Bäume ( $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ ) ermittelt.

Da in dem Untersuchungszeitraum kein Mastjahr war, konnte eine detaillierte Forschung über die Samenproduktion nicht durchgeführt werden. Es erfolgten so lediglich Befragungen bei den Mitgliedern der Waldgenossenschaften in den Gebieten II und III. Hierbei war zu beantworten, ob in ihrem Gebiet die Samenernte bei den Pinyon-Kiefern während des letzten Jahrzehntes gut, mittel oder schlecht war. Das Waldgebiet I liegt in einem Naturschutzgebiet, in dem das Sammeln der Samen verboten ist.

### 4. BONITÄTSRAHMEN UND BONITIERUNG

Zur Bestimmung der Wuchsleistung wurde anhand der Alters-Höhenwerte der insgesamt aufgenommenen 961 Probebäume eine Altershöhenkurve nach der Regressionsgleichung  $h = a_0 * t^{a_1} +$

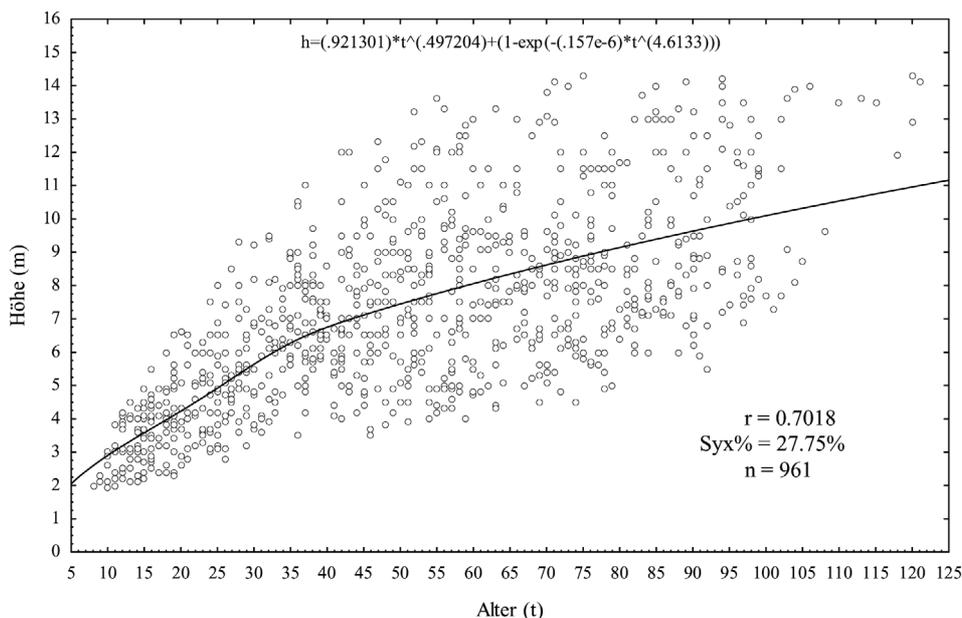


Abb. 2

Alters-Höhenwerte der insgesamt 961 Probebäume und Altershöhenkurve (nach Payandeh).

Age-height values of the 961 sample trees and age-height curve (according to Payandeh).

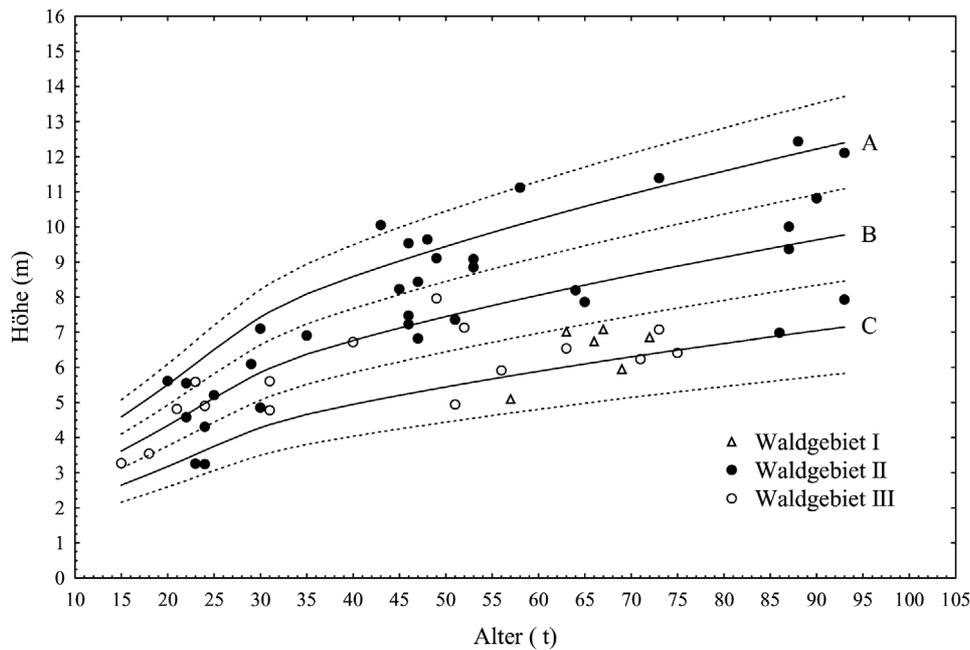


Abb. 3

Vergleich der Wuchsleistung (arithmetische Mittelhöhe über entsprechendem Alter) der einzelnen Probeflächen (Waldgebiet I, II und III) im Rahmen eines Bonitätsfächers mit drei Bonitäten (A, B, C = gutes, mittleres und geringes Höhenwachstum).  
 Growth comparison (mean height over age) of the sample plots (forest region I, II and III) with a site classes fan (A, B, C).

$(1 - \exp(-a_2 * t^{(a_3)}))$  von Chapman und Richards modifiziert von PAYANDEH (1994) und VARGAS (1999) berechnet (Abb. 2). Sie wurde als Basis für die Aufstellung eines Bonitätsfächers mit drei Bonitäten (A, B, C = gutes, mittleres und geringes Höhenwachstum) verwendet (Abb. 3).

Um einen besseren Vergleich der Wuchsleistung der einzelnen Probeflächen sowie der drei Waldgebiete zu ermöglichen, wurde zusätzlich für alle Probeflächen die absolute Höhenbonität als Höhe des Mittelstammes im Alter von 50 Jahren mittels der „Guide Curve Method“ von ZEPEDA und RIVERA (1984) bestimmt. Das Bezugsalter entspricht dem Durchschnittsalter sämtlicher Proben.

### 5. ERGEBNISSE

Kennzeichnend für die untersuchten Waldgebiete ist ihre Bestandesstruktur. Selbst bei den relativ kleinen Probeflächen mit einer Größe von 500 m<sup>2</sup> und einer Stammzahl zwischen 9 und 29 Stück ist allgemein eine Altersdifferenz der Probebäume von mehreren Jahrzehnten festzustellen. Entsprechend hoch sind die Differenzen von Baumhöhen und Brusthöhendurchmessern auf kleinster Fläche.

Dank der lockeren bis lichten Bestockung ohne jeden Kronenschluss haben die Bäume einen sehr niedrigen Schlankheitsgrad. Er liegt bei den Probeflächen zwischen 22 und 59. Bei Darstellung der mittleren Schlankheitsgrade der Probekreise über dem Alter konnte kein Einfluss des mittleren Baumalters auf den  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ -Wert nachgewiesen werden. Auffallend war lediglich die große Streuung der Schlankheitsgrade bei gleichem Alter. Um die möglichen Ursachen hierfür zu ergründen, wurde in Tabelle 1 der mittlere Schlankheitsgrad ( $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ ) bei etwa gleich alten Probeflächen und unterschiedlicher Baumhöhe und Stammzahl getrennt für Jungbestände (15 bis 24 Jahre alt), mittelalte Bestände (43 bis 49 Jahre) und Altbestände (73 bis 93 Jahre) dargestellt. Bei den jungen Beständen mit Mittelhöhen zwischen 3 und 5 Metern variiert der Schlankheitsgrad

Tab. 1  
 Mittlere Schlankheitsgrade ( $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ ) bei etwa gleichaltrigen Probeflächen und unterschiedlicher Stammzahl.  
 Mean  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ -index in sample plots with similar age and different number of trees.

Probefläche Sample plot Nr.	Durchschnitts Alter, Mean age Jahre, Years	Mittelhöhe Mean height m	$\bar{d}_{1,3}$ cm	N/ha	$\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$
Junge Bestände (Young stands)					
13	24	3,2	14,1	220	23
14	23	3,3	14,6	260	22
8	15	3,3	8,6	460	38
19	18	3,5	11,6	300	30
11	24	4,3	18,8	580	23
12	22	4,6	18,8	560	24
18	21	4,8	15,2	240	32
Mittelalte Bestände (Middle-aged stands)					
42	47	6,8	13,8	580	49
7	46	7,2	28,9	260	25
37	46	7,5	16,8	360	45
25	49	8,0	29,1	300	27
6	45	8,2	37,3	340	26
10	47	8,4	31,1	320	27
9	49	9,1	37,7	280	24
41	46	9,5	21,2	300	45
36	48	9,6	21,2	360	44
56	43	10,8	17,9	400	59
Altbestände (Old stands)					
30	86	7,0	25,8	280	27
29	93	7,9	26,5	340	30
32	87	9,4	36,5	300	26
33	87	10,0	27,9	340	43
43	90	10,8	25,3	340	43
46	93	12,1	32,7	380	37
44	88	12,4	33,1	360	39
55	73	11,5	21,0	460	55

Tab. 2

**Wachstum der Waldgebiete: Gebietsmittelwerte sowie in Klammern die Maxima und Minima der Mittelwerte bei den Probeflächen.**

**Growth of the forest regions: Arithmetic means of the regions and maximal and minimal values from sample plots (in brackets).**

Waldgebiet Forest Region	$\overline{\text{Alter}}$ (Jahre) $\overline{\text{age}}$ (years)	$\bar{h}$ (m)	$\bar{d}_{1,3}$ (cm)	$\bar{h} / \bar{d}_{1,3}$	$N/ha$	Höhenbonität * Site Index (m)*
I	66 (57 - 72)	6,5 (5,1 - 7,1)	17,1 (14,9 - 19,7)	38 (33 - 42)	380 (300 - 480)	5,7 (4,8 - 6,3)
II	51 (20 - 93)	7,9 (3,2 - 12,4)	22,6 (13,8 - 37,7)	36 (22 - 59)	341 (180 - 580)	8,0 (4,9 - 10,7)
III	43 (15 - 75)	5,7 (3,3 - 8,0)	18,5 (8,6 - 29,1)	31 (26 - 38)	334 (180 - 460)	6,6 (4,9 - 8,6)

\* Absolute Höhenbonität = Mittelhöhe im Alter von 50 Jahren.

\* Site index = mean height at an age of 50 years.

unabhängig von Alter, Stammzahl und Baumhöhe zwischen 22 und 38. Das ist bei diesen niedrigen Bäumen auch verständlich. Selbst bei dem dichtesten Bestand mit 580 N/ha (Probefläche 11) beträgt der durchschnittliche Baumabstand noch über 4 m.

Bei den mittelalten und alten Beständen kann man beobachten, dass bei nahezu gleich alten Probeflächen die Fläche mit der größeren Stammzahl und Mittelhöhe oft einen höheren mittleren  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ -Wert aufweist. Der 47 Jahre alte Probebestand Nr. 42 weist bei einer Mittelhöhe von lediglich 6,8 m und einer Stammzahl von 580 Bäumen je ha einen  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ -Wert von 49 auf. Die Probefläche Nr. 56 mit einer Mittelhöhe von nahezu 11 m und einer Stammzahl von 400 Bäumen je ha hat den höchsten  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ -Wert aller Probeflächen (59). Einen besonders hohen  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ -Wert erreicht bei den Altbeständen Probefläche Nr. 55. Der 73 Jahre alte Probebestand hat bei einer Stammzahl von 460 Bäumen je ha und einer Mittelhöhe von 11,5 m einen Schlankheitsgrad von 55. Die stammzahlarmen Probeflächen 7, 25, 9, 10, 30 und 32 haben bei einer Stammzahl zwischen 260 und 320 Stück je ha  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ -Werte zwischen 24 und 27.

Den Einfluss der Mittelhöhe kann man bei man bei Probeflächen mit gleicher Bestandesdichte beobachten. Bei einer Stammzahl von 340 Stück je ha haben die Probeflächen Nr. 6 ( $h = 8,2$  m) und Nr. 29 ( $h = 7,9$  m)  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ -Werte von 26 und 30, die 2 m höheren Probebestände Nr. 33 ( $h = 10,0$  m) und Nr. 43 ( $h = 10,8$  m) einen Schlankheitsgrad von 43.

Im gesamten Untersuchungsgebiet liegt bei den 961 Probeflächen der Rahmen des Alters zwischen 8 und 121 Jahren, der Höhe zwischen 1,9 m und 14,3 m und des Brusthöhendurchmessers zwischen 5,0 cm und 53,4 cm.

Zum Vergleich der durchschnittlichen Wuchsleistung in den drei Waldgebieten werden in *Tabelle 2*, deren wichtigsten durchschnittlichen Daten sowie die Maxima und Minima der Mittelwerte in den Probeflächen angegeben.

In den drei Waldgebieten ist der Altersaufbau unterschiedlich. So besteht das Waldgebiet I vor allem aus mittelalten und alten Bäumen. Der älteste Baum der Probefläche Nr. 52 zählt 108 Jahre. Das Waldgebiet II zeigt eine besonders große Variationsbreite der Durchschnittsalter auf den Probeflächen. In mehreren Aufnahme-flächen wurden Baumalter von über 100 Jahren gemessen. Der älteste Baum zählte 121 Jahre. Das geringste Durchschnittsalter hat mit 43 Jahren das Waldgebiet III.

Die Durchschnittshöhe der Pinyon-Kiefern in dem Untersuchungsgebiet wird durch ihr Alter und den Standort bedingt. So hat das Waldgebiet II eine Durchschnittshöhe von 7,9 m. Die maximale Mittelhöhe der Probeflächen beträgt 12,4 m. Die entsprechenden Baumhöhen der Waldgebiete I und II liegen deutlich darunter. Die Differenzen zwischen den mittleren Baumdurchmessern in den drei Gebieten entsprechen deren Höhen.

Die durchschnittlichen Schlankheitsgrade der Gebiete I und II gleichen sich weitgehend. Bedingt durch einen höheren Anteil an Jungbeständen ist der  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ -Wert im Gebiet III niedriger. Bei der durchschnittlichen Stammzahl ( $N/ha$ ) ist kein wesentlicher Unterschied zwischen den Waldgebieten festzustellen. Auffallend sind jedoch die großen Unterschiede bei der Bestandesdichte der einzelnen Probeflächen. So variiert bei dem Waldgebiet II die Stammzahl je ha zwischen 180 und 580.

In *Abbildung 3* wird die Höhenwuchsleistung (arithmetische Mittelhöhe über dem entsprechenden Alter) sämtlicher Probeflächen getrennt nach Waldgebieten dargestellt. Bei den jüngeren Waldbeständen ähneln sich die Mittelhöhen der Probeflächen der Waldgebiete II und III weitgehend. In den mittelalten und alten Beständen ist das Höhenwachstum in den Probekreisen des Waldgebietes II im Allgemeinen demjenigen der Gebiete I und III deutlich überlegen.

Zur Beurteilung der Wuchsleistung des Waldes ist die absolute Höhenbonität am besten geeignet. Wie schon an anderer Stelle erwähnt, wird sie hier als Mittelhöhe im Alter von 50 Jahren verwendet (*Tab. 2*). Das Waldgebiet II ist mit einer durchschnittlichen Höhenbonität von 8,0 den beiden anderen Gebieten (III:6,6; I:5,7) wesentlich überlegen. Sie erreicht maximal sogar eine Bonität von 10,7. Bei allen Gebieten, besonders im Waldgebiet II ist eine große Varianzbreite der Höhenbonitäten ihrer Probeflächen festzustellen. Im gesamten Untersuchungsgebiet gibt es Probeflächen mit extrem niedrigen Höhenbonitäten (4,8 bzw. 4,9). Im Waldgebiet II mit insgesamt 34 Probeflächen, liegen die beiden Flächen mit der geringsten Bonität (Fläche Nr.13 mit Bonität 4,9 und Nr. 14 mit 5,0) nahe beieinander.

Die Frage der Samenproduktion in den drei großen Waldgebieten konnte nicht befriedigend beantwortet werden. Die Befragung der örtlichen Bevölkerung ergab, dass die bisherige Ernte im Waldgebiet II gut, im Gebiet III schlecht war.

## 6. DISKUSSION

Die bisherige Untersuchung zeigt deutlich, dass *Pinus cembroides* im Waldgebiet II ein deutlich besseres Höhenwachstum als in den beiden trockneren Randgebieten I und III hat. Dies ist offensichtlich klimatisch bedingt. Auffallend ist jedoch die besonders starke Varianz der absoluten Höhenbonität bei den 34 Probeflächen dieses Waldgebietes. Es ist daher erforderlich, dass bei der weiteren Bearbeitung dieses Projektes eine genaue Beschreibung der Einzelstandorte durchgeführt wird.

Der hier ermittelte Bonitätsfächer für *Pinus cembroides* in der Sierra Madre Oriental gibt einen guten Einblick in das Höhenwachstum dieser Baumart in Nuevo León. Es bietet sich an, diese Höhenkurven mit denen von *Pinus pinea* zu vergleichen. Die

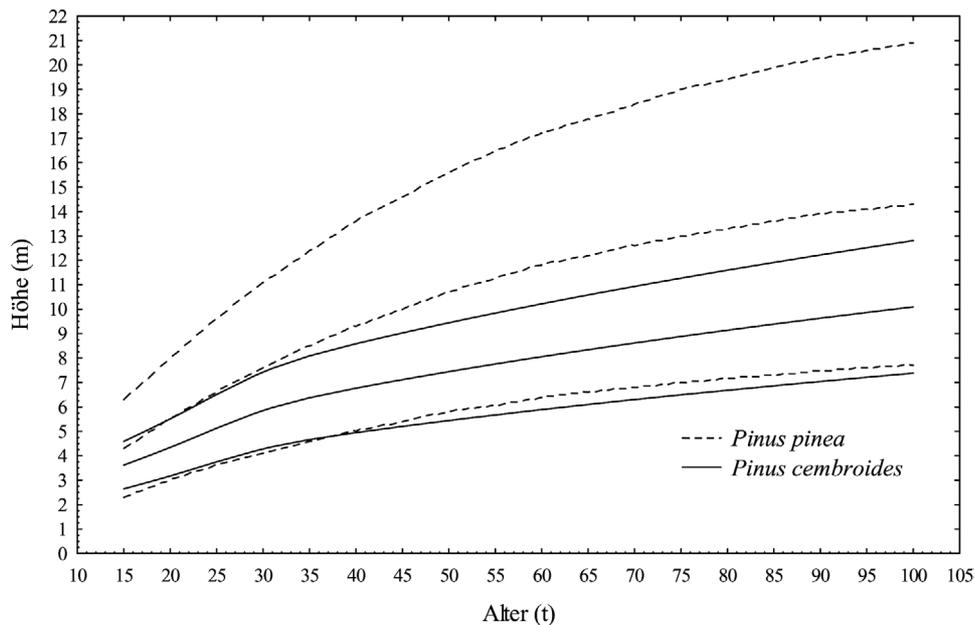


Abb. 4

Vergleich der Höhenentwicklung von *Pinus cembroides* (Mittelhöhe) in Mexiko und *Pinus pinea* (Oberhöhe) in Spanien.

Comparison of the height development of *Pinus cembroides* (mean height) in Mexico and *Pinus pinea* (dominant height) in Spain.

im nördlichen Mittelmeerraum verbreitete Pinie ist ähnlich wie die Pinyon-Kiefer wirtschaftlich besonders wegen der Gewinnung der Samen, der „Pinien-Kerne“, von Bedeutung (DEBAZAC, 1964; SCHÜTT et al., 2004). In *Abbildung 4* werden die Altershöhenkurven dieser beiden Baumarten dargestellt. Während bei *Pinus cembroides* die Mittelhöhe über dem Alter angegeben wird, verwendet MONTERO et al. (2004) für *Pinus pinea* in Spanien eine Oberhöhe. Auffallend ist, dass die Höhenentwicklung der beiden Baumarten sich bei den geringeren Bonitäten sehr ähnelt. Die Pinie erreicht allerdings in Spanien erheblich größere Baumhöhen als die Pinyon-Kiefer in Nuevo León.

Bei der vorgesehenen Untersuchung der Samenernte ist beachtet, auf Grund der Erfahrung in Samenplantagen (GONZALEZ et al., 2006), in den Waldgebieten II und III in einem Mastjahr bei allen Bäumen der Probestflächen die Zapfen zu zählen, sowie die Anzahl und die Qualität der Samen je Zapfen festzustellen.

## 7. DANKSAGUNG

Wir danken der CONACYT-CONAFOR (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología und Comisión Nacional Forestal) für die großzügige Unterstützung der im Rahmen des Projektes „Análisis Estructural de los Ecosistemas de *Pinus cembroides* y su Aprovechamiento en el Estado de Nuevo León: CONACYT-CONAFOR 2005-C02-14660“ durchgeführten Untersuchung. Außerdem danken wir der Facultad de Ciencias Forestales der Universidad Autónoma de Nuevo León, Mexiko und dem Institut für Waldinventur und Waldwachstum der Universität Göttingen für die vielfältige Unterstützung.

## 8. ZUSAMMENFASSUNG

*Pinus cembroides*, die Pinyon-Kiefer, auch Mexican Pinyon genannt, ist in Nordmexiko weit verbreitet. Die bis 15 m hohen Bäume wachsen insbesondere auf trockeneren Standorten der Sierra Madre Occidental und der Sierra Madre Oriental. Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Baumart liegt in dem Verkauf der

sehr begehrten Pinyon-Samen. Das Zentrum dieser Samenproduktion befindet sich im Staat Nuevo León auf der Sierra Madre Oriental. Das sich über ca. 230 km in nord-südliche Richtung erstreckende Untersuchungsgebiet wurde in drei klimatisch unterschiedliche Waldgebiete eingeteilt. Neben dem Hauptvorkommen der Pinyon-Kiefer an der Westseite des Gebirges wurden zwei mehr aride Randgebiete im Norden und im Süden des Untersuchungsgebietes ausgeschieden (*Abb. 1*).

Auf insgesamt 56, jeweils 500 m<sup>2</sup> großen Probestflächen wurden neben der Stammzahl ( $n$ ) bei sämtlichen Bäumen Alter ( $t$ ), Höhe ( $h$ ), Brusthöhendurchmesser ( $d_{1,3}$ ) und Schlankheitsgrad ( $h/d_{1,3}$ ) ermittelt.

Dieser Naturwald ist locker bis licht bestockt. Die Bäume haben daher einen sehr niedrigen Schlankheitsgrad. Der mittlere Schlankheitsgrad der Probestflächen liegt zwischen 22 und 59. Während in den Jungbeständen keine Abhängigkeit des  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ -Wertes von der Bestandesdichte festzustellen ist, nimmt der Schlankheitsgrad in den mittellalten und alten Beständen mit zunehmender Baumhöhe und größerer Stammzahl je ha im Allgemeinen zu (*Tab. 1*).

Der auf kleinster Fläche ungleichaltrige Wald weist in den Probestflächen 8 bis 121 Jahre alte Bäume mit Baumhöhen zwischen 1,9 m und 14,3 m und Brusthöhendurchmessern zwischen 5,0 cm und 53,4 cm auf. Mit Hilfe von 961 Probestbäumen wurden eine Altershöhenkurve und ein Bonitätsfächer erstellt (*Abb. 2, 3*).

Zur Beurteilung der Wuchsleistung auf den einzelnen Probestflächen und davon abgeleitet in den drei Waldgebieten wurde die absolute Höhenbonität als Mittelhöhe im Alter von 50 Jahren bestimmt. Diese Bonitierung ergab, dass die durchschnittliche Wuchsleistung der Pinyon-Kiefer im Hauptgebiet (Waldgebiet II), derjenigen der mehr ariden Randgebiete wesentlich überlegen ist. Innerhalb der Waldgebiete bestehen zwischen dem Wachstum der einzelnen Aufnahmeflächen große Differenzen (*Tab. 2*).

Eine Befragung der örtlichen Bevölkerung über die Samenproduktion ihres Waldes im letzten Jahrzehnt ergab, dass Pinyon

Samen in dem wuchskräftigen Hauptgebiet gut und in dem Randgebiet schlecht war. Weitere Untersuchungen über den Einfluss des Kleinstandortes auf das Wachstum von *Pinus cembroides* sowie die Zapfen- und Samen-Produktion sind vorgesehen.

## 9. Summary

Title of the paper: *Investigations about growth of Mexican Pinyon (Pinus cembroides Zucc.) in north-eastern Mexico.*

The Mexican Pinyon (*Pinus cembroides* Zucc.) occurs widely in northern Mexico. In the dry areas of the two main Mexican mountain ranges, the Sierra Madre Occidental and the Sierra Madre Oriental, these trees grow up to 15 m in height. The edible seeds from this pine tree are commercially harvested. The centre of the pinyon nuts production lies in the State of Nuevo León in the Sierra Madre Oriental.

The area under investigation stretches over 230 km from North to South in Nuevo León. It is divided into three forest regions considering different climate conditions. The main occurrence of pinyon pine lies on the western slopes of the Sierra Madre Oriental (forest region II) whereas two more arid regions (I and III) in the North and the South adjoin (Fig. 1).

On 56 sample plots covering 500 m<sup>2</sup> each, the age ( $t$ ), the tree height ( $h$ ), the stem diameter in breast height ( $d_{1,3}$ ) and the height/diameter-index ( $h/d_{1,3}$ ) were determined for all trees. Furthermore the number of trees ( $n$ ) per sample plot was recorded. Based on 961 sample trees an age-height curve (Fig. 2) and a site class fan (Fig. 3) were developed. To estimate the height growth in the three forest regions and in each sample plot the absolute site index (mean stand height at age of 50 years) was determined.

The on smallest area (sample plot) uneven aged forest include trees from 8 to 121 years of age, tree heights varying between 1,9 m and 14,3 m and stem diameters in breast height between 5,0 cm and 53,4 cm.

The open natural forest has a  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$ -index varying between 22 and 59. In younger stands with heights under 5 m no relationship between  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$  and the stand density was found, whereas the  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$  values increased with the tree height and the number of stems per ha in the older stands (40–50 y. and 73–93 y.) (Tab. 1).

The average height growth (site index) of pinyon trees in the main occurrence (forest region II) is considerable higher than in the surrounding regions adjacent to the arid zone. Within the three forest regions very large differences in growth among the sample plots were detected (Tab. 2).

According to a survey carried out by local harvesters seed production was high in the forest region II and poor in the region III during the last 10 years. There is an evident relationship between the growth and the seed production. Further studies are planned to determine the influence of the individual site conditions of the sample plots on growth and seed production of *Pinus cembroides*.

## 10. Resumé

Titre de l'article: *Recherches sur la croissance du pin pinyon (Pinus cembroides Zucc.) dans le nord-est du Mexique.*

*Pinus cembroides*, le pin pinyon, encore appelé pinyon mexicain, est largement répandu dans le nord-est du Mexique. Les arbres qui ont jusqu'à 15 m de hauteur poussent en particulier dans les stations sèches de la Sierra Madre Occidental et de la Sierra Madre Oriental. L'intérêt économique de cette essence réside dans la vente des graines de pinyon très recherchées. Le centre de cette production de graines se trouve dans l'Etat Nuevo León situé dans la Sierra Madre Oriental. La zone des recherches, qui s'étend sur environ 230 km dans une direction nord-sud, a été divisée en trois

zones forestières aux conditions climatiques différentes. En plus de la zone d'habitat principale du pin pinyon sur le versant ouest de la montagne on a délimité deux zones de bordure plus arides au nord et au sud de la zone étudiée (Fig. 3).

Sur un total de 56 placettes échantillons, chacune de 500 m<sup>2</sup>, ont été mesurés sur tous les arbres, en plus du nombre de tiges ( $n$ ), l'âge ( $t$ ), la hauteur ( $h$ ), le diamètre à hauteur d'homme ( $d_{1,3}$ ) et le coefficient d'élanement ( $h/d_{1,3}$ ).

Cette forêt naturelle est de peu dense à clairsemée. De ce fait les arbres ont un coefficient d'élanement très faible. Le coefficient d'élanement des placettes d'expérience est compris entre 22 et 59. Alors que dans les jeunes peuplements on n'observe aucune dépendance du rapport  $\bar{h}/\bar{d}_{1,3}$  vis à vis de la densité du peuplement, en revanche chez les peuplements d'âge moyen et les peuplements âgés le coefficient d'élanement diminue en général avec une hauteur d'arbre croissante et un nombre de tiges plus élevé (Tab. 1).

La forêt inéquienne qui occupe la plus petite surface comporte dans les placettes échantillons des arbres âgés de 8 à 121 ans avec des hauteurs comprises entre 1,9 m et 14,3 m et des diamètres à hauteur d'homme compris entre 5,0 cm et 53,4 cm. En utilisant 961 arbres échantillons on a établi une courbe de la hauteur en fonction de l'âge et un catalogue de classes de fertilité (Fig. 2 et 3).

Pour déterminer le rendement végétatif sur chacune des placettes échantillons et en déduire celui des trois zones forestières on a estimé le classement absolu d'après la hauteur en utilisant la hauteur moyenne à l'âge de 50 ans. Cette classification selon la qualité montra que le rendement végétatif moyen du pin pinyon dans la zone principale (zone forestière II), est surpassé nettement par celui des zones de bordure plus arides. A l'intérieur des zones forestières il existe de grandes différences de croissance entre les placettes échantillonnées (Tab. 2).

Une enquête auprès de la population locale à propos de la production en graines de leur forêt dans la dernière décennie montra que la graine de pinyon était bonne dans la zone principale à forte croissance et mauvaise dans la zone de bordure. Des recherches ultérieures sont prévues à propos de l'influence de la station, prise à petite échelle, sur la croissance de *Pinus cembroides* ainsi que sur la production de cônes et de graines. R. K.

## 11. Literatur

- ALANIS, G., G. CANO und M. ROVALO (1996): Vegetación y flora de Nuevo León. Impresora Monterrey, 251 S.
- CHONSNACKY, C. (1996): Estimating diameter growth for pinyon and juniper trees in Arizona and New Mexico. USDA For. Serv., Intermt. Res. Sta. Research Note INT-RN-429. 6 S.
- CHONSNACKY, C. (1997): Modelling diameter growth for pinyon and juniper trees in dryland forests. For. Ecol. Manage. **93**: 21–31.
- DEBAZAC, F. (1964): Manuel des Conifères. Nancy 172 S.
- ECKELMANN, C. (1990): Untersuchungen zur Naturverjüngung der Kiefern in natürlichen Kiefern-Eichenwäldern der Sierra Madre Oriental in Nordosten Mexikos. Göttingen Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen. Göttingen. 142 S.
- GONZALEZ, J., E. GARCIA, J. VARGAS und A. TRINIDAD (2006): Evaluación de la producción y análisis de conos y semillas de *Pinus cembroides* Zucc. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente **12**: 133–138.
- INEGI (1986): Síntesis geográfica del estado de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto 170 S.
- MCDONALD, M. und O. FIDDLER (2006): Plant species diversity in young conifer plantations in northern and central California. West. J. Appl. For. **21**: 49–54.
- MONTERO, G., F. MARTINEZ, R. ALIA, J. CANDELA, R. RUIZ, I. CANELLAS, S. MUTKE, R. CALAMA, M. GUTIERREZ, J. PAVON, A. ALONSO, M. DEL RIO, und A. BACHILLER (2004): El Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.) en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía: 261 S.
- PAYANDEH, B. und Y. WANG (1994): Relative accuracy of a new base-age invariant site index model. For. Sci. **40**: 341–348.
- PERRY, J. (1991): The pines of Mexico and Central America. Timber Press, Inc. Portland, Oregon. 231 S.

RZEDOWSKI, J. (1986): Vegetación de México. Ed. Limusa, México. 432 S.  
SCHÜTT, P., H. WEISGERBER, H. SCHUCK, U. LANG, B. STIMM und A. ROLOFF  
(2004): Lexikon der Nadelbäume. Verbreitung – Beschreibung – Ökologie  
– Nutzung. Nicol Verlagsgesellschaft Hamburg, 639 S.  
SMITH, W. (1988): Yield of southwestern pinyon-juniper woodlands. West. J.  
Appl. For. 3: 70–73.

VARGAS, B. (1999): Caracterización de la productividad y estructura de *Pinus hartwegii* Lindl. en tres gradientes altitudinales en el Cerro El Potosí, Galeana, Nuevo León. FCF-UANL. 93 S.  
ZEPEDA, B. und P. RIVERA (1984): Construcción de curvas anamórficas de índices de sitio: ejemplificación del método de la curva guía. Ciencia Forestal 9 (51), 3–38.

## Auswirkung der Z-Baum-Auslesedurchforstung auf Wachstum, Sortenertrag und Wertleistung im europäischen Fichten-Stammzahlversuch (*Picea abies* [L.] Karst.) in Südwestdeutschland

(Mit 5 Tabellen und 7 Abbildungen)

Von S. HEIN<sup>1,\*</sup>, S. HERBSTTRITT<sup>1</sup> und U. KOHNLE<sup>1</sup>

(Angenommen Dezember 2007)

### SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

Z-Baum-Auslese; Durchforstung; Sortenertrag; diskontierter Nettoerlös; Fichte.

Crop tree management; thinning; timber assortment; net present value; Norway spruce.

### 1. EINLEITUNG

Forstbetriebliches Handeln mit der Baumart Fichte ist in besonderem Maße motiviert durch die Aussicht Erträge zu erwirtschaften. Dazu wird das Ziel verfolgt, einen möglichst großen Anteil qualitativ hochwertigen Holzes zu erzeugen. Durchforstungen steuern dabei die Quantität, Dimension und Qualität des anfallenden Holzes. Mit Blickrichtung auf Gesamtwuchsleistungen wurden dabei Varianten ohne Behandlung mit Niederdurchforstungen, schwachen, mäßigen oder starken Durchforstungen verglichen (z. B. CARBONNIER, 1967; ASSMANN, 1970; ZEIDE, 2002). Eine wesentliche Erkenntnis derartiger Untersuchungen ist die unimodale Beziehung zwischen Bestandesdichte und Gesamtwuchsleistung (z. B. ASSMANN, 1970; PRETZSCH, 2004). Ein anderes Ergebnis ist die Einsicht, dass Durchforstungen den Anteil vermarktbareren Rundholzes erhöhen und zu verbesserten wirtschaftlichen Erträgen führen können (z. B. BRYNDUM, 1978; MÄKINEN und Isomäki, 2004).

Auch wenn in Mitteleuropa der Optimierung des Wertes im Gegensatz zur Maximierung der Volumenerzeugung grundsätzlich Vorrang eingeräumt wird (z. B. SPELLMANN und NAGEL, 1996), so gibt es doch unterschiedliche Vorstellungen auf welchem Wege der wirtschaftliche Ertrag der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) optimiert werden soll. Eine Form der Wachstumssteuerung ist dabei das Konzept der Z-Baum-orientierten Auslesedurchforstung (z. B. ABETZ, 1970; ABETZ und KLÄDTKE, 2002), bei der ausgewählte Bäume konsequent gefördert werden, die bezüglich ihres Wachstumspotenzials und ihrer Qualität die höchste Werterwartung aufweisen.

Die wissenschaftliche Grundlegung dieses Konzeptes erfolgte für die Fichte in den 1960er–1970er Jahren durch ABETZ (1970, 1975). Angeregt von ABETZ wurde im Jahr 1967 der Europäische

Fichten-Stammzahlversuch der IUFRO (International Union of Forest Research Organisations) angelegt, in dem das Wachstum von Fichten unter verschiedenen Varianten Z-Baum-orientierter Auslesedurchforstungen untersucht wird (siehe Anon. 1969; Anon. 1977; Anon. 1981; HERBSTTRITT et al., 2006). Aus diesen Versuchsreihen wurden auch Entscheidungshilfen zur Planung und naturalen Erfolgskontrolle entwickelt, die ausschließlich auf dem Konzept der Z-Baum-orientierten Fichtenwirtschaft basieren (z. B. ABETZ, 1980; ABETZ und KLÄDTKE, 2002). Die ökonomischen Simulationen von STRÜTT (1991) zum Wachstum von Fichten bei Z-Baum-Durchforstungen konnten dabei im Falle von früh und anhaltend geführten Durchforstungen und bei zugleich geringer Anzahl ausgewählter Z-Bäume (150–300 pro Hektar) eine höhere Rentabilität als bei Behandlungen mit hohen Baumzahlhaltungen nachweisen. Die zusätzliche Berücksichtigung des Risikos mangelnder Stabilität verstärkte zusätzlich die Vorteilhaftigkeit einer Z-Baum-orientierten Auslesedurchforstung (STRÜTT, 1991). Als Folge dieser Erkenntnisse wurde das Konzept der Z-Baum-orientierten Auslesedurchforstung, beispielsweise in Baden-Württemberg als waldbauliches Regelverfahren für Fichtenwälder, Teil der für den öffentlichen Wald verbindlichen Waldbaurichtlinien (MLR, 1999).

Allerdings konnten die grundlegenden Annahmen bisher noch nicht anhand realer Entwicklungsgänge auf Versuchsflächen mit sehr langer Laufzeit überprüft werden. Derzeit erreichen nun jedoch verschiedene der zu einem frühen Zeitpunkt angelegten Versuchsanlagen zur Z-Baum-Durchforstung in Fichte ihr ursprüngliches Versuchsziel. Damit kann nun eine wachstums- und ertragskundliche Bewertung anhand verschiedener Aspekte erfolgen. Dies trifft insbesondere für den Fichten-Stammzahlversuch der IUFRO zu, der mittlerweile eine ca. 30-jährige Beobachtungsdauer bei genau quantifizierter Behandlungsbeschreibung vorweisen kann (HERBSTTRITT et al., 2006).

Die vorliegende Arbeit untersucht deshalb Wachstum und Ertrag nach Z-Baum-orientierter Auslesedurchforstung in Fichte auf den IUFRO-Versuchsflächen im Raum Südwestdeutschland. Die ursprüngliche Versuchsanordnung erlaubt es außerdem, undurchforstete Versuchsfelder den Beständen mit Z-Baum-Auswahl kontrastierend gegenüberzustellen. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt dabei auf (1) dem Bestandes- und Einzelbaumwachstum, (2) den Auswirkungen auf den Sortenertrag sowie (3) der flächenbezogenen Wertleistung der Behandlungen. Zusätzlich können Teilaspekte der wachstumskundlichen Kenngrößen für eine Bewertung der Sturm- und Schneebruchstabilität herangezogen werden.

<sup>1</sup>) Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Postfach 708, D-79100 Freiburg, Deutschland. Tel: +49 761 4018 252, Fax: +49 761 4018 333.

<sup>\*</sup>) Korrespondierender Autor. Neue Adresse: Waldbau. Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg. Schadenweilerhof. D-72108 Rottenburg am Neckar. E-Mail: [hein@hs-rottenburg.de](mailto:hein@hs-rottenburg.de)

## 2. MATERIAL UND METHODEN

### Durchforstungsvarianten

Die hier verwendeten Daten stammen von langfristigen Versuchen in Baden-Württemberg (Abb. 1). Alle Versuchsfelder wurden auf gut nährstoffversorgten Standorten angelegt. In einigen Fällen

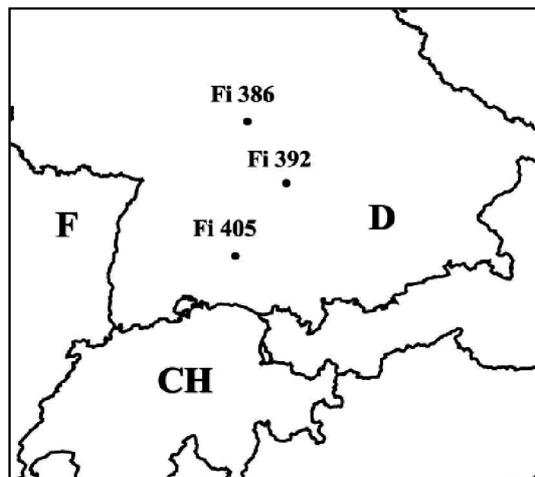


Abb. 1

Lage der Versuchsfelder  
(D = Deutschland, F = Frankreich, CH = Schweiz).  
Location of the stands  
(D = Germany, F = France, CH = Switzerland).

sind allerdings schwache Anzeichen von Staunässe vorhanden (Tabelle 1).

Die Versuchsfelder sind Teil des europäischen Fichten-Stammzahlversuchs, der durch die IUFRO-Arbeitsgruppe 1.05.05 im Jahre 1968 initiiert wurde. Die Bestände waren in den Jahren 1963–1972 mit 2500–7700 Fichten pro Hektar als Pflanzverbands- und Pflanzensortimentsversuch angelegt worden. Nach der Auswertung und abschließenden Veröffentlichung der Befunde zu den unterschiedlichen Begründungsvarianten (ABETZ, 1969; ABETZ und PRANGE, 1975) wurde die Baumzahl aller Bestände bei einer Mittelhöhe von 1–6 m schematisch auf 2500 Fichten pro Hektar reduziert. In diesen auf einheitliche Pflanzenzahlen reduzierten Beständen wurde dann in den Jahren 1970 und 1976 der IUFRO-Stammzahlversuch mit 25 m x 40 m großen Feldern (0,10 ha) angelegt. Besondere Charakteristika des Stammzahlversuchs ist zum einen die eindeutige Quantifizierung der Eingriffstärke der Behandlungsvarianten und zum anderen die Steuerung der Behandlungsabläufe in Abhängigkeit der Höhenentwicklung der 100 stärksten Bäume je Hektar ( $h_{100}$ ) anstelle des bis dahin in waldwachstumskundlichen Versuchsanlagen allgemein üblichen Alters (Tabelle 2).

Die Vorgaben der IUFRO umfassten 10 verschiedene Behandlungsvarianten. Fünf Behandlungen waren verpflichtend vorgegeben (HERBSTTRIT et al., 2006). Für die vorliegende Untersuchung wurden drei Behandlungen mit besonderer Aussagekraft für eine Z-Baum-orientierte Fichtenbewirtschaftung ausgewählt: als Referenz dienen die undurchforsteten Versuchsfelder (keine  $\underline{Df}$ , „Var1-kDf“). Hinzu kommen zwei weitere Varianten, die als Durchforstungsvarianten konzipiert waren, bei denen eine frühe

Tab. 1

**Standörtliche Kennzahlen der Versuchsfelder.**  
**Site characteristics of the experimental plots.**

Versuchsfeld	Wuchsgebiet*	Höhe NN. [m]	Standortsbeschreibung
		Ø Temp. [°C] Σ Niederschlag [mm] V-VIII, I-XII	
Fi 386/ 1, 2, 7	Neckarland	420 13,7; 8,2 300, 600	m.tr. bis wechselfeuchter schluffiger Lehm (20 – 40 cm) über Ton, Parabraunerde
Fi 392/ 4, 6, 7, 12, 15, 18, 19, 20	Schwäbische Alb	620 15,4; 7,0 370, 730	Mäßig feuchter schluffiger Lehm (25 – 70 cm) über Juraton (Malm), Braunerde
Fi 405/ 1, 4, 5, 8, 9, 10	Südwest-deutsches Alpenvorland	600 14,8; 7,3 450, 750	m. wechselfeuchter schluffiger Lehm aus Endmoräne, Parabraunerde

\* nach ALDINGER et al., 1998.

Tab. 2

**Beschreibung der Behandlungsvarianten.**  
**Description of the thinning treatment prescriptions.**

$h_{100}$ [m]	Anzahl bleibender Bäume pro Hektar		
	Var1-kDf (keine Z-Baum Auswahl, keine Durchforstung)	Var2-fR (Z-Baum Auswahl, frühe Reduktion auf Endbaumzahl)	Var3-sR (Z-Baum Auswahl, späte Reduktion auf Endbaumzahl)
5,0	2500	2500	2500
10,0	-	1200	1200
12,5	-	900	-
15,0	-	700	-
20,0	-	-	900
22,5	-	-	700
(27,5)	-	(400)	(400)

Tab. 3

## Erläuterung der verwendeten Abkürzungen.

## Explanation of symbols.

Kenngröße	Definition
AB	ausscheidender Bestand
BB	bleibender Bestand
Bon	Bonität [m], Höhe der 100 dicksten Bäume pro Hektar im Alter 100 J
d <sub>100</sub>	arithm. Mittel des Brusthöhendurchmessers der 100 dicksten Bäume pro Hektar [cm]
d <sub>g</sub>	mittlerer Brusthöhendurchmesser des Grundflächenmittelstamms [cm]
G	Bestandesgrundfläche [m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ]
GWL	Gesamtwuchsleistung (Volumen Derbholz i.R.) [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]
H	Baumhöhe [m]
h <sub>100</sub>	Oberhöhe: Mittelhöhe der 100 dicksten Bäume pro Hektar [m]
hd <sub>100</sub>	Verhältnis h <sub>100</sub> / d <sub>100</sub> *100 [-]
id <sub>100</sub>	Durchmesserzuwachs in 1,3 m Schafthöhe der 100 dicksten Bäume pro Hektar [cm J <sup>-1</sup> ]
IGz	Laufender jährlicher Gesamtwuchs an Volumen Derbholz i.R. [m <sup>3</sup> J <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> ]
Vol	Bestandesvolumen Derbholz i.R. [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]

Stammzahlreduktion auf 1200 Fichten pro Hektar von zwei weiteren Z-Baum-orientierten Eingriffen gefolgt wurde, bei denen die Z-Bäume durch eine Baumzahlabenkung auf 900 und 700 Fichten pro Hektar freigestellt wurden. Bei einer der beiden Durchforstungsvarianten erfolgten die beiden zusätzlichen Eingriffe frühzeitig (h<sub>100</sub> = 12,5 und 15,0 m; „Z-Baum frühe Reduktion auf Endbaumzahl“, „Var2-fR“); bei der anderen Durchforstungsvarianten erfolgten die beiden zusätzlichen Durchforstungen dagegen erst relativ spät bei Oberhöhen von 20,0 bzw. 22,5 m („Z-Baum späte Reduktion auf Endbaumzahl“, „Var3-sR“; Abkürzungen siehe *Tabelle 3*).

Auf allen drei Versuchsanlagen wurden jeweils sieben Versuchsfelder in Wiederholung angelegt. Allerdings waren, bedingt durch Sturm und Abweichungen in der Behandlungsdurchführung des Versuchs, insgesamt vier Felder für die vorliegende Analyse nicht mehr auswertbar (keine Df.: 3 Felder; „Z-Baum späte Reduktion auf Endbaumzahl“: 1 Feld). Die Behandlung „keine Df.“ umfasst somit vier Versuchsfelder aufgeteilt auf zwei Anlagen. Sieben

Felder standen für die Behandlungsvariante „Var2-fR“ und sechs Felder für die Variante „Var3-sR“ zur Verfügung (insgesamt 17 Felder mit 1,7 ha). Aufgrund des damit erheblich reduzierten Stichprobenumfangs musste im Zuge der Auswertungen auf detaillierte statistische Analysen verzichtet werden.

Da die ertragskundlichen Erhebungen gemeinsam auf allen Feldern einer Versuchsanlage durchgeführt wurden, wurden die Durchforstungen auf den einzelnen Feldern der Versuchsanlage nicht immer exakt bei der programmgemäß definierten Oberhöhe durchgeführt, sondern es kam zu davon gelegentlich leicht abweichenden Behandlungszeitpunkten (*Abbildung 2*). *Tabelle 4* stellt einfache ertragskundliche Kennwerte zum Zeitpunkt der letzten Wiederholungsmessung dar. Zu diesem Zeitpunkt (2001 und 2003) lag das Bestandesalter zwischen 37 und 41 Jahren. Die Bonitierung erfolgte nach dem Verfahren von BÖSCH (2001). Die Bonität der Versuchsfelder lag in einem engen Rahmen zwischen 39 und 40 m (kDf: Bon. = 39,5 m, Var2-fR: Bon. = 39,2 m, Var3-sR: Bon. = 39,6 m).

Tab. 4

## Flächenbezogene (Hektar) ertragskundliche Kenngrößen der Versuchsfelder zum letzten Aufnahmezeitpunkt 2001 bzw. 2003.

## Laufender jährlicher Gesamtwuchs an Volumen (IGz) bezogen auf die letzte Zuwachsperiode.

## Per hectare growth and yield descriptors of the experimental plots at the last measurement 2001 resp. 2003.

## Yearly volume increment from the last measurement period recorded.

Versuchs- Feld	Behandlung	Bon. [m]	Alter [m]	bleibender Bestand (BB)							Vol. [m <sup>3</sup> ]	Durchforstung (AB)			GWL [m <sup>3</sup> ]	IGz [m <sup>3</sup> /J]
				n [-]	d <sub>100</sub> [cm]	d <sub>g</sub> [cm]	h <sub>100</sub> [m]	h [m]	G [m <sup>2</sup> ]	Vol. [m <sup>3</sup> ]		n [m]	G [m <sup>2</sup> ]	Vol. [m <sup>3</sup> ]		
Fi 392/ 7	Var1-kDf	39,0	37	2140	26,5	18,4	22,0	19,8	57,0	571	200	1,4	11	582	25,4	
Fi 392/ 20	Var1-kDf	40,2	37	2140	27,8	19,6	23,9	21,5	64,5	701	150	1,2	8	709	37,7	
Fi 405/ 4	Var1-kDf	38,7	41	2160	27,9	19,8	23,5	21,1	66,4	708	360	3,5	25	733	32,0	
Fi 405/ 10	Var1-kDf	39,4	41	1980	28,2	20,5	24,6	22,4	65,3	734	480	4,4	32	766	33,6	
Fi 386/ 1	Var2-fR	39,2	40	680	34,7	27,5	23,8	22,7	40,4	443	1770	18,1	90	533	24,4	
Fi 386/ 7	Var2-fR	39,5	40	690	34,1	27,8	24,2	23,1	42,0	470	1660	18,7	104	574	27,6	
Fi 392/ 6	Var2-fR	38,9	37	670	33,4	27,4	21,8	20,9	39,6	401	1700	24,1	139	540	21,6	
Fi 392/ 15	Var2-fR	39,0	37	680	36,3	28,3	21,9	20,7	42,8	426	1340	20,8	120	546	27,5	
Fi 392/ 19	Var2-fR	39,7	37	680	36,2	28,2	23,0	21,7	42,5	446	1420	24,0	146	591	26,3	
Fi 405/ 1	Var2-fR	38,6	41	700	35,1	29,7	23,2	22,5	48,5	520	1840	21,7	107	627	24,7	
Fi 405/ 9	Var2-fR	39,8	41	700	37,5	31,0	25,2	24,1	52,9	604	1750	23,7	129	734	31,1	
Fi 386/ 2	Var3-sR	40,1	40	700	35,2	26,3	25,2	23,2	38,1	432	1720	25,0	180	612	30,2	
Fi 392/ 4	Var3-sR	39,0	37	690	30,9	24,6	22,0	20,9	32,8	338	1680	34,0	268	605	25,6	
Fi 392/ 12	Var3-sR	39,2	37	690	33,7	25,2	22,2	20,9	34,4	351	1440	27,1	210	561	28,3	
Fi 392/ 18	Var3-sR	39,8	37	700	33,5	25,2	23,2	21,5	35,0	370	1460	30,0	241	611	30,5	
Fi 405/ 5	Var3-sR	39,9	41	690	35,2	28,4	25,3	24,3	43,7	511	1710	32,4	249	759	35,3	
Fi 405/ 8	Var3-sR	39,6	41	700	35,5	28,6	24,9	23,9	44,9	518	1770	30,7	226	744	35,3	

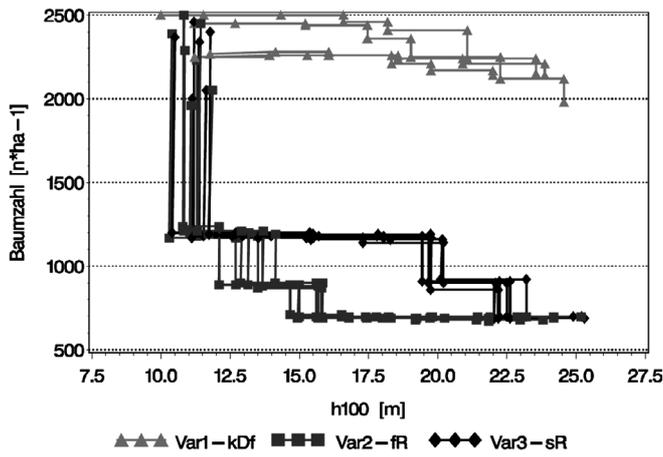


Abb. 2

Stammzahlentwicklung auf den Feldern der undurchforsteten Variante und der beiden Durchforstungsvarianten.

Development of stem number per plot and treatment.

#### Datenerhebung und -auswertung

Zur Kalkulation der anfallenden Rundholzsortimente und der Nettoerlöse wurde die Software HOLZERNTTE 7.0 (SCHÖPFER et al., 1996; HOLZERNTTE-FVA, 2005) mit den branchenüblichen Sortierungsrichtlinien in Südwestdeutschland verwendet (BWHKS, 1983).

Die Rundholzsortierung im Programm HOLZERNTTE erfolgte anhand von zwei Hauptsortimenten entsprechend den durchschnittlichen Verhältnissen vergleichbarer Fichtenbestände in Südwestdeutschland. Es wurde sägefähiges Rundholz mit einer Abschnittslänge von 5 m und einem Zopfdurchmesser von mindestens 14 cm m.R. ausgehalten, sowie Industrieholz in 2 m Länge und einem Zopfdurchmesser von mindestens 8 cm m.R. Bei Industrieholz wurde angenommen, dass die Gesamtmenge je zu 50% in den Kategorien gesund (N) und fehlerhaft (F) anfällt. Bei 85% der Fichten wurde das erste Stammstück bis zu einer Länge von 12 m als normale sägefähige B-Ware sortiert, der restliche Stammabschnitt wurde als C-Qualität bewertet. Die übrigen 15% der sägefähigen Stämme wurden einheitlich als C-Qualität sortiert. Sonstiges Restholz wurde als nicht verwertbar klassifiziert.

Die Berechnung der Wertleistung erfolgte auf der Basis von Erlösen frei Waldstraße. Diese wurden aus durchschnittlichen Werten des Staatsforstbetriebs Baden-Württemberg abgeleitet (BWL-FV, 2004; Tabelle 5). Die Holzernte erfolgte teilmechanisiert; der angenommene Rückegeassenabstand lag bei 40 m. Somit fielen durchschnittliche Holzerntekosten von 14,- €/fm zzgl. 19% MwSt. sowie Rückekosten von 6,45 €/fm zzgl. 19% MwSt. an. Die Vergleiche zwischen den Behandlungsvarianten basieren auf den kumulierten erntekostenfreien Erlösen der ausgeschiedenen Bestandesteile und dem bleibenden Bestand zum letzten Aufnahmezeitpunkt. Die Berechnung des auf Versuchsbeginn diskontierten Nettoerlöses erfolgte anhand variabler Zinssätze bis zu maximal 10%.

### 3. ERGEBNISSE

#### Wachstum

#### Entwicklung des Durchmessers

Die Durchmesserentwicklung wurde deutlich durch die Behandlungen beeinflusst (Abbildung 3). Nach gleicher Ausgangslage zeigte der  $d_{100}$  der durchforsteten Varianten Var2-fR und Var3-sR bereits frühzeitig Abweichungen von der Durchmesserentwicklung der undurchforsteten Variante. Zusätzlich unterscheidet sich auch das Durchmesserwachstum zwischen den beiden Durchforstungsvarianten. Nach der frühen Stammzahlreduktion bei einer Oberhöhe von 12,5 m und früh nachfolgender Zweitudurchforstung bei 15,0 m, weicht die Durchmesserentwicklung bereits deutlich von den Durchmessern der Felder mit später nachfolgender Zweitudurchforstung ab, die programmgemäß erst bei einer Oberhöhe von 20,0 m zum zweiten Mal durchforstet worden waren.

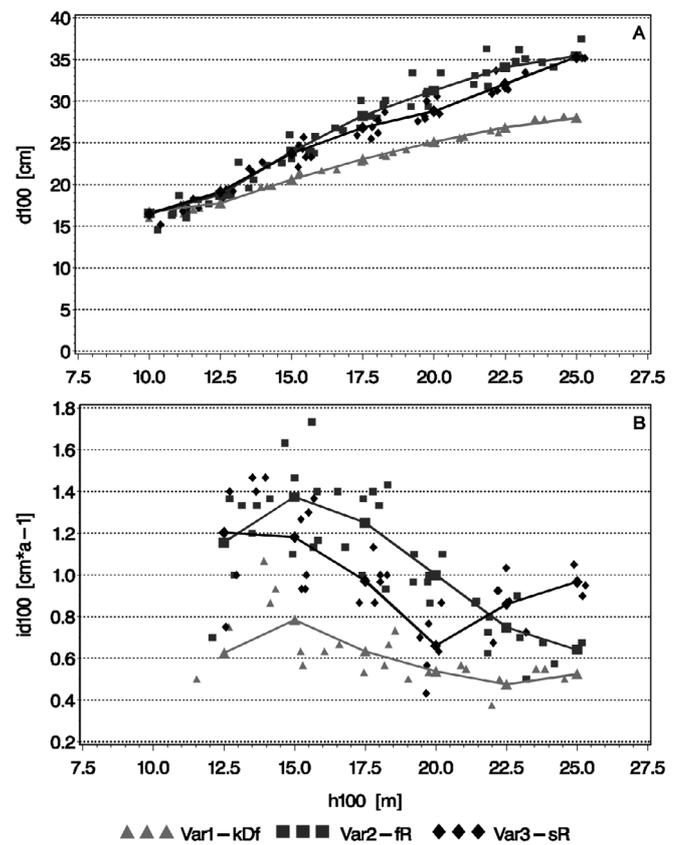


Abb. 3

Entwicklung des mittleren Durchmessers je Versuchsfeld und Aufnahmezeitpunkt ( $d_{100}$ ) über der Oberhöhe ( $h_{100}$ ) (Teilabbildung A), und des mittleren Durchmesserzuwachses ( $id_{100}$ ) über der Oberhöhe ( $h_{100}$ ) (B). Die Linien verbinden die Gesamtmittel der Behandlungsvarianten über die Aufnahmezeitpunkte hinweg.

Development of plot individual and treatment mean  $d_{100}$  over  $h_{100}$  (A), and mean  $id_{100}$  over  $h_{100}$  (B). The lines are connecting the treatment means over the stand development.

Tab. 5

Rundholzerlöse für die Berechnung der Nettoerlöse [EURO  $m^{-3}$  m.R.]  
Round wood prices for the calculation of net revenues [EURO  $m^{-3}$  o.b.]

Rundholzsortiment	Ø-Erlös	L1a	L1b1	L1b2	L2a	L2b	L3a	L3b	L4	L5	L6
B-Qualität	-	30,00	36,56	40,35	42,20	44,65	47,14	46,68	44,80	50,42	54,97
C-Qualität	-	19,05	22,00	27,12	33,48	36,64	36,95	36,70	36,46	36,53	35,95
Industrieholz	28,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### Entwicklung des Durchmesserzuwachses

Nach der ersten Durchforstung mit einer Stammzahlreduktion auf 1200 Fichten pro Hektar, stieg der Durchmesserzuwachs ( $id_{100}$ ) auf sowohl den früh als auch den spät zweidurchforsteten Varianten bis auf eine Höhe von 1,2 cm/Jahr an. Damit wurde ein Niveau erreicht, das den  $id_{100}$  der undurchforsteten Felder um das Doppelte übertraf. Auf den Feldern der undurchforsteten Variante erreichte der Durchmesserzuwachs bereits bei einer Oberhöhe von 15 m seinen Höchstwert von 0,8 cm/Jahr. Danach fiel er kontinuierlich bis auf 0,5 cm/Jahr ab. Insgesamt zeigten die undurchforsteten Felder über die gesamte Beobachtungszeit die geringsten Zuwachswerte. Der Durchmesserzuwachs der Felder mit früher Reduktion auf Endbaumzahl erreichte bereits bei einer Oberhöhe von 12,5 m ein Zuwachsniveau von 1,2 cm/Jahr, näherte sich 1,4 cm/Jahr bei einer Oberhöhe von 15,0 m und fiel anschließend kontinuierlich ab. Der Verzicht auf früh fortgeführte Folgedurchforstungen (Var3-sR) führte zunächst zu geringeren Durchmesserzuwachsen. Die bei einer Oberhöhe von 20,0 m und 22,5 m durchgeführten Zweit- und Drittdurchforstungen bewirkten dann einen zeitverzögerten Zuwachsanstieg. So lag der Durchmesserzuwachs zum Zeitpunkt der letzten Aufnahme um ca. 3,5 mm/Jahr über demjenigen der Behandlungsvariante Var2-fR, bei denen die Bestände bereits bei einer Oberhöhe von 15,0 m auf die angestrebte Endbaumzahl reduziert worden waren.

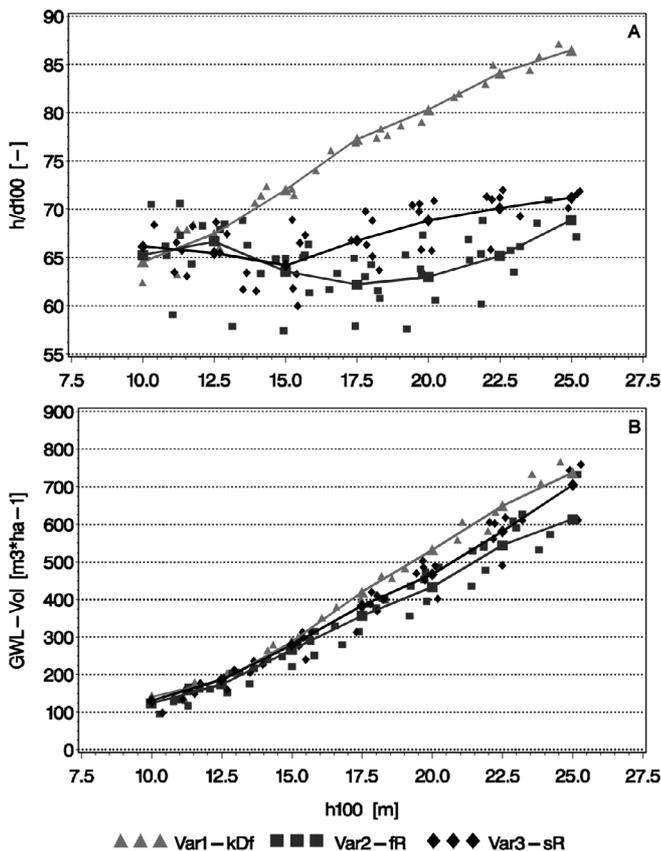


Abb. 4

Entwicklung des mittleren  $hd_{100}$ -Verhältnisses je Versuchsfeld und Aufnahmezeitpunkt über der Oberhöhe  $h_{100}$  (Teilabbildung A), und der Gesamtwuchsleistung an Volumen dargestellt über der Oberhöhe ( $h_{100}$ ) (Teilabbildung B). Die Linien verbinden die Gesamtmittel der Behandlungsvarianten über die Aufnahmezeitpunkte hinweg.

Development of plot individual and treatment mean  $hd$ -ratio over  $h_{100}$  (A), and mean cumulative production of total volume over bark plotted against  $h_{100}$  (B). The lines are connecting the treatment means over the stand development.

### Entwicklung des $hd$ -Verhältnisses ( $hd_{100}$ )

Da das Höhenwachstum in allen Behandlungsvarianten gleich verlief, spiegelt die Entwicklung des  $hd_{100}$ -Verhältnisses die Veränderungen des  $d_{100}$  wider (Abbildung 4). Ohne Durchforstung stieg das  $hd$ -Verhältnis der 100 stärksten Bäume je Hektar seit Versuchsbeginn bis zu einem Wert von 86 bei einer Oberhöhe von 25,0 m kontinuierlich an. Auf den Feldern mit früher Reduktion auf die Endbaumzahl blieb der  $hd_{100}$ -Wert bis zu einer Oberhöhe von 17,5 m unter 65 und stieg erst danach langsam auf 69. Bei der späteren Reduktion auf Endbaumzahl stieg das  $hd_{100}$ -Verhältnis zwischen der ersten Durchforstung ( $h_{100} = 10,0$ m) und der spät geführten zweiten Durchforstung ( $h_{100} = 20,0$  m) zunächst an. Die späten Zweit- und Dritt-Durchforstungen verlangsamten dann den weiteren Anstieg des  $hd$ -Verhältnisses nur in geringem Umfang. Grundsätzlich lagen jedoch ab einer Oberhöhe von 12,5 m auf allen durchforsteten Feldern die  $hd_{100}$ -Werte durchgängig deutlich unter denjenigen der undurchforsteten Felder.

### Entwicklung der Gesamtwuchsleistung

Die höchste mittlere Gesamtwuchsleistung an Volumen erzielten die undurchforsteten Felder. Bis zu einer Oberhöhe von 25 m hatten frühe zusätzliche Durchforstungen (Var2-fR) im Vergleich zu den undurchforsteten Feldern zu einer Reduktion der Gesamtwuchsleistung von durchschnittlich 17% geführt und die späte Durchforstungsvariante (Var3-sR) zu einer Reduktion von im Mit-

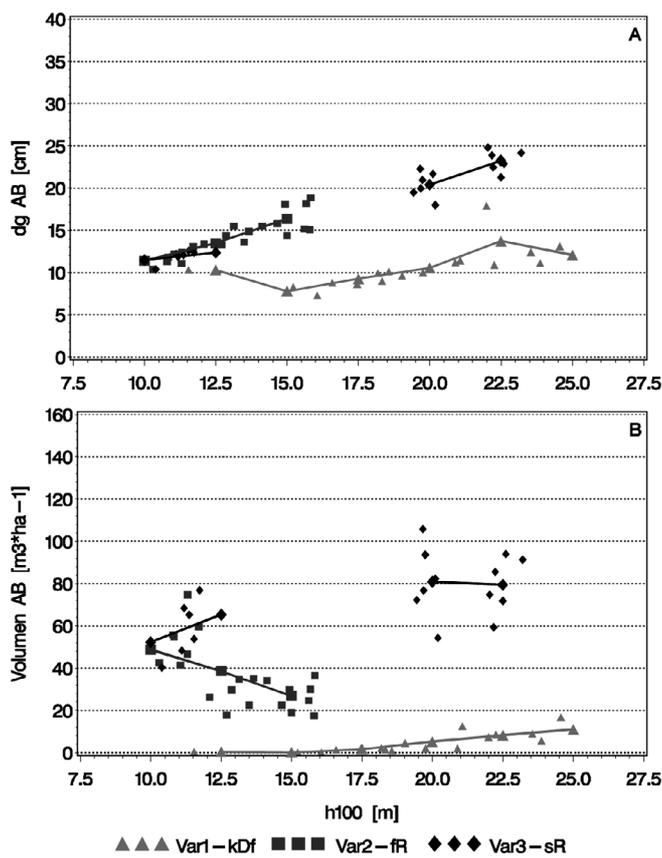


Abb. 5

Entwicklung des mittleren Durchmessers ( $d_g$ ) der ausgeschiedenen Bäume je Versuchsfeld und Aufnahmezeitpunkt (Teilabbildung A), und der Gesamtwuchsleistung an Volumen dargestellt über der Oberhöhe ( $h_{100}$ ) (Teilabbildung B). Die Linien verbinden die Gesamtmittel der Behandlungsvarianten über die Aufnahmezeitpunkte hinweg.

Development of plot individual and treatment mean  $d_g$  of the removed trees over  $h_{100}$  (A), and volume of removed trees over  $h_{100}$  (B). The lines are connecting the treatment means over the stand development.

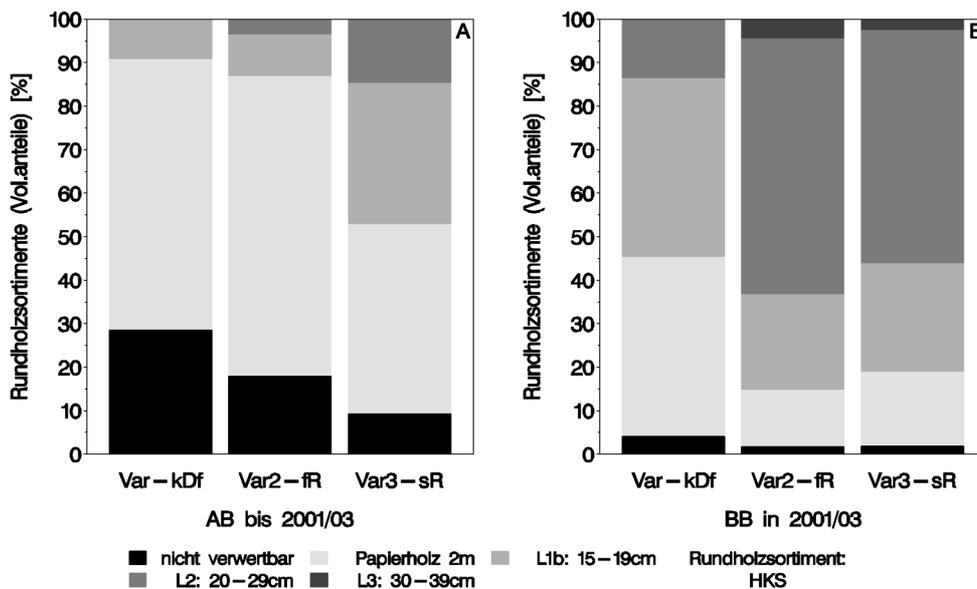


Abb. 6

Mittlerer Anteil der Rundholzsortimente je Variante – kumulativ für alle bisherigen Durchforstungen (Teilabbildung A) und für den bleibenden Bestand nach der letzten Durchforstung (Teilabbildung B).

Mean portion of timber assortments per treatment – cumulative vol. from thinnings (A) and – remaining stand after last thinning (B).

tel 5%. Damit erreichten die Felder mit später Reduktion auf die Endbaumzahl eine Gesamtwuchsleistung, die sich der auf den undurchforsteten Feldern annähert.

#### Rundholzsortimente

Ausscheidender Bestand:

Auf den undurchforsteten Feldern lag der Mitteldurchmesser des ausscheidenden Bestandes über die gesamte Beobachtungszeit am niedrigsten (Abbildung 5A). Allerdings lagen auch die Durchmesser der beiden früh geführten Durchforstungen mit Werten von 13 bis 18 cm im Hinblick auf die anfallenden Holzerntekosten in einem zu schwachen Bereich. Nur auf den Versuchsfeldern der späteren Reduktion auf Endbaumzahl konnten Bäume mit deutlich stärkeren Durchmessern geerntet werden.

Das Gesamtvolumen des ausscheidenden Bestandes entstand auf den undurchforsteten Feldern ausschließlich durch natürliche Mortalität oder Schadereignisse und war daher insgesamt sehr gering (Abbildung 5B). Auf den Feldern mit den frühen Folgedurchforstungen war das Volumen des ausscheidenden Bestandes reduziert und das Einzelbaumvolumen klein. Im Gegensatz dazu führte die Variante mit den späteren Folgedurchforstungen zu einem größeren Volumen an Vornutzungen, da hier zwar die gleiche Stammzahl entnommen werden konnte, zu diesem Zeitpunkt die Fichten jedoch bereits größere Durchmesser erreicht hatten.

In der Reihenfolge von den undurchforsteten Versuchsfeldern, über die zu den Feldern mit später Reduktion auf die Endbaumzahl nahm der Anteil nicht verwertbaren Restholzes im ausscheidenden Bestand ab, während gleichzeitig der Anteil stärkerer Rundholzsortimente anstieg (Abbildung 6A).

Bleibender Bestand:

Im bleibenden Bestand zeigten die Felder die höchsten Anteile starker Rundholzsortimente, bei denen früh auf die Endbaumzahl reduziert worden war, gefolgt von den Feldern mit später Reduktion auf die Endbaumzahl. Die im Vergleich geringsten Anteile stärkerer Rundholzsortimente enthalten kontinuierlich die bleibenden Bestände der undurchforsteten Versuchsfelder (Abbildung 6B).

Auf den Versuchsfeldern ohne Behandlung erreichte der Anteil nicht verwertbaren Rest- und geringwertigen Industrieholzes nahezu 50% des gesamten Bestandesvolumens. Zusätzlich erbrachten die undurchforsteten Versuchsfelder fast ausschließlich schwaches Sägerundholz der Stärkeklassen L1b (40%) und L2a (13%). Im Unterschied dazu konnte in den beiden Durchforstungsvarianten der Volumenanteil des schwach dimensionierten Rundholzes reduziert und der Anteil an sägefähigem Holz deutlich gesteigert werden. Sägerundholz der Stärkeklasse  $\geq$  L2 umfasste 50% des gesamten Erntevolumens in der Behandlungsvariante „frühe zusätzliche Durchforstung“ und 40% in der Behandlungsvariante „späte zusätzliche Durchforstung“.

#### Wertleistung

Die Variante mit maximaler Gesamtwuchsleistung an Volumen war bei weitem nicht die Behandlungsvariante mit dem besten finanziellen Ertrag. Zum Ende des Experiments erbrachten die undurchforsteten Versuchsfelder einen um 2000–2200 €/ha geringeren Nettoerlös als die Felder mit Durchforstungen (Summe aller ausgeschiedenen Bestandesteile und des zuletzt bleibenden Bestandes, Abbildung 7A). Die Felder der Variante mit später Reduktion auf die Endbaumzahl schnitten dabei um 200 €/ha besser ab als die Felder der Variante mit früher Reduktion. Die geringfügige finanzielle Unterlegenheit der Variante mit frühen zusätzlichen Durchforstungen ist dabei nicht in geringeren Nettoerlösen des zuletzt bleibenden Bestandes begründet, sondern bedingt durch die relativ hohen Erntekosten, die bei der frühzeitigen Entnahme schwacher Sortimente entstanden (Abbildung 7A). Kalkulatorisch erzielte keine der drei früh geführten Durchforstungen dieser Variante einen positiven erntekostenfreien Erlös. Bei der Behandlungsvariante mit später Reduktion auf die Endbaumzahl lagen dagegen die Erntekosten des ausscheidenden Bestandes deutlich unter den Rundholzerlösen und das gesamte, bei Durchforstungen entnommene Volumen war etwa doppelt so hoch wie bei den früh geführten Durchforstungen der Variante mit früher Reduktion auf die Endbaumzahl.

Die Berechnung des diskontierten Nettoerlöses erlaubte es, im aus Holzerträgen berechneten Kapitalwert die zeitliche Abfolge des

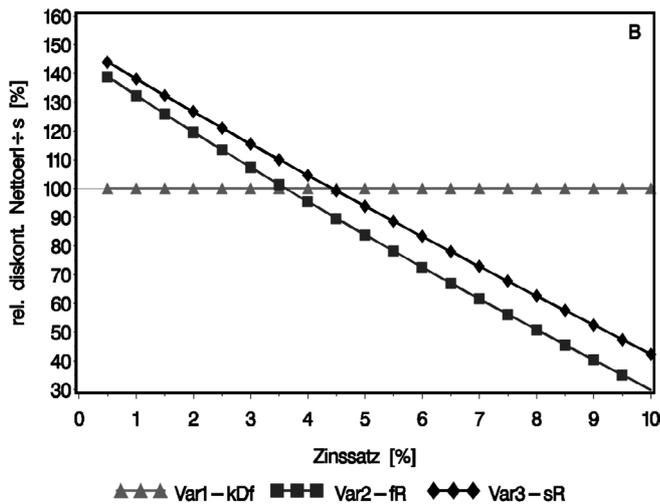
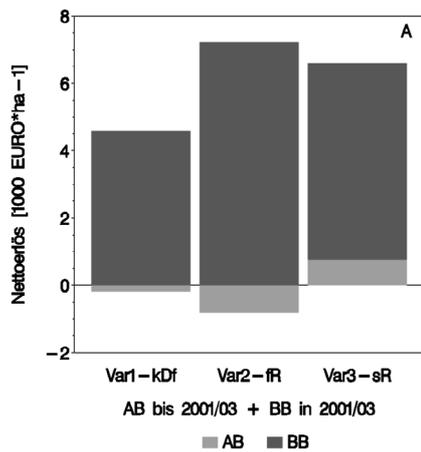


Abb. 7

Mittlerer Nettoerlös für die drei Behandlungsvarianten, basierend auf dem kumulativen Durchforstungsvolumen und dem Volumen des bleibenden Bestandes nach der letzten Durchforstung (Teilabbildung A). Auf den Versuchsbeginn diskontierter Nettoerlös (AB + BB) der durchforsteten Versuchsvarianten Var2-fR und Var3-sR dargestellt relativ zum diskontierten Nettoerlös der undurchforsteten Felder (100%) (Teilabbildung B).

Mean net value by subgroups for the cumulative volume from thinnings since the start of the experiment and for the volume of the remaining stand after the last thinning (A) and mean net present value, discounted to the start of the experiment (removed + remaining trees) of the thinned plots under treatments Var2-fR and Var3-sR as relative values to the values of the unthinned plots (Var1-kDf) set to 100% (B).

Durchforstungsanfalls und der realisierten Durchforstungserlöse zu berücksichtigen (Abbildung 7B). Bis zu Zinssätzen von 3,5–4,5%, verbesserten Durchforstungen den Kapitalwert aus Holztrag gegenüber den undurchforsteten Versuchsfeldern. In beiden Durchforstungsvarianten entstehen die gleichen Kosten für die erste Durchforstung bei einer Oberhöhe von 10,0 m, da Baumzahl, Durchmesser und Volumen der ausscheidenden Fichten sich auf vergleichbarem Niveau befinden. Jedoch führen die beiden zusätzlichen frühen Durchforstungen der Variante Var2-fR zu finanziell ungünstigeren Ergebnissen im Vergleich zu den beiden später erfolgten Durchforstungen der Behandlungsvariante Var3-sR. Aus diesem Grund liegt der Kapitalwert bei der frühen Reduktion auf Endbaumzahl etwas unterhalb desjenigen der späten Reduktion auf die Endbaumzahl.

#### 4. DISKUSSION

Der Europäische Fichten-Stammzahlversuch der IUFRO weist zwischenzeitlich eine Laufzeit von ca. 30 Jahren auf. Während dieser langen Laufzeit wurden bisher von der Arbeitsgruppe drei Berichte herausgegeben, die den allgemeinen Stand der Ergebnisse beschreiben. Detaillierte Veröffentlichungen liegen dagegen bislang kaum vor. Auch über die in Südwestdeutschland liegenden Versuchsflächen mit ihren Z-Baum-Varianten gibt es nur wenige Auswertungsansätze, die die Auswirkungen der unterschiedlichen Durchforstungsvarianten auf Wachstum, Sortierung und Wertleistung behandeln (z.B. ABETZ und UNFRIED, 1984; 18 Jahre nach dem Versuchsbeginn). Zwar wurden kürzlich einige Aspekte des Fichten-Stammzahlversuchs anhand von Versuchsfeldern in der Tschechischen Republik diskutiert (SLODICKAK et al., 2005; SLODICKAK und NOVAK, 2006), hier waren die Durchforstungen jedoch offenbar entgegen dem eigentlichen Versuchsprogramm nur niederdurchforstungsartig erfolgt (SLODICKAK und NOVAK, 2006). Damit kann bislang noch keine Aussage zum Wachstum der Fichten unter Z-Baum-orientierten Eingriffen getroffen werden, obwohl dies eine der zentralen Anliegen des ursprünglichen Versuchskonzeptes war (vgl. Anon. 1977; HERBSTTRIT et al., 2006).

Die in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnisse einer speziellen Auswertung für die südwestdeutschen Versuchsglieder der IUFRO-Versuchsreihe fügen sich gut in den Rahmen der von den anderen teilnehmenden Ländern mitgeteilten ersten vorläufigen Ergebnissen (HERBSTTRIT et al., 2006). Zusätzlich weisen die Arbeiten von MÄKINEN und ISOMÄKI (2004) in Finnland auf vergleichbare Zusammenhänge hin, in denen 21 Versuchsanlagen (jede mit mehreren Feldern) bezüglich des Durchmesserwachstums und der Gesamtwuchsleistung verglichen wurden. Ein bedeutender Unterschied zur IUFRO-Versuchsreihe besteht jedoch darin, dass in der Versuchsanlage der IUFRO-Reihe wesentlich stärkere Durchforstungseingriffe erfolgten als in den von MÄKINEN und ISOMÄKI (2004) untersuchten Durchforstungsversuchen.

##### Brusthöhendurchmesser

Die Bestandesdichte wirkt sich deutlich auf die Durchmesserentwicklung der Fichten aus (vgl. ABETZ und UNFRIED, 1984; KENK, 1990; MÄKINEN und ISOMÄKI, 2004; MÄKINEN et al., 2006). Ursächlich dürfte die verringerte Konkurrenz sein. Die mit fortgesetzten Durchforstungen verbundene längerfristige Reduktion von Konkurrenz dürfte somit ein Schlüssel sein, um ein anhaltend hohes Durchmesserwachstum zu gewährleisten. Hierauf weist auch der Rückgang des Durchmesserzuwachses auf denjenigen Feldern hin, auf denen nach den beiden frühen zusätzlichen Durchforstungen auf eine Fortführung der Durchforstungen bei fortgeschrittener Bestandesentwicklung verzichtet wurde. In der Folge des Verzichts auf Fortführung der Durchforstungen kann trotz des energischen anfänglichen Wachstumsimpulses das Durchmesser-Wachstumspotenzial langfristig offensichtlich nicht voll ausgeschöpft werden. Die frühen zusätzlichen Durchforstungen, verbunden mit der relativ hohen Endstammzahl von 700 Fichten pro Hektar, fördern das Durchmesserwachstum. Sie bieten sich damit allenfalls zur Erzeugung von mittelstarken Stammholzes an. Für die Produktion von Starkholz mit einem Brusthöhendurchmesser von  $\geq 60$  cm (KOHNLE und v. TEUFFEL, 2004) ist dagegen eine hohe Z-Baum-Anzahl ungeeignet, da sie die Möglichkeiten für spätere Durchforstungseingriffe einschränkt, das Durchmesser-Wachstumspotenzial nicht konsequent ausnutzt und dann als Folge davon zu verlängerten Produktionszeiten und höheren Produktionsrisiken führt.

Bei einer Entscheidung über die Durchforstungsstrategie müssen jedoch auch die Auswirkungen auf die Holzqualität und insbesondere die Ästigkeit berücksichtigt werden (z.B. MÄKINEN et al., 2003; HEIN et al., 2006). Vergrößerte Standräume führen dabei zu größeren maximalen und durchschnittlichen Astdurchmessern pro

Quirl (MERKEL, 1967; BRAASTAD, 1970; ABETZ und UNFRIED, 1983; JOHANSSON, 1992; MÄKINEN und HEIN, 2006). Zusätzlich ist bei sinkender Bestandesdichte mit zunehmendem Druckholzanteil zu rechnen (ABETZ und KÜNSTLE, 1982). Auch die Holzdichte wird mit zunehmender Durchforstungsstärke leicht abnehmen (JAAKOLA et al., 2005). Auch im Interesse der Steuerung einer ausgeglichenen Holzqualität erscheinen Durchforstungsstrategien mit früh beginnenden und längerfristig fortgesetzten Durchforstungseingriffe zweckmäßiger als der Verzicht auf spätere Eingriffe.

#### *Einzelbaumstabilität*

Die Konkurrenzbeziehungen zwischen den Einzelbäumen beeinflussen in hohem Maße ihr hd-Verhältnis und damit die Einzelbaumstabilität (ABETZ, 1975; ABETZ und PRANGE, 1975; MÄKINEN und HEIN, 2006). Wenig Konkurrenz in einem jungen Entwicklungsstadium bewirkt die Ausbildung eines weitreichenden Wurzelsystems, verbessert die Verankerung und fördert die Stabilität gegenüber windbedingten Beanspruchungen (NIELSEN, 1990). Frühere Untersuchungen zeigen auch, dass die Risiken durch Wind, Schnee oder Eisanhang abgesenkt werden können, wenn die Konkurrenz zwischen den Einzelbäumen gering gehalten wird oder frühe und anhaltende Durchforstungen durchgeführt werden (BRAASTAD, 1979; ABETZ und UNFRIED, 1984; HANDLER, 1988; PETERSEN und SPELLMANN, 1993; HUSS, 1998). Die Ergebnisse aus den südwestdeutschen Versuchsfeldern des IUFRO-Fichten-Stammzahlversuchs unterstützen auch die Erkenntnisse von SLODIČAK und NOVAK (2006) aus Tschechien: frühe Durchforstungen (Var2-fR) erhöhen die im hd-Wert indizierte Einzelbaumstabilität stärker als ein Aufschieben der Durchforstung bis ins höhere Bestandesalter (vgl. Variante Var3-sR).

Nimmt man ein hd-Verhältnis von 80 als maximal tolerierbarer Stabilitätswert für Fichte hinsichtlich Schneebruch an (ROTTMANN, 2002; ABETZ und KLÄDTKE, 2002), wird deutlich, dass eine Endbaumzahl von 700 Fichten pro Hektar, wie sie in den beiden IUFRO-Durchforstungsvarianten definiert wurde, offensichtlich bereits bei der Produktion von mittelstarkem Holz zu hoch liegt. Mit diesen Endbaumzahlen können in höherem Bestandesalter keine ausreichend niedrigen hd-Werte erreicht werden. Da die Behandlungsvarianten mit frühen und späten zusätzlichen Durchforstungen ihre Endstellung bereits erreicht haben, wird der Durchmesserzuwachs in den kommenden Jahren weiter absinken und die hd-Verhältnisse der Z-Bäume ansteigen. Dies wird zu sinkender Einzelbaum- und Bestandesstabilität führen.

#### *Gesamtwuchsleistung*

Die Bestandesdichte wirkt sich auch auf die Gesamtwuchsleistung an Volumen aus (VUOKILA, 1980; ABETZ und UNFRIED, 1984; HANDLER, 1988; KENK, 1990; JOHANSSON und PETERSSON, 1996; BRAASTAD und TVEITE, 2000; MÄKINEN und ISOMÄKI, 2004; MÄKINEN et al., 2006). Lediglich HANDLER (1990) sowie MIELIKÄINEN und VALKONEN (1991) konnten keinen klaren Zusammenhang aufzeigen. In einer jüngeren Untersuchung gelang es PRETZSCH (2004) diese Zusammenhänge als Gesetzmäßigkeiten genauer zu quantifizieren und das Konzept von ASSMANN (1970) zur Beziehung von Bestandesdichte und Volumenzuwachs anhand von Versuchsfeldern in einem generellen Modell zu beschreiben. Der Volumenzuwachs der Fichte, dargestellt über der Bestandesdichte, folgt dabei einem unimodalen Kurvenverlauf, der durch die Bonität und das Bestandesalter abgeändert wird. Unsere Beobachtungen widersprechen diesem Konzept nicht. Die Behandlungsvariante mit späten zusätzlichen Durchforstungen zeigt dabei, dass die späten Eingriffe zwar die negativen Auswirkungen auf die Gesamtwuchsleistung an Volumen abmildern, dabei jedoch zu verlangsamtetem Durchmesserwachstum in frühem Bestandesalter und damit in der Konsequenz letztendlich zu erhöhten Produktionsrisiken führen.

#### *Sortenverteilung*

Aufgrund der Förderung des Durchmesserwachstums erhöhen Durchforstungen im Allgemeinen, insbesondere jedoch frühe Durchforstungen, den Anteil stärker dimensionierter Rundholzsortimente. Unsere diesbezüglichen Ergebnisse sind eindeutig und werden auch durch skandinavische Arbeiten unterstützt (z.B. BRYNDUM, 1978; MÄKINEN und ISOMÄKI, 2004). Auch in diesen Versuchen führten starke Durchforstungseingriffe zu mehr Fichten stärkerer Dimension bei gleichzeitig verringerter hektarbezogener Gesamtwuchsleistung. Zudem zeigen langfristige Prognosen zum Wachstum der Fichte mit dem finnischen Waldwachstumssimulator MOTTI höhere Anteile an sägefähigem Rundholz in stark durchforsteten als in unbehandelten Beständen (HYNYNEN et al., 2005).

#### *Wertleistung*

Durchforstungen verbessern grundsätzlich die Wertleistung von Fichtenbeständen: BRYNDUM (1978) sowie HYNYNEN et al. (2005) fanden für verschiedene Zinssätze höhere diskontierte Nettoerlöse für stark durchforstete als für undurchforstete Bestände. Ähnliche Ergebnisse wurden auch von STRÜTT (1991) sowie SPELLMANN und SCHMIDT (2003) anhand von ökonomischen Simulationen vorgestellt. Unsere Kapitalwertkalkulationen auf der Basis der südwestdeutschen Versuchsfelder des IUFRO Fichten-Stammzahlversuchs stimmen mit den genannten Untersuchungen überein: bis zu Zinssätzen von ca. 3% erreichen die Durchforstungsvarianten bessere diskontierte Nettoerlöse als die Felder ohne Durchforstung.

Darüber hinaus konnte STRÜTT (1991) allerdings aufzeigen, dass bei der Betrachtung der Wertleistung die zusätzliche Berücksichtigung von Produktionsrisiken ein Durchforstungskonzept mit früh geführten und konsequent andauernden Eingriffen einer Behandlungsvariante mit späten Eingriffen deutlich überlegen ist. Der leicht geringere Nettoerlös der Variante mit früher Reduktion auf Endbaumzahl deutet jedoch darauf hin, dass mit dem Anstieg des Durchmesserzuwachses bei frühen Eingriffen die höheren Erntekosten dieser frühen Durchforstungen noch nicht ganz kompensiert werden konnten. Die Integration weiterer wertbestimmender Faktoren, wie die Holzqualität und auch Produktionsrisiken, könnte hier künftig zu einer Differenzierung beitragen.

#### *Folgerungen*

Die Ergebnisse der südwestdeutschen Versuchsfelder des europäischen Fichten-Stammzahlversuchs der IUFRO erlauben drei allgemeine Aussagen für die Fichtenwirtschaft:

(A) Ein vollständiger Verzicht auf Durchforstungen in konventionell begründeten Bestände kommt aus wirtschaftlicher Sicht nicht in Frage. Ein solcher Verzicht führt zu hohen Anteilen unverwertbaren oder gering dimensionierten Rundholzes. Innerhalb der gesamten Produktionszeit können nur geringe Anteile stärkerer Sortimente erwartet werden. Folglich erzielen undurchforstete Fichtenbestände nur eine geringe Wertleistung. Zusätzlich führt das Ausbleiben von Durchforstungen zu unannehmbar hohen hd-Verhältnissen, die die Einzelbäume und Bestände einer höheren Risikobelastung durch Sturm oder Schneebruch aussetzen, in deren Folge es in der Regel zu zusätzlichen Waldschutzproblemen durch Borkenkäfer kommt (VITÉ, 1984). Darüber hinaus hat der Verzicht auf frühe Deckungsbeiträge regelmäßig ungünstige betriebswirtschaftliche Auswirkungen auf Liquidität und finanziellen Erfolg.

(B) Nur mit bereits früh einsetzenden Durchforstungseingriffen, d.h. schon bei Oberhöhen von ca. 12 m, kann starkes Rundholz in kurzen (und risikoarmen) Produktionszeiträumen erzeugt werden. Nach der frühen Erstdurchforstung sind wiederkehrende Eingriffe in nicht zu langen Intervallen (z. B. in 3 m Höhenstufen) notwendig. Dies wird insbesondere aus der Durchforstungsvariante mit frühen zusätzlichen Eingriffen deutlich: die frühen Eingriffe führ-

ten zwar zu einer Steigerung des Durchmesserzuwachses und niedrigeren hd-Verhältnissen der herrschenden Bäume. Aufgrund des späteren Verzichts auf weitere Durchforstungen konnte dieses Zuwachs- und Stabilitätsniveau jedoch nicht langfristig aufrechterhalten werden. Die im Versuch bei einer Oberhöhe von 15 m beendet frühen Durchforstungen dieser Versuchsvariante sollten somit bei einer Anwendung im Forstbetrieb dauerhaft weitergeführt werden. Eine verbesserte Durchforstungsstrategie kombiniert damit frühe mit später konsequent fortgeführten Durchforstungen.

(C) Für diejenigen Fälle, in denen das Wirtschaftsziel auf die Produktion schwächerer Sortimente bei gleichzeitig möglichst hoher Volumenproduktion abzielt, kann eine waldbauliche Vorgehensweise ähnlich wie in der Behandlungsvariante mit späten zusätzlichen Eingriffen vorteilhaft sein: eine relativ hohe Anzahl von Z-Bäumen mit früher Erstdurchforstung gefolgt von danach später angesetzten zusätzlichen Eingriffen. Damit verbunden ist allerdings eine Reduktion des Durchmesserzuwachses. Die sich entwickelnden relativen hohen hd-Werte weisen allerdings den bei relativ großen Bestandesoberhöhen geführten späteren Durchforstungen ein vergleichsweise hohes Risikopotential zu. Eine nachträgliche Änderung des Produktionsziels hin zu Starkholz ist hier kritisch zu sehen aufgrund der zwangsläufig verlängerten Produktionszeiten, die eine höhere Risikobelastung durch Sturm, Schneebruch, Rotfäule und Borkenkäferschäden nach sich ziehen.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Anhand der südwestdeutschen Versuchsflächen des Europäischen Stammzahlversuchs wurden die Auswirkungen einer Z-Baum-Auslesedurchforstung auf Wachstum und wirtschaftlichen Ertrag der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) untersucht. Bei gleicher Ausgangsbaumzahl von 2500 Fichten je Hektar wurden undurchforstete Versuchsfelder mit Versuchsfeldern verglichen, auf denen ab einer Oberhöhe von 10,0 m eine Z-Baum-orientierte Erstdurchforstung durchgeführt worden war. Die durchforsteten Felder wurden nochmals bei einer Oberhöhe von 12,5 und 15,0 m durchforstet (sog. Variante mit früher Reduktion auf Endbaumzahl), oder mit Durchforstungen bei 20,0 und 22,5 m freigestellt (sog. Variante mit später Reduktion auf Endbaumzahl). Der Verzicht auf Durchforstung führte über den gesamten Beobachtungszeitraum von ca. 30 Jahren zu einer starken Abnahme der Einzelbaumstabilität mit hohen hd-Verhältnissen der herrschenden Fichten. Die beiden durchforsteten Varianten zeigten im Vergleich zu den undurchforsteten Feldern eine leichte Reduktion der Gesamtwuchsleistung an Volumen. Der mittlere Brusthöhendurchmesser der Vornutzungen lag auf den durchforsteten Feldern beträchtlich über demjenigen der undurchgeforsteten Felder, da hier nur Fichten über die natürliche Mortalität ausgeschieden waren. Der diskontierte Nettolös der durchforsteten Felder lag für die Variante mit später Reduktion auf die Endbaumzahl am höchsten. Es ist jedoch zu erwarten, dass bei frühen und zugleich dauerhaft weitergeführten Durchforstungen die offensichtlichen Vorteile beider hier gezeigten Durchforstungsvarianten gleichzeitig erreicht werden können.

## 6. Summary

Title of the paper: *The European Stem Number Experiment in Norway Spruce (Picea abies [L.] Karst.): Effect of Crop Tree Thinning on Growth, Timber Assortment and Economic Results*

The effect of crop tree thinning on growth and economic yield of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) was investigated using experimental plots from the IUFRO European stem number experiment in southwestern Germany. Unthinned plots were compared vs. plots with an early reduction of stem numbers at a dominant height of 10.0 m followed by either two earlier supplemental thinnings at heights of 12.5 and 15.0 m, or by two later supplemental thinnings

at heights of 20.0 and 22.5 m. Refraining from thinnings had led to a decreased stability with a low height-diameter-ratio of the dominant trees. In comparison to the unthinned plots, total volume production on the plots with earlier and later supplemental thinnings was slightly reduced. The mean dbh of the trees removed from the thinned plots was considerably higher compared to trees lost from the unthinned plots through natural tree mortality. The net present value produced by the thinned stands was highest if the first reduction of stem numbers had been followed by two later supplemental thinnings. However, if the first and early reduction of stem numbers is followed by continued (moderate) thinnings the benefits observed for the two thinning treatments can be reached simultaneously.

## 7. Résumé

Titre de l'article: *Effet de l'éclaircie sélective au profit d'arbres d'avenir sur la croissance, le rendement en catégories de produits et le rendement en valeur dans l'expérience européenne sur le nombre de tiges à l'hectare dans le cas de l'épicéa (Picea abies [L.] Karst.) dans le sud-ouest de l'Allemagne.*

Les effets d'une éclaircie sélective au profit d'arbres d'avenir sur la croissance et le rendement financier de l'épicéa (*Picea abies* (L.) Karst.) ont été étudiés. A partir d'un nombre d'arbres au départ de 2500 épicéas à l'hectare on a comparé des placettes d'expérience non éclaircies à des placettes sur lesquelles avait été pratiquée, au stade d'une hauteur dominante de 10 m, une première éclaircie sélective au profit d'arbres d'avenir. Les placettes éclaircies furent à nouveau éclaircies à une hauteur dominante de 12,5 m et de 15,0 m (variante dite de réduction précoce du nombre final de tiges), ou à une hauteur de 20,0 m et 22,5 m (variante dite de réduction tardive du nombre final de tiges). Le fait de n'avoir pas pratiqué d'éclaircie conduisit pendant l'ensemble de la période d'étude, environ 30 ans, à une forte diminution de la stabilité des tiges individuelles, accompagnée de rapports h/d élevés des épicéas dominants. Les deux variantes éclaircies ont montré, en comparaison avec les surfaces non éclaircies, une légère réduction de la production totale en volume. Le diamètre moyen à hauteur d'homme des récoltes intermédiaires sur les surfaces éclaircies dépassait nettement celui des surfaces non éclaircies, car dans ce dernier cas les épicéas n'étaient éliminés qu'en mourant naturellement. Le rendement financier net escompté des surfaces éclaircies s'est trouvé au plus haut dans le cas de la variante consistant en la réduction tardive du nombre final de tiges. Toutefois on peut s'attendre à ce que, dans le cas des éclaircies à la fois précoces et poursuivies régulièrement dans le temps, les avantages évidents des deux variantes d'éclaircies présentées ici pourront être atteints dans le même temps.

R. K.

## 8. Danksagung

Dieses Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen N° 0330622 (BMBF-Projekt Ostalb) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

## 9. Literatur

- ANON. (1977): The European stem number experiment in Norway spruce (*Picea abies* Karst.). Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg **80**, 80p.
- ANON. (1981): The European stem number experiment in Norway spruce (*Picea abies* Karst.) – 2<sup>nd</sup> Communication. IUFRO, Freiburg, Working Party S1.05.05 "Thinning Experiments", 307p.
- ANON. (1969): The European stem number experiment in Norway spruce – thinning and mechanization. In: IUFRO Conference, Royal College of Forestry, Stockholm, 201–206.
- ABETZ, P. (1969): Waldbauliche Versuche mit verschiedenen Pflanzensortimenten bei der Fichtenbestandsbegründung in Oberschwaben. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **140**, 65–75.

- ABETZ, P. (1975): Eine Entscheidungshilfe für die Durchforstung in Fichtenbeständen. Allgemeine Forstzeitschrift **30**, 666–667.
- ABETZ, P. (1980): Zum Konzept einer Z-Baum-orientierten Kontrollmethode. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **151**, 65–68.
- ABETZ, P. (1970): Biologische Produktionsmodelle als Entscheidungshilfen im Waldbau. Forstarchiv **41**, 5–9.
- ABETZ, P. und J. KLÄDTKE (2002): The target tree management system. Forstwissenschaftliches Centralblatt **121**, 73–82.
- ABETZ, P. und E. KÜNSTLE (1982): Zur Druckholzbildung bei Fichte. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **153**, 117–127.
- ABETZ, P. und H. PRANGE (1975): Waldbauliche Versuche mit verschiedenen Pflanzensortimenten bei der Fichtenbestandsbegründung in Oberschwaben. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **146**, 197–205.
- ABETZ, P. und P. UNFRIED (1984): Fichten-Standraumversuche im Forstbezirk Riedlingen/Donau. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **155**, 89–110.
- ABETZ, P. und P. UNFRIED (1983): Aststärken an Z-Bäumen in einem Fichten-Standraumversuch im Fbz. Riedlingen/Donau. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **154**, 189–197.
- ALDINGER, E., W. HÜBNER, H. G. MICHIELS, G. MÜHLHÄUSSER, M. SCHREINER und M. WIEBEL (1998): Überarbeitung der standortkundlichen regionalen Gliederung im Südwestdeutschen Standortkundlichen Verfahren. Mitt. Ver. Forstl. Standortskde. u. Forstpflanzenzüchtung **39**, 5–7.
- ASSMANN, E. (1970): The principles of forest yield study. Pergamon Press, New York.
- BÖSCH, B. (2001): Neue Bonitierungs und Zuwachshilfen. Wissenstransfer in Praxis und Gesellschaft – FVA Forschungstage 05.–06. Juli 2001, Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung, Band **18**: 266–276.
- BRAASTAD, H. (1970): A spacing experiment with *Picea abies*. Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen **28**, 295–329.
- BRAASTAD, H. (1979): Growth and stability in a spacing experiment with *Picea abies*. Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning **34**, 169–215.
- BRAASTAD, H. und B. TVEITE (2000): Ungskogpleie i granbestand. Effekten på tilvekst, diameterfordeling, kronhøyde og kvisttykkelse. Rapport fra skogforskningen **11**: 24 S.
- BRYNDUM, H. (1978): Der Einfluß verschiedener Durchforstungsstärken auf Massen- und Wertleistung der Fichte am Beispiel der dänischen Versuchsfelder. Forstwissenschaftliches Centralblatt **97**, 302–313.
- BW-HKS (1983): Gesetzliche Handelsklassensortierung für Rohholz (Forst-HKS) mit Ergänzungsbestimmungen für Baden-Württemberg. Stuttgart, 25 S.
- BW-LFV (1997): Richtlinien zur Jungbestandspflege. Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg, Landesforstverwaltung Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart, 16 S.
- BW-LFV (2004): Jahresbericht 2004. Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg, Landesforstverwaltung Baden-Württemberg (Hrsg.).
- CARBONNIER, C. (1967): Comments on thinning programmes for spruce stands. Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen **22**, 139–155.
- HANDLER, M. M. (1988): Spacing experiment with *Picea abies*. Density, increment, diameter distribution and quality. Experiment 928, Mathiesen-Eidsvold Vaerk, Hurdal. Rapport, Norsk Institutt for Skogforskning **1/88**, 20.
- HANDLER, M. M. (1990): Spacing experiment with Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. experiment 626/627, Spikkestad. Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning, 43.4, 75. HEIN, S., MÄKINEN, H., YUE, C. und KOHNLE, U. (2007): Modelling branch characteristics of Norway spruce from wide spacings in Germany. Forest Ecology and Management **242**: 155–164.
- HERBSTTRITT, S., U. KOHNLE, P. ABETZ und G. KENK (Hrsg.) (2006): The European stem number experiment in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Bd. 66, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg, 132 S.
- HOLZERNTÉ-FVA (2005): Benutzerhandbuch – Kalkulationsprogramm HOLZERNTÉ 7.1. Entscheidungshilfe für Holzaufbereitung und -bringung, Holzvermarktung, Controlling und Waldbewertung, 91 S.
- HUSS, J. (1998): Eisschäden an Fichten in einem Durchforstungsversuch. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald **53**, 430–432.
- HYNNEN, J., A. AHTIKOSKI, J. SIITONEN, R. SIEVÄNEN und J. LISKI (2005): Applying the MOTTI simulator to analyse the effects of alternative management schedules on timber and non-timber production. Forest Ecology and Management **207**, 5–18.
- JAAKOLA, T., H. MÄKINEN und P. SARANPÄÄ (2005): Wood density in Norway spruce: changes with thinning intensity and tree age. Canadian Journal Forest Research **35**, 1767–1778.
- JOHANSSON, K. (1992): Effect of initial spacing on the stem and branch properties and graded quality of *Picea abies* (L.) Karst. Scandinavian Journal of Forest Research **7**, 503–514.
- JOHANSSON, K. und N. PETERSSON (1996): Effect of initial spacing on biomass production, butt rot frequency and graded yield of *Picea abies* (L.) Karst. Forest and Landscape Research **1**, 381–397.
- KENK, G. (1990): Fichtenbestände aus Weitverbänden – Entwicklung und Folgerungen. Forstwissenschaftliches Centralblatt **109**, 86–100.
- KOHNLE, U. und K. VON TEUFFEL (2004): Ist die Produktion von Fichten-Starkholz noch zeitgemäß in Baden-Württemberg? Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **175**, 171–182.
- MÄKINEN, H. und S. HEIN (2006): Effect of wide spacing on increment and branch properties of young Norway spruce. European Journal of Forest Research, online-first.
- MÄKINEN, H. und A. ISOMÄKI (2004): Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. Forestry **77**, 349–364.
- MÄKINEN, H., A. ISOMÄKI und T. HONGISTO (2006): Effect of half-systematic and systematic thinning on the increment of Scots pine and Norway spruce in Finland. Forestry **79**, 103–121.
- MÄKINEN, H., R. OJANSUU, P. SAIRANEN und H. YLI-KOJOLA (2003): Predicting branch characteristics of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst. from simple stand and tree measurements. Forestry **76**, 525–546.
- MERKEL, O. (1967): Der Einfluß des Pflanzverbandes auf die Aststärke der Fichte. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **138**, 113–125.
- MIELIKÄINEN, K. und S. VALKONEN (1991): Effect of thinning method on the yield of middle-aged stands in southern Finland. Folia Forestalia **776**, 22.
- MLR (1999): Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen. Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, Stuttgart.
- NIELSEN, C. (1990): Einflüsse von Pflanzabstand und Stammzahlhaltung auf Wurzelform, Wurzelbiomasse, Verankerung sowie auf die Biomasseverteilung im Hinblick auf die Sturmfestigkeit der Fichte. Frankfurt: J. D. Sauerländer's Verlag.
- PETERSEN, R. und H. SPELLMANN (1993): Fichtenverbandsversuch Braunlage 51. Forst und Holz **48**, 83–86.
- PHILIPP, K. (1924): Hilfstabellen für die Forsttaxatoren. Forstabteilung des Badischen Finanzministeriums (Hrsg.).
- PRETZSCH, H. (2004): Gesetzmäßigkeiten zwischen Bestandesdichte und Zuwachs. Lösungsansatz am Beispiel von Reinbeständen aus Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) und Buche (*Fagus sylvatica* L.). Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **175**, 225–234.
- ROTTMANN, M. (2002): Wind- und Sturmschäden im Wald: Beiträge zur Beurteilung der Bruchgefährdung, zur Schadensvorbeugung und zur Behandlung sturmgeschädigter Nadelholzbestände. Frankfurt: J. D. Sauerländer's Verlag, 128 S.
- SCHÖPFER, W., W. AVEMARK und D. STÖHR (1996): Sorten-, Erlös- und Kostenkalkulation in der Holzernte eine PC-gestützte Entscheidungshilfe für den Forstbetrieb. Forst und Holz **51**, 457–461.
- SLODICAK, M. und J. NOVAK (2006): Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion. For. Ecol. Manage. **224**, 252–257.
- SLODICAK, M., J. NOVAK und J. P. SKJOVSGARD (2005): Wood production, litter fall and humus accumulation in a Czech thinning experiment in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). For. Ecol. Manage **209**, 157–166.
- SPELLMANN, H. und J. NAGEL (1996): Zur Durchforstung von Fichte und Buche [Aspects concerning thinning of Norway spruce and beech]. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **167**, 6–15.
- SPELLMANN, H. und M. SCHMIDT (2003): Massen-, Sorten- und Wertertrag der Fichte in Abhängigkeit von der Bestandesbehandlung. Forst und Holz **58**, 412–419.
- STRÜTT, M. (1991): Betriebswirtschaftliche Modelluntersuchungen zu Z-Baum orientierten Produktionsstrategien in der Fichtenwirtschaft. Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität Freiburg, Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg **156**, 221 S.
- VITÉ, J. P. (1984): Erfahrungen und Erkenntnisse zur akuten Gefährdung des mitteleuropäischen Fichtenwaldes durch Käferbefall. Allgemeine Forstzeitschrift **39**, 249–252.
- VUOKILA, Y. (1980): The dependence of growth and yield on the density of spruce plantations in Finland. Folia Forestalia, 448, 15pp
- ZEIDE, B. (2002): Density and the growth of even-aged stands. For.Sci. **48**, 743–754.

# Analyse der Wertschöpfung durch Holznutzung aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive

(Mit 1 Abbildung und 1 Tabelle)

Von M. DIETER<sup>\*</sup>)

(Angenommen April 2008)

## SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

*Holznutzung; Wertschöpfung; Forst- und Holzwirtschaft; Input-Output-Analyse; Leontief-Multiplikator.*

*Use of wood; added value; input-output-analysis; Leontief's-multiplier.*

## 1. EINLEITUNG

Die zunehmende Konkurrenz um den Rohstoff Holz hat zur Folge, dass v. a. aus sektoraler Perspektive versucht wird, die Vorteilhaftigkeit bestimmter Verwertungslinien gegenüber alternativen Verwertungslinien zu bestimmen und herauszustellen. Hierzu wird häufig die Wertschöpfung herangezogen, die auf einer Einheit Rundholz in einer bestimmten Verwertungslinie basiert.

Mit dem folgenden Beitrag sollen einige grundsätzliche Probleme eines solchen Vorgehens aufgeführt und ein Ansatz vorgeschlagen werden, wie und unter welchen Bedingungen es zulässig ist, Wertschöpfung durch Holznutzung aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive abzuschätzen und in der Argumentation für eine bestimmte Verwertungslinie heranzuziehen.

## 2. THEORETISCHE VORÜBERLEGUNGEN

Der Ansatz, vom Aufkommen eines Rohstoffes auf gesamtwirtschaftliche Wertschöpfung zu schließen, ist insbesondere aus drei Gründen in dieser allgemeinen Form nicht zulässig.

### Substitution

In aller Regel lassen sich Güter zur Befriedigung einer bestimmten Nachfrage nicht nur auf Basis eines bestimmten Ausgangsstoffes herstellen. So ist Holz z. B. im Möbelbau durch andere Materialien wie Glas oder Edelstahl technisch substituierbar. Bei einer Verknappung und damit Verteuerung des betrachteten Gutes (z. B. Holzmöbel) werden die Verbraucher entsprechend ihrer individuellen Präferenzen das ursprünglich präferierte Gut durch alternative Güter substituieren. Die Verfügbarkeit des Rohstoffes Holz, z. B. für die Herstellung von Holzmöbeln, ist somit noch keine Bedingung für die Wertschöpfung in der Herstellung von Möbeln insgesamt einschließlich aller Vorarbeiten. (Aus wohlfahrtsökonomischer Sicht führen preisbedingte Substitutionen gleichwohl in aller Regel zu Nutzeneinbußen).

In ähnlicher Weise ist der derzeit ansteigende Einsatz von Rohholz zur Wärmeengewinnung zu sehen. Der Bedarf an Wärme wird zunehmend über Holz gedeckt und die damit entstehende Wertschöpfung ersetzt diejenige bei der Herstellung und dem Vertrieb von fossilen Brennstoffen.

Substitution kann aber nicht nur auf der Ebene der Endprodukte stattfinden. Auch Vorleistungsgüter lassen sich, zumindest in einem bestimmten Rahmen, durch andere Materialien ersetzen oder aus dem Ausland beziehen. Im letzteren Fall würde dem Inland die Wertschöpfung bis zu der Produktionsstufe des eingeführten Gutes verloren gehen.

<sup>\*</sup>) Korrespondierender Autor: MATTHIAS DIETER, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, Institut für Ökonomie. E-mail: matthias.dieter@vti.bund.de

## Verfügbarkeit komplementärer Produktionsfaktoren

Werden bestehende Verhältnisse von Wertschöpfung auf Endproduktebene zu Rohstoffeinsatz auf noch zusätzlich nutzbare Holz-mengen übertragen, wird übersehen, dass auch die komplementären Produktionsfaktoren in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen müssen und durch die steigende Nachfrage nach ihnen keine Preisänderungen auftreten dürfen.

Modellrechnungen mit dem globalen Gleichgewichtsmodell GTAP (HERTEL, 1998) haben zum Ergebnis, dass dieser Preissteigerungseffekt unter bestimmten Umständen von Bedeutung sein kann. Bei einer 50-prozentigen Angebotserhöhung der Forstwirtschaft in Deutschland verringert sich nach den Modellparametern von GTAP z. B. die Produktionsmenge der Papierindustrie, wenn auch nur marginal, aufgrund der höheren Preise für die anderen eingesetzten Produktionsfaktoren (KUIK, 2007). Hierbei ist zu beachten, dass der internationale Handel in GTAP als globalem Gleichgewichtsmodell eine wichtige Rolle bei der Räumung auch der nationalen Märkte besitzt.

## Vorhandensein entsprechender Nachfrage

Auch wenn die komplementären Produktionsfaktoren „untätig“ sind und daher ohne Erhöhung der Grenzkosten der betrachteten Produktionsfaktoren eingesetzt werden könnten, ist mit einer zusätzlichen Einheit Rohholz noch keine zusätzliche Wertschöpfung verbunden. Da ökonomische Systeme eher durch die Nachfrage als durch das Angebot bestimmt werden (MOOG, 1987, S. 52), entsteht das errechnete Faktoreinkommen und damit die Wertschöpfung nur, wenn auch die Endnachfrage nach den zusätzlichen Produkten in der gleichen Größenordnung vorhanden ist. Bestehen Kostenvorteile in der einheimischen Produktion, kann mit einer zusätzlichen Einheit Rohholz allerdings auch bei gleich bleibender Endnachfrage eine höhere inländische Wertschöpfung erreicht werden.

## Zwischenfazit

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass weder Wertschöpfung einem einzelnen eingesetzten Produktionsfaktor zugerechnet werden noch umgekehrt aus dem zusätzlichen Vorhandensein eines Produktionsfaktors auf induzierbare Wertschöpfung geschlossen werden darf. Auf freien Märkten werden die Produktionsfaktoren dort eingesetzt, wo ihre Entlohnung am höchsten ist. Liegen Produktionsfaktoren brach, ist ihre Grenzproduktivität gleich Null.

In der Realität unterliegen verschiedene Märkte jedoch Regulierungen und staatlichen Eingriffen. Mit verschiedenen Instrumenten z. B. der Klimapolitik (Erneuerbare-Energien-Gesetz, ökologische Steuerreform, Entscheidung für Waldbewirtschaftung als Klimaschutzoption nach Art. 3.4 Kyoto-Protokoll etc.) wirkt die Politik in Deutschland auch auf die Holzmärkte ein. Im Gegensatz zu der allgemeinen Frage von Wertschöpfung durch Holznutzung lässt sich in diesem Zusammenhang die eingeschränkte Frage stellen, wie sich eine Veränderung der Rohholzverfügbarkeit auf die Wertschöpfung im Sektor Forst- und Holzwirtschaft auswirkt. Ihr soll im folgenden nachgegangen werden.

Um die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen solcher Eingriffe in die Holzallokation bestimmen zu können, wäre ein umfassendes und gleichzeitig detailliertes ökonomisches Modell erforderlich. Die für ein solches Modell benötigten Substitutionselastizitäten als Eingangsparameter lassen sich aber aufgrund fehlender Ausgangsdaten in der Praxis kaum bestimmen.

Auch ohne ein derartiges Modell lassen sich unter Beachtung der oben genannten Einschränkungen und damit unter bestimmten Voraussetzungen die Auswirkungen einer Veränderung der Rohstoffverfügbarkeit, z. B. infolge politischer Maßnahmen, auf die Wertschöpfung abschätzen.

### 3. METHODE UND DATENGRUNDLAGE

Zur Vereinfachung der Darstellung wird im folgenden unter Veränderung der Rohstoffverfügbarkeit immer eine Erhöhung verstanden. Die Ergebnisse gelten mit umgekehrtem Vorzeichen auch für eine Verringerung.

Soll eine Erhöhung des Rohholzaufkommens eine signifikante Auswirkung auf die gesamtwirtschaftliche Wertschöpfung besitzen, müssen nach den theoretischen Vorüberlegungen folgende Voraussetzungen erfüllt sein: (1) Substitutionseffekte sind zu vernachlässigen, (2) die Erhöhung der Produktion darf die komplementären Produktionsfaktoren nicht nennenswert verteuern und (3) die Nachfrage auf den betrachteten Produktmärkten muss vorhanden sein.

Derartige Bedingungen sind am ehesten für die Ebene der Halbwaren aus Holz und bei einer Produktion für die Weltmärkte gege-

ben. Bei den Halbwaren aus Holz besitzt der Wert des eingesetzten Holzes noch einen hohen Anteil gegenüber den anderen Produktionsfaktoren. Eine Erhöhung der Produktion wirkt sich damit relativ schwach auf die Nachfrage nach den anderen Produktionsfaktoren aus. Aufgrund seines hohen Anteils lässt sich Holz auf der Halbwarenebene zudem nur schwerer substituieren und kann als limitierender Faktor der Produktion angesehen werden.

Die global wachsende Nachfrage nach Holz und Produkten auf Basis Holz lässt erwarten, dass die zusätzliche Produktion – internationale Wettbewerbsfähigkeit vorausgesetzt – auch abgesetzt werden kann, ohne dass im Inland der Absatz anderer Produkte zurückgeht. Ein hoher Ausfuhranteil eines Wirtschaftszweiges kann als Indiz für internationale Wettbewerbsfähigkeit und damit für den erforderlichen Zugang zum Weltmarkt angesehen werden.

Zudem ist zu prüfen, wie abhängig ein Wirtschaftszweig von inländischen holzbasierten Vorleistungen selber ist. Eine geringe Abhängigkeit, d. h. ein hoher spezifischer Einfuhranteil, würde vermuten lassen, dass dieser Wirtschaftszweig auch von einer inländischen Produktionserhöhung der holzbasierten Vorleistungen nur wenig profitieren würde.

Die Wirtschaftszweige, die den drei Kriterien (1) Zugang zu den Weltmärkten (Ausfuhranteil), (2) Produktion von Roh- und Halbwaren (hoher Holzanteil) und (3) niedriger spezifischer Einfuhranteil entsprechen, lassen sich aus *Abbildung 1* herauslesen. Aus dem Sektor Forst und Holz regelmäßig zugeordneten Produktionsbereichen (das ist die statistische Einheit der zugrunde liegenden

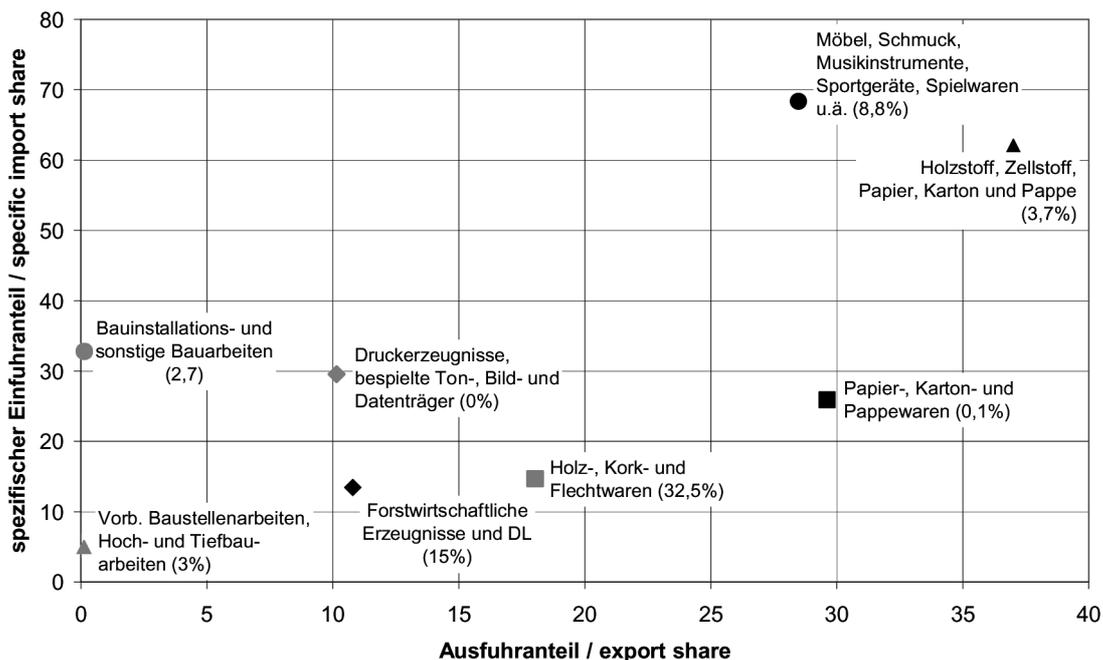


Abb. 1  
Ausgewählte Produktionsbereiche des Sektors Forst- und Holzwirtschaft, nach Anteil der Ausfuhr an der gesamten Verwendung und Anteil der Einfuhr am Vorleistungseinsatz, letzterer nur für Vorleistungen der Forst-, Holz- und Papierwirtschaft (Werte in Klammern: Inputkoeffizienten für Rohholz und Holzwaren).  
Datengrundlage: StBA, FS 18, R. 2, Tab. 1.1, 1.2, 1.3, Daten für 2004; DL Dienstleistungen.

Selected production branches of the forest industry sector, by share of export in total output and share of import in intermediate consumption, the latter only for the input of roundwood, wood products and pulp and paper (figures in brackets: input coefficients for roundwood and wood products).

- ◆ = Forest products and services (15%), ■ = cork and wood manufactures (32,5%), ▲ = pulp, paper and paperboard (3,7%), ▲ = preparing work on production sites, structural and underground engineering (3%), ● = installations and other construction work (2,7), ■ = paper and paperboard, cut to size or shape (0,1%), ● = furniture, jewellery, musical instruments, sports equipment, toys and the like (8,8%), ◆ = print products, sound, picture and record carrier (0%).

Input-Output-Tabellen) sind dies die Forstwirtschaft (forstwirtschaftliche Erzeugnisse und Dienstleistungen) und das Holzgewerbe (Holz-, Kork- und Flechtwaren). Für diese Produktionsbereiche wird im folgenden ermittelt, wie sich die Wertschöpfung durch eine zusätzliche Einheit Rohholz steigern ließe. Da die Kapazität der Zellstoffindustrie in Deutschland in den letzten Jahren deutlich gestiegen ist und daher eine stärkere inländische Arbeitsteilung erwartet werden kann, wird der Produktionsbereich Herstellung von Zellstoff, Papier, Karton und Pappe ebenfalls in diese Untersuchung mit aufgenommen. Wünschenswert wäre es zwar, nur die Herstellung von Holz- und Zellstoff zu betrachten. Diese lässt sich aus den Daten aber nicht separieren. Für die energieerzeugenden Produktionsbereiche lässt sich anhand der Input-Output-Tabellen keine Beziehung zur Forst- und Holzwirtschaft nachweisen. Eine entsprechende Wertschöpfungsanalyse kann daher nicht durchgeführt werden.

Die Abschätzung der Wertschöpfung durch eine zusätzliche Einheit Rohholz erfolgt anhand der Input-Output-Analyse. Sie basiert auf den Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes (StBA) in der tiefsten Untergliederung (71 Produktionsbereiche). Die Forstwirtschaft ist darin ein eigener Produktionsbereich. Er umfasst forstwirtschaftliche Erzeugnisse und Dienstleistungen auf der forstwirtschaftlichen Erzeugerstufe. Das Hauptprodukt dieses Produktionsbereiches in Deutschland ist Rohholz, andere Produkte wie Blattwerk und Zweige, in Baumschulen erzeugte Forstpflanzen oder forstliche Dienstleistungen besitzen nur ein geringeres Gewicht. Da sich der Produktionsbereich Forstwirtschaft nicht weiter unterteilen lässt, wird für den Zweck dieser Untersuchung der Produktionsbereich Forstwirtschaft gleich der Erzeugung von Rohholz gesetzt. Zur sprachlichen Vereinfachung wird im folgenden auch von einer Einheit Rohholz mehr anstelle von einer Einheit forstwirtschaftlicher Erzeugnisse und Dienstleistungen mehr gesprochen. Eine Einheit Rohholz ist Rohholz im Wert von 1 Mio. EUR, bewertet zu Herstellungspreisen.

Da die Input-Output-Rechnung ein beliebtes und weit verbreitetes Analyseinstrument ist, wird auf eine eingehendere Beschreibung verzichtet und auf die umfangreiche Fachliteratur (z. B. HOLUB, SCHNABEL, 1994; FRENKEL, JOHN, 1999, S. 191 ff) verwiesen.

Entsprechend der Bedingungen für die Untersuchung wird die Input-Output-Analyse für ein teilgeschlossenes Modell mit teilendogenisierter Endnachfrage gewählt. Darin seien die Ausfuhren exogen und die inländische Nachfrage endogen bestimmt. Mit diesem Ansatz lässt sich speziell die Wirkung errechnen, die die Erhöhung der Ausfuhr einer bestimmten Gütergruppe auf die inländische Wirtschaft besitzt. Der höhere Primäraufwand (v. a. Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen und Nettobetriebsüberschuss) wirkt in diesem Modell über eine höhere Endnachfrage wieder auf die Produktion zurück. Die Gleichung des teilgeschlossenen Modells lautet in Matrixschreibweise:

$$\mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{c} \mathbf{Y} + \mathbf{g} = \mathbf{x} \quad (1)$$

mit

$\mathbf{A}$  = quadratische nichtnegative Matrix der Inputkoeffizienten

$\mathbf{x}$  = n-elementiger Spaltenvektor der Produktion

$\mathbf{c}$  = n-elementiger Spaltenvektor des Anteils der einkommensabhängigen Endnachfrage (inländische Nachfrage)

$\mathbf{Y}$  = Skalar der Endnachfrage insgesamt

$\mathbf{g}$  = n-elementiger Spaltenvektor der autonomen Endnachfrage (Ausfuhr)

Da wegen der Gleichheit von Güteraufkommen und Güterverwendung die Summe des Primäraufwandes gleich der Summe der

Endnachfrage sein muss, lässt sich  $\mathbf{Y}$  auch über den Primäraufwand errechnen.

$$\mathbf{Y} = \mathbf{v}^T \mathbf{x} \quad (2)$$

mit

$\mathbf{v}^T$  = n-elementiger Zeilenvektor der Primäraufwandskoeffizienten

Gleichung 1 lässt sich damit umformen zu

$$\mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{c} \mathbf{v}^T \mathbf{x} + \mathbf{g} = \mathbf{x} \quad (3)$$

oder

$$\mathbf{g} = \mathbf{x} - \mathbf{A} \mathbf{x} - \mathbf{c} \mathbf{v}^T \mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{c} \mathbf{v}^T) \mathbf{x} \quad (4)$$

Definiert man eine neue Matrix  $\mathbf{Z}$  als

$$\mathbf{Z} = \mathbf{A} + \mathbf{c} \mathbf{v}^T \quad (5)$$

so lässt sich das Modell mit teilendogenisierter Endnachfrage folgendermaßen schreiben:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{g} \quad (6)$$

Im Anhalt an HOLUB und SCHNABEL (1994, S. 456) wird die Matrix  $(\mathbf{I} - \mathbf{Z})^{-1}$  modifizierte Leontief-Inverse genannt. Die Koeffizienten darin werden als modifizierte inverse (Input-) Koeffizienten bezeichnet. Sie sind gleich den inversen Koeffizienten im offenen Input-Output-Modell zu interpretieren. In ihrem Betrag drückt sich jedoch die Rückkopplung zwischen Endnachfrage und Wertschöpfung aus. Erwartungsgemäß sind sie daher höher.

#### 4. ERGEBNISSE

Für das vorgestellte teilgeschlossene Modell wird für das Jahr 2004 die modifizierte Leontief-Inverse berechnet. *Tabelle 1* enthält einen kleinen Ausschnitt daraus für die im letzten Kapitel herausgearbeiteten Produktionsbereiche und ihre Beziehung zur Produktion in der Forstwirtschaft. Die Koeffizienten drücken aus, um welchen Betrag die Produktion in der Forstwirtschaft steigt, wenn die Nachfrage des Auslands (Ausfuhr) um eine Einheit ansteigt. Der Kehrwert des Koeffizienten lässt sich als der Betrag interpretieren, um den die Ausfuhr ansteigt, wenn die Produktion in der Forstwirtschaft um eine Einheit erhöht würde.

Wird jeweils die Ausfuhr nur einer Gütergruppe betrachtet, entspricht der Wert der ausgeführten Warengruppe der Wertschöpfung bis zu dieser Produktionsstufe, da in diesem Wert die Summe der Wertschöpfungen aller vorgelagerten Produktionsbereiche enthalten ist. Der Kehrwert des modifizierten inversen Koeffizienten bezeichnet also die gesamte Wertschöpfung, die mit einer zusätzlichen Einheit Rohholz durch die Ausfuhr der betrachteten Gütergruppe erzielt wird.

Diese Einschränkungen auf die Ausfuhr verdeutlichen der Koeffizient und sein Kehrwert für die Forstwirtschaft. Wird eine Einheit Rohholz vom Ausland mehr nachgefragt, steigt die Produktion um 1,15 Einheiten. Eine Erhöhung der Rohholzproduktion um eine Einheit erhöht umgekehrt den Auslandsabsatz um 0,9 Einheiten. Die fehlende Wertschöpfung zu mindestens eins erscheint in anderen Produktionsbereichen. Wegen der konstanten Faktorrelationen erhöht sich nämlich in allen Produktionsbereichen die Produktion bei Veränderung einer einzigen Produktionseinheit. Für Produktionsbereiche, die nur einen geringen Input-Koeffizient z. B. für Holz oder Produkte auf Basis Holz besitzen, würde eine marginale Erhöhung deren Einsatzes eine große Erhöhung des Produktionswertes bedeuten, was die eingangs genannten Voraussetzungen verletzen würde. Aus diesem Grund wird nur der Zusammenhang zwischen dem Wert der Rohholzproduktion und dem Wert der ausgeführten Gütergruppe betrachtet. Diese für manche Analyse Zwecke sehr hinderliche Starrheit des Modells wird von LEONTIEF (1960, S. 177) selber feststellt und bemängelt.

Tab. 1

**Modifizierte inverse Koeffizienten, deren Kehrwerte und Spaltensummen für ausgewählte Produktionsbereiche der Input-Output-Tabelle 2004.**

**Modified inverse coefficients, their reciprocals and column sums for selected production branches of the input-output-table 2004.**

		Erz.v. Produkten der Forstwirtschaft	H.v.Holz und Holz- erzeugnissen	H.v.Holzstoff, Zellstoff, Papier, Karton und Pappe
		1	2	3
Forstwirtschaftliche Erzeugnisse (Kehrwert)	A	1,151	0,096	0,034
	B	(0,9)	(10,4)	(29,0)
Spaltensumme über alle Produktions- bereiche	C	5,452	5,998	5,788

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage StBA, FS 18, R. 2, Tab. 1.3 (inländische Produktion zu Herstellungspreisen). Erz. v.: Erzeugung von; H. v.: Herstellung von.

A forest products and services; B reciprocal; C column sum of all production branches; 1 forestry; 2 manufacture of wood products; 3 manufacture of pulp and paper.

Gleichbleibende Produktionskosten und damit gleich bleibende Wettbewerbsfähigkeit sowie ein wachsender Weltmarkt vorausgesetzt, lässt sich mit einer Einheit Rohholz mehr eine um den Faktor zehn höhere Wertschöpfung erzielen, wenn Rohholz zu Holzzeugnissen (Schnittholz, Holzwerkstoffe, konstruktive Bauteile und Verpackungen aus Holz sowie Holzwaren i. e. S.) verarbeitet (und ausgeführt) wird. Wird die zusätzliche Einheit Rohholz für die Herstellung von Zellstoff und Papier, Karton und Pappe eingesetzt, kann die zusätzliche Wertschöpfung sogar bis knapp das 30-fache betragen.

## 5. DISKUSSION

Mit der vorstehenden Untersuchung wird die Wirkung, die eine zusätzliche Einheit Rohholz unter bestimmten Voraussetzungen auf die gesamtwirtschaftliche Wertschöpfung ausübt, quantifiziert. Wegen der zu erfüllenden Voraussetzungen resultiert die ermittelte Wertschöpfung nur aus einigen Produktionsbereichen. Deren Identifikation erfolgt nicht anhand fester Kriterien, sondern eher weicher Indizien. Die Ergebnisse geben daher auch eher eine Größenordnung als einen genauen Wert an. Zudem bezieht sich die Untersuchung auf das Jahr 2004; die Ergebnisse sollen aber für die laufende Politikberatung eingesetzt werden. Auch wegen aktueller Marktänderungen können die Ergebnisse daher nur eine Größenordnung darstellen.

Die Beschränkung auf bestimmte Produktionsbereiche ist eine charakteristische Notwendigkeit sektoraler Analysen. Sie kann sich auch für die Input-Output-Analyse ergeben, obwohl diese grundsätzlich eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung zulässt. Auch MOOG (1987, S. 109 ff.) stand bei seiner Analyse möglicher Preiswirkungen von Waldschäden anhand der Input-Output-Tabellen vor diesem Problem. Er beschränkte sich ebenfalls auf die Forstwirtschaft und die von ihr am stärksten input-abhängigen Produktionsbereiche.

In der internationalen Literatur finden sich einige Studien mit vergleichbarer Fragestellung. Oftmals wird in ihnen aber nur der Effekt berücksichtigt, den die Erhöhung der Endnachfrage nach einer Einheit Rohholz auslöst, nicht aber der Effekt, den die Weiterverarbeitung bewirkt (ROBERTS et al., 1999; PACEC, 2000; DAVIES, WALTON, 2005). Diese Studien geben an, wie sich die Produktion einer zusätzlichen Einheit Rohholz für die Endnachfrage

auf die gesamte Wirtschaft auswirkt. Für das offene Modell (international hat sich der Begriff Typ 1 eingebürgert) passen die Ergebnisse meist gut zusammen. Für das teilgeschlossene Modell hingegen (international Typ 2) liegt der sich für Deutschland ergebende Wert (Spaltensumme der Leontief-Multiplikatoren, Tab. 1) mit 5,45 deutlich höher als beispielsweise die Werte für Schottland (2,06) und Waihi, Neuseeland (1,96). Da es im Gegensatz zum offenen Modell aber nicht nur ein teilgeschlossenes Modell gibt, sondern je nach Fragestellung und damit je nach Annahme über die Anteile einkommensabhängiger und autonomer Endnachfrage viele verschiedene, kommt als Erklärung für die Differenz der Ergebnisse auch eine unterschiedliche Aufteilung der Endnachfrage in Betracht.

BRIAN und MUNN kommen in ihrer Untersuchung dem Untersuchungszweck der vorliegenden Untersuchung recht nahe. Sie berechnen das zusätzliche Wirtschaftswachstum durch Holzernte modellgestützt und ebenfalls auf Basis von Input-Output-Tabellen. Nach Umrechnung von board foot in Kubikmeter (1 Mio. bdf entspricht ca. 2.360 m<sup>3</sup>) ergibt sich eine zusätzliche Wertschöpfung je zusätzlichem Kubikmeter von ca. 76 USD im Süden der USA und ca. 140 USD im pazifischen Nordwesten. Da ihr Beitrag keine Informationen über den Wert des eingesetzten Kubikmeters Rohholz enthält, können die Ergebnisse nicht direkt verglichen werden. Zudem bleibt offen, welche Produktionsbereiche Brian und Munn genau untersucht haben.

Eine in Deutschland und Europa stärker wahrgenommene Studie zum Thema Wertschöpfung in alternativen Holzverwendungen stammt von Jaakko Pöyry Consulting. In ihr wird die energetische Verwendung einer Tonne trockenen Holzes der Verwendung in der Papierkette (Zellstoff- und Papierindustrie, Verlags- und Druckereiwesen) gegenübergestellt. Während für die energetische Verwendung immerhin eine Wertschöpfung von 118 EUR errechnet wird, liegt die Wertschöpfung bei Verwendung der Tonne Holz in der Papierkette bei 1.670 EUR. Wird ein Preis von 70 EUR/t unterstellt, errechnet sich für die Papierkette ein Faktor für die Wertschöpfung von 24. Dieser Wert würde ganz gut mit dem hier vorgestellten Ergebnis für die Zellstoff und Papierindustrie übereinstimmen. Da Jaakko Pöyry Consulting jedoch auch die Weiterverarbeitung zu Papierwaren und Verlagszeugnissen einbezieht, lassen sich stärkere Abweichungen im Endergebnis erwarten.

Deren Klärung ist allerdings nicht möglich, da die Studie von Jaakko Pöyry Consulting nicht verfügbar ist, sondern nur deren Ergebnisse.

Die Wertschöpfung je Einheit Rohholz der vorliegenden Untersuchung unterscheidet sich stark nach der Verwertungslinie und der Produktionsstufe. Für Holzzerzeugnisse errechnet sich ein Wert von gut 10 Einheiten, für Zellstoff und Papier liegt er bei knapp 30. Bei der Interpretation dieses Wertes ist jedoch zu beachten, dass die Hersteller von Zellstoff und Papier als ein gemeinsamer Produktionsbereich nur eine vergleichsweise geringe Bindung an den Rohstoff Holz besitzen und die errechnete Wertschöpfung daher eher als Obergrenze anzusehen ist. Für die energetische Verwertung von Holz lässt sich keine entsprechende Aussage machen. Die Verflechtung zwischen der Forst- und Holzwirtschaft und den Energieerzeugern insgesamt ist zumindest derzeit noch zu unbedeutend, als dass die Input-Output-Tabellen darüber Auskunft geben würden.

Wird Holz energetisch verwendet und ersetzt dabei fossilen Brennstoff, kann der energetischen Verwendung die Wertschöpfung einer alternativen Verwertungslinie als Opportunitätskosten in Rechnung gestellt werden. Dies bedeutet aber nicht, dass Energiegewinnung aus Holz volkswirtschaftlich nachteiliger wäre als die Herstellung von Holz- oder Papierwaren. Die Vermeidung von Emissionen (Energie aus nachhaltig erzeugter Biomasse ist CO<sub>2</sub>-neutral) besitzt positive externe Effekte, die in einer volkswirtschaftlichen Analyse berücksichtigt werden müssen. Sie lassen sich derzeit jedoch nur sehr grob bewerten. Der Europäische Emissionshandel ist wegen offensichtlicher Überausstattung der Betriebe in der ersten Handelsperiode noch kein gutes Abbild tatsächlicher Knappheiten und wissenschaftliche Studien zu den volkswirtschaftlichen Kosten von Emissionsvermeidung veralten mit dem Fortschritt der Umsetzung der untersuchten Maßnahmen.

Allerdings besitzt auch eine stoffliche Verwendung von Holz positive externe Klimaeffekte. Während die energetische Verwertung von Holz jedoch den vollen Wert der Emissionsvermeidung als volkswirtschaftlichen Nutzen verdient, kann Holzprodukten als Ergebnis der stofflichen Verwertung nur eine zeitlich befristete Klimaschutzwirkung angerechnet werden. Je nach Verwendungsart kann diese Wirkung aber auch sehr lang sein. In eine umfassende volkswirtschaftliche Analyse wären zudem noch weitere Aspekte wie Feinstaubbelastung oder Arbeitsplätze zu berücksichtigen. Dies ist aber nicht Gegenstand der vorgestellten Untersuchung.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Beitrag widmet sich der Frage, ob und wie Wertschöpfung durch Holznutzung ermittelt werden kann. Auf Grundlage der Diskussion grundsätzlicher Probleme bei der Beantwortung dieser Fragen werden drei Voraussetzungen herausgearbeitet, unter denen es zulässig erscheint, der (zusätzlichen) Nutzung von Holz eine (zusätzliche) Wertschätzung zuzuordnen: (1) Zugang zu einem wachsenden Weltmarkt (hoher Ausfuhranteil), (2) Betrachtung von Waren mit hohem Holzanteil (Rohholz und Holzwaren) und (3) hohe Abhängigkeit vom inländischen Holzauflkommen (geringer Holz-Einfuhranteil). Diese drei Bedingungen werden von der Forstwirtschaft, dem Holzgewerbe sowie, mit Abstrichen hinsichtlich des Holzanteils, der Zellstoff- und Papierindustrie erfüllt (*Abb. 1*). Mit Hilfe eines teilgeschlossenen Input-Output-Modells wird der Zusammenhang zwischen zusätzlicher Auslandsnachfrage nach Produkten des Holzgewerbes und der Zellstoff- und Papierindustrie einerseits und der Produktion von Rohholz andererseits errechnet. Wird eine Einheit Rohholz (mehr) für die Verarbeitung zu und den Export von Holzwaren eingesetzt, errechnet sich eine zehnfache (zusätzliche) Wertschöpfung. Bei Weiterverarbeitung zu und Export von Zellstoff und Papier kann die (zusätzliche) Wertschöpfung sogar bis fast das dreißigfache des

eingesetzten Rohholzwertes betragen (*Tab. 1*). Für eine Analyse der Wertschöpfung in der energetischen Verwendung von Holz bieten die Input-Output-Tabellen bisher noch keine Daten. Für eine umfassende volkswirtschaftliche Analyse wären zuletzt die externen Effekte unterschiedlicher Holzverwendung zu berücksichtigen. Aufgrund der unzureichenden Datenlage wäre dies aber ein eigenes, umfangreiches Projekt.

## 7. Summary

Title of the paper: *Analysis of added value through the use of wood from an economic perspective.*

The study is dedicated to the question, whether and if how, added value through the use of wood can be quantified. After a brief discussion of problems connected with this question (substitutions on intermediate and finale consumption level, availability of "idle" complementary factors and existence of the respective demand) three necessary prerequisites have been derived. A quantification of the potential added value induced by the removal of one unit of roundwood must be restricted to those branches which (1) have access to a growing timber market (high export share), (2) produce commodities with a relative high timber share (raw-, semi-finished wood products) and (3) are highly dependent on domestic timber availability (low import share of roundwood, wood products and pulp and paper). In Germany, forestry, the manufacturers of wood products and the manufacturers of pulp and paper comply with these criteria and are therefore further analysed.

A partly closed input-output-model (type2) has been applied which allows to analyse the relationship between an additional foreign demand for wood products and pulp and paper on the one hand and the production of roundwood on the other hand. The model is calculated with the 2004 input-output-data of the Federal Statistical Office.

Processing of one unit roundwood to wood manufactures for export creates a ten times higher added value than the roundwood value. In the case of processing the unit round wood to pulp and paper the added value can rise up to almost 30 times of the round wood value.

Due to the minor significance of timber based energy related to total energy production and consumption in Germany, even the recent input-output-tables show no relationship between the production of wood and the energy sector. For this reason the analysis could not be extended to the effects on the added value in the energy sector. Finally, a comprehensive economic analysis would require consideration of external effects like climate change mitigation. However, data availability confines the study to the presented results.

## 8. Résumé

Titre de l'article: *Analyse de la création de valeur par l'utilisation du bois dans une perspective économique d'ensemble.*

La présente contribution se consacre à la question de savoir si et comment une valeur ajoutée peut être obtenue grâce à l'utilisation du bois. Sur la base de la discussion des problèmes manifestement liés à la réponse à cette question, trois conditions préalables ont été dégagées, selon lesquelles il apparaît possible de relier à une utilisation (supplémentaire) de bois une valeur ajoutée (supplémentaire): (1) accès à un marché mondial en expansion (forte exportation), (2) bonne opinion vis à vis des marchandises comportant une forte proportion de bois (bois matière première, bois produit manufacturé) et (3) forte dépendance vis à vis de la production intérieure de bois (faible importation de bois). Ces trois conditions sont remplies par l'exploitation forestière, l'industrie du bois, l'industrie de la pâte à papier et du papier (*Figure 1*). À l'aide d'un

modèle d'entrée-sortie (input-output) partiellement fermé on a calculé la relation entre une demande extérieure supplémentaire en produits de l'industrie du bois et de l'industrie de la pâte à papier et du papier d'une part, et la production de bois brut d'autre part. Si l'on introduit un, sous forme de bois brut (en plus), dans la première transformation et dans l'exportation de marchandises tirées du bois, on arrive à une création de valeur (ajoutée) de dix. Dans le cas de la transformation secondaire et de l'exportation de pâte à papier et de papier, la valeur créée (ajoutée) peut atteindre jusqu'à presque trente fois la valeur du bois brut engagé dans le processus (Tableau 1). En ce qui concerne une analyse de valeur ajoutée dans le domaine de l'utilisation énergétique du bois les tables d'entrée-sortie (input-output) ne fournissent pas encore de résultats. Pour une analyse socio-économique complète il faudrait prendre en considération les effets externes d'une utilisation différente du bois. Du fait de l'insuffisance actuelle de données, cette question pourrait constituer à elle seule un vaste projet.

R.K.

## 9. Literaturhinweise

BRIAN, M. C. and I. A. MUNN: An Input-Output Analysis of the Incremental Contribution of Timber Harvests to the Regional Economies of the South and the Pacific Northwest. Approved for publication as Journal Article No. FO 122 of the Forest and Wildlife Research Center, Mississippi State University.

- DAVIES, P. and M. WALTON (2005): The economic environment of Waihi – a review. Report to Hauraki District Council. NZIR ([www.nzier.org.nz](http://www.nzier.org.nz)).
- FRENKEL, M. und K. D. JOHN (1999): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung. München: Vahlen.
- HERTEL, T. (1998): Global Trade Analysis – Modelling and Applications. Cambridge University Press.
- HOLUB, H.-W. und H. SCHNABL (1994): Input-Output-Rechnung: Input-Output-Analyse: Einführung. München, Wien: Oldenbourg.
- Jaakko Pöyry Consulting in CEPI (Confederation of European Paper Industries) (2003): Renewable Raw materials vs Renewable Energy. Two competing goals. Brussels ([www.cepi.org](http://www.cepi.org)).
- KUIK, O. (2007): Global Economic Scenarios for the PDS Project. vrije Universiteit Amsterdam, Institute for Environmental Studies (interner Projektbericht im Auftrag der BFH).
- LEONTIEF, W. (1960): The structure of American economy 1919–1939. New York: Oxford University Press.
- MOOG, M. (1987): Die Eignung quantitativer und qualitativer Input-Output-Modelle zur Beurteilung wirtschaftlicher Konsequenzen der Waldschäden. In: Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, Reihe A, Bd. 29. Göttingen.
- PACEC (Public and Corporate Economic Consultants) (2000) English Forestry Contribution to Rural Economies. Final Report. (<http://www.pacec.co.uk>).
- ROBERTS, D., N. CHALMERS, B. CRABTREE, A. THORBURN, D. VAN DER HORST, G. WATT and K. THOMSON (1999): Scottish forestry: an Input-Output Analysis. Macaulay land use research institute, John Clegg & Co., University of Aberdeen.
- StBA (Statistisches Bundesamt): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen – Input-Output-Rechnung; Fachserie 18, Reihe 2. Wiesbaden.

## Nachruf

### Zum Gedenken an Frau Professor Dr. CHRISTIANE VOLGER

In kleinem Kreis wurde Frau VOLGER auf dem schönen Friedhof in Münster-Angelmodde begraben. Sie war am 17. September 2008 im Alter von 91 Jahren in einem Pflegeheim in Münster/Westf. gestorben.

CHRISTIANE VOLGER, geboren am 6. August 1917 als Tochter des Forstmeisters HANS VOLGER in Oldenburg, studierte Forstwissenschaft an den Fakultäten der Universitäten Göttingen (damals in Hann.Münden) und Freiburg i. Br. Sie wurde 1943 wissenschaftliche Assistentin bei Professor Oelkers am Institut für Waldbau-Technik, wie es damals hieß. Dessen Nachfolger, Professor Dr. OLBERG, regte sie an, eine Dissertation über das von ihm verwaltete Lehrforstamt Oedelsheim an der Weser zu schreiben. Ihm schwebte eine Schilderung der Bestandesgeschichte vor, wie er sie für das Forstamt Chorin (Mark Brandesburg) verfasst hatte. CHRISTIANE VOLGER dagegen legte eine klassische, weit ausgreifende forstgeschichtliche Studie vor (1954, unveröffentlicht, 330 S.). In der folgenden Zeit wandte sie sich experimentellen Untersuchungen aus dem Grenzgebiet zwischen Waldbau und Forstschutz zu: Abwehr von Keimlingskrankheiten der Nadelbäume, Zurückdrängung verjüngungshemmender Bodenvegetation, Rotfäule der Fichte. Im

Rahmen dieser Tätigkeit leitete sie mit besonderer fachlicher und persönlicher Betreuung mehr als 20 Diplomarbeiten an, von denen einige publiziert wurden. 1969 legte sie ihre Habilitationsschrift vor: „Der Adlerfarn und seine Bekämpfung mit Aminotriazol“ (Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 41). Dabei handelt es sich nicht um eine verfahrenstechnische Darstellung, sondern um eine ausführliche Studie über die Biologie dieses weltweit verbreiteten Farns und vor allem um eine damals ganz neuartige Untersuchung der Translokation des Herbizids mit papierchromatischen und radiochromatischen Methoden. 1973 wurde sie apl. Professorin und übernahm 1978 als planmäßige Professorin (C3) das Lehr- und Forschungsgebiet Forstschutz, das sie bis zu ihrer Pensionierung 1983 vertrat.

Im Waldbau-Institut war sie durch ihre rastlose und durchaus eigenwillige Hingabe an die wissenschaftliche Arbeit, vor allem aber wegen ihrer großzügigen Freundlichkeit sehr beliebt. Die Fakultät hat ihr durch mannigfaltige Aktivitäten, besonders als Vorsitzende des Bibliotheksausschusses und des Vereins „Wissenschaft und Schrifttum“ zu danken.

ERNST RÖHRIG, Göttingen

# Nachruf

## GÜNTER WENK

Am 18.10.2008 verstarb nach kurzer schwerer Krankheit Prof. Dr. rer. silv. habil. GÜNTER WENK, Nestor der Tharandter „Waldwachstumslehre“.

Prof. GÜNTER WENK wurde am 9. Mai 1931 in Pirna geboren. Ab 1945 absolvierte er eine Waldarbeiterlehre in der Oberförsterei Graupa und arbeitete anschließend zwei Jahre im Stadtforst Pirna. Nach erfolgreichem Abschluss des Abiturs an der Arbeiter- und Bauernfakultät (ABF) der TH Dresden studierte er von 1952 bis 1956 Forstwirtschaft in Tharandt. Dem Studium folgte eine zweijährige Tätigkeit am Potsdamer Institut für Forsteinrichtung und Standortserkundung. 1958 kehrte er zurück nach Tharandt an das Institut für Forsteinrichtung. Die dreijährige Assistententätigkeit beendete er 1961 mit der Promotion zur optischen Linientaxation. Bereits vier Jahre später, mit 34 Jahren, legte er die Habilitation zum Thema „Methodische Untersuchungen zur Durchführung einer exakten Zuwachskontrolle“ vor, die er 1966 verteidigte. Zeitgleich mit der Abgabe der Habilitationsschrift wurde er von Tharandt zum VEB (Volkseigener Betrieb) Forstprojektierung nach Potsdam abgeordnet. 1967 übernahm GÜNTER WENK als kommissarischer Direktor das Tharandter Institut für Ertragskunde, das 1968 im Wissenschaftsbereich Forsteinrichtung und Forstliche Ertragskunde aufging, und wurde zum Dozenten für „Holzmesskunde und Forstliche Zuwachs- und Ertragslehre“ berufen. 1978 erfolgte in Anerkennung seiner Leistungen als Hochschullehrer und Wissenschaftler die Berufung zum außerordentlichen Professor. Sein Bemühen um Eigenständigkeit des Fachgebietes erfüllte sich 1991, fünf Jahre vor seiner Emeritierung, mit der Gründung des Instituts für Waldwachstum und Forstliche Informatik.

Der gesamte wissenschaftliche Lebensweg von GÜNTER WENK war geprägt durch seine Neigung zur Mathematik. Stets bewegten ihn die Fragen: „Was muss wann, wie, in welchem Umfang und mit welcher Genauigkeit gemessen werden?“ Folgerichtig kamen von ihm Beiträge zur mathematisch-statistischen Holzvorratsinventur (Winkelmessmethode) bzw. Leistungskontrolle in der Forsteinrichtung (Formzahl- und Volumenfunktionen, Ausbauchungsreihen, Schaftkurvenfunktionen). Mit ganzer Kraft und Leidenschaft widmete er sich der Modellierung des Wachstums von Bäumen und Beständen. Bereits 1969 veröffentlichte er seine Zuwachsprozentfunktion und 1973 publizierte er die grundlegenden Algorithmen für die Prognose des Volumenwachstums. 1985 wurde die auf diesen Grundlagen erstellte und verifizierte Fichtenertragstafel in das Forsteinrichtungsverfahren der DDR eingeführt und ist nunmehr seit über 20 Jahren im Gebrauch und Planungsgrundlage in den ostdeutschen Bundesländern. Die Modellierung des Baum- und Bestandeswachstums blieb auch über die Emeritierung hinaus sein berufliches Lebenselixier. So fand der Wachstumssimulator DYNAMOBEM in Qualifizierungsarbeiten für in- und ausländi-

sche Baumarten Anwendung. Parallel dazu galt seine Aufmerksamkeit der Weiterentwicklung des Durchmesserverteilungssimulators VESO und der Einzelbaummodellierung. Dabei zog es ihn des Öfteren zu Kollegen und Freunden nach Wales (Großbritannien), wo seine Arbeit und sein unerschöpflicher Ideenreichtum sehr geschätzt wurden. Er beteiligte sich engagiert an der Arbeit einer Forschergruppe in Bangor, die sich mit dem einzelbaumorientierten Wachstum der Sitkafichte beschäftigte. Impulse schöpfte er außerdem aus den langfristigen ertragskundlichen Versuchsflächen, denen er einen beachtlichen Teil seiner Zeit widmete. Als wissenschaftlichem Leiter oblag ihm knapp 30 Jahre lang die Betreuung von über 600 Versuchspartnern (im sächsischen, thüringischen und sachsen-anhaltinischen Raum). Die Versuchsflächen sicherten ihm die experimentelle Basis seiner Forschung und waren für ihn zugleich wichtiges Bindeglied zur Praxis. Wann immer er Zeit fand, beteiligte er sich an den Messarbeiten und entwickelte dafür auch eine spezielle Methode der Volumenzuwachsbestimmung. Die Breite der mathematischen Formulierungen des Wachstums von Waldbeständen (u. a. auch Standflächenberechnung, Zuwachs und Witterung, Vornutzungsmodellierung etc.) und seine Folgerungen aus den Versuchen werden überzeugend im Buch „Waldertragslehre“ dokumentiert, das er federführend mit den Koautoren ANTA-NAITIS (Litauen) und ŠMELKO (Slowakei) herausgegeben hat. Es zeugt von einer langjährigen, wissenschaftlich fundierten, konsequenten Forschung und der gleichzeitigen Verfolgung eines eigenen Weges, wobei er den konstruktiven wissenschaftlichen Meinungsstreit nicht scheute. Kennzeichnend für ihn waren Verantwortungsbewusstsein, Fleiß und Beharrlichkeit, aber auch Kollegialität, Bescheidenheit und Ehrlichkeit.

Als Hochschullehrer betreute er 13 Promotionen und 2 Habilitationen und eine Vielzahl von Diplomanden. Seine Anforderungen an die mathematischen Kenntnisse waren stets sehr hoch. Von Anbeginn an forderte und förderte er die Anwendung verfügbarer Rechentechnik für Programmierungen. Als Hochschullehrer war ihm aber auch eine enge Verflechtung von forstlicher Theorie und Praxis sehr wichtig. So war er stets um gute Kontakte bemüht, wozu ihm seine aktive Tätigkeit im Rahmen der Agrarwissenschaftlichen Gesellschaft (AWIG) diente. Im Jahre 1990 war er Mitinitiator der Wiedergründung des Sächsischen Forstvereins, dessen Vorsitzender er wurde. Seit 1991 war er Ehrenmitglied und als Pensionär im Beirat des Sächsischen Forstvereins tätig.

Wir verlieren in GÜNTER WENK einen aufrichtigen, engagierten Forstmann und Wissenschaftler sowie einen den Menschen zugewandten Hochschullehrer und Kollegen.

DOROTHEA GEROLD und ARNE POMMERENING  
für die Hochschullehrer und Mitarbeiter der Fachrichtung  
Forstwissenschaften der TU Dresden in Tharandt

*Neuerscheinung:*

# **Assessment of the impact of different forest management measures on the water yield in the Kassilian Catchment, Iran**

Von HOSSEIN SERAJZADEH

84 Seiten mit 66 Abbildungen und 22 Tabellen

Kartoniert 29,00 €

ISBN 3-7939-0895-1

Wälder haben eine große Wirkung auf den regionalen Wasserhaushalt. Forstwirtschaftliche Entscheidungen wie Waldumbau oder Holzeinschlag können ebenfalls erhebliche hydrologische Konsequenzen haben, denen immer noch zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Forstliche Maßnahmen, die – auf Kosten der Holzernte – aus wasserwirtschaftlicher Sicht positiv zu bewerten sind, werden auch deshalb nicht genügend honoriert, weil das Wissen um diese günstigen Effekte fehlt.

Dieses Buch befasst sich mit der mittleren Wasserbilanz der großen Buchenwälder am Nordabhang des Elbrus-Gebirges. Mit Hilfe des Modells „SIMWASER\_WALD“ werden die Auswirkungen von Bestandszusammensetzungen und von Waldweide auf den Abfluss in Szenarien simuliert.

Die Ergebnisse der Felduntersuchungen zeigen, dass eine totale Umwandlung des

bodenständigen Buchenwaldes in Fichten- oder Kiefernbestände den Abfluss um etwa 70% verringern würde. Die Simulationsstudie zeigt also die Bedeutung der zum Grossteil noch intakten Buchenbestände für die nachhaltige Wasserversorgung der intensiv bewirtschafteten Küstenebene am Kaspischen Meer auf und liefert so eine Bestätigung der von der Regierung der Iranischen Forst Organisation beschlossenen Bewirtschaftungspläne.

Das für seine Ausstattung erstaunlich preiswerte Buch vermittelt Einblicke in die Waldhydrologie, die dem Forstwirt – unabhängig von seinem Arbeitsstandort – bei der Findung des richtigen Weges zwischen profitabler Waldwirtschaft und ökologischer Forstwirtschaft helfen können. Nebenher findet man Informationen über Forststandorte im Iran, die eine absolute forstgeographische Kostbarkeit darstellen.

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

**Fünfte und vollständig überarbeitete Neuauflage:**

# **Leitfaden zur Waldmesslehre**

von HORST KRAMER und ALPARSLAN AKÇA

226 Seiten mit 74 Abbildungen und 56 Tabellen.

Kartonierte € 21,80.

ISBN 978-3-7939-0880-7

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage des Leitfadens zur Dendrometrie (ursprünglicher Titel) im Jahr 1982 hat sich das Fachgebiet Waldmesslehre stark weiterentwickelt, dass nochmals eine grundsätzliche Überarbeitung des Inhalts notwendig wurde.

In Abstimmung mit Experten der forstlichen Praxis und Wissenschaft werden nun im Leitfaden auch die in der Gerätekunde verwendeten modernen elektronischen Messgeräte beschrieben. Außerdem wird ausführlich auf die heute übliche Ermittlung des Inhalts einzelner Bäume durch Schaftform- und Volumenfunktionen eingegangen. Hinzu kommt, dass in dem Kapitel „Bestandesaufnahme“ die Stichprobenverfahren durch einige neue Erkenntnisse bereichert werden konnten. Darüber hinaus befasst sich ein komplett neuer Abschnitt mit der Schätzung von Proportionen. Die im Zuge der Rationalisierung der Forstwirtschaft besonders wichtigen betriebsweisen Stichprobenverfahren werden durch weitere Aufnahmeverfahren ergänzt und erläutert. Die für die ökologischen Untersuchungen erforderliche Erfassung der räumlichen Struktur und der Baumartenvielfalt von Beständen und somit die Charakterisie-

rung der Waldbestände, wird in einem neuen Kapitel behandelt. Zuzüglich dazu werden die Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von Waldwachstumsmodellen in der praktischen Forsteinrichtung in den Kapiteln „Massenberechnungs- und Schätzverfahren“, „Alters- Zuwachsermittlung und Bonitierung“ und „Qualitäts- und Wertkontrolle“ diskutiert.

Den Abschluss bilden die Bestandeskennwerte für die Forsteinrichtung und ein besonders umfangreicher Anhang. Ein ausführliches Literaturverzeichnis erlaubt dem interessierten Leser dazu noch eine Vertiefung auch in anderen Spezialgebieten.

Der Leitfaden zur Waldmesslehre dient vornehmlich dazu, die zur selbständigen, objekt-bezogenen Arbeit notwendigen Verfahrensweisen für Volumen- und Zuwachsbestimmungen von einzelnen Bäumen umfangreich darzustellen. Er ist auf die Forsteinrichtungs- und Waldbewertungspraxis ausgerichtet und bietet allen aus der forstlichen Praxis Anregung und Unterstützung und ist somit ein unverzichtbares Hilfsmittel für jeden Forstwissenschaftler.

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