

## Versuchsfläche Fürstenfeldbruck 612, Bayern

# Holzeigenschaften der Fichte bei unterschiedlicher Bestandesdichte

Von Thomas Seifert, Julian Breibeck, Martin Nickel, Hans-Joachim Klemmt und Hans Pretzsch

*Das ökonomische Potenzial der Fichte ist nach wie vor beträchtlich. Um dieses zu nutzen, bedarf es grundlegender Kenntnisse, wie sich die waldbauliche Behandlung auf das Wachstum und die Holzqualität auswirkt [3,7]. Hierzu wurde der Versuch Fürstenfeldbruck 612 [5] im Jahr 2006 erstmals auch hinsichtlich einiger Rundholzeigenschaften beprobt.*

Bei der Untersuchung der Entwicklung von Merkmalen, die für die Holzqualität bei der Fichte von Bedeutung sind, in Abhängigkeit von Ausgangspflanzenzahl und Bestandesbehandlung wurde insbesondere folgenden Fragen nachgegangen:

- 1) In welchem Rahmen bewegen sich die Jahrringbreiten in Abhängigkeit von der Bestandesdichte?
- 2) Wie unterscheidet sich die Holzdicke in unterschiedlich dichten Beständen?
- 3) Wie beeinflusst die Bestandesdichte die Anzahl der Harzgallen im Holz?
- 4) Welchen Einfluss hat die Bestandesdichte auf die Astentwicklung?

Die Forschungsarbeiten zu diesem Beitrag wurden im Rahmen des Projekts W07 durchgeführt, das vom Kuratorium der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft finanziert wird. Die Außenaufnahmen werden von der Bayerischen Staatsforstverwaltung und den Bayerischen Staatsforsten AöR unterstützt. Die Analysen der Harzgallenbildung wurden im Rahmen der Projekte B1 und C3 des Sonderforschungsbereichs SFB 607 „Wachstum und Parasitenabwehr“ ausgewertet, der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wird.

Prof. Dr. T. Seifert ist ehemaliger Mitarbeiter des Lehrstuhls und lehrt seit 1. Juli 2008 Waldwachstumskunde an der Universität Stellenbosch in Südafrika. J. Breibeck hat am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TUM seine Diplomarbeit zum Thema dieses Beitrages angefertigt. M. Nickel und FOR Dr. H.-J. Klemmt betreuen die langfristigen ertragskundlichen Versuchsflächen zusammen mit weiteren Kollegen.

Prof. Dr. H. Pretzsch ist Leiter des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde an der TUM und leitet das langfristige ertragskundliche Versuchsflächenetz in Bayern.



**Thomas Seifert**  
seifert@sun.ac.za

### Material und Methoden

Für die Untersuchung der Astigkeit wurden auf sieben Parzellen, deren bisherige Behandlung und Grundflächen in Tab. 1 dargestellt ist, an allen 186 Z-Stämmen Astmessungen in 5 m Höhe mit Leitern durchgeführt. Dabei wurden die Zahl der Äste und ihr Durchmesser in vertikaler Richtung nach der von SEIFERT [8] beschriebenen Methodik erfasst. Zusätzlich wurde notiert, ob der Ast lebend oder tot war. Bei Totästen wurde erfasst, ob sie mit oder ohne Rinde gemessen wurden. Bei der Messung ohne Rinde wurde ein Rindenzuschlag nach MERKEL [4] geschätzt.

Zur Analyse der Jahrringbreiten und Harzgallen wurden 29 Bäume aus den Parzellen 3, 4, 14 und 16 gefällt und beprobt. Zusätzlich zur Bhd-Scheibe wurden fünf Stammscheiben von durchschnittlich 7,5 cm Stärke in relativen Höhen gewonnen. Diese stammten jeweils vom Stammfuß, vom Bhd, von der halben Entfernung zwischen Stammfuß und Kronenansatz und vom Kronensatz. Zusätzlich wurden zwei Scheiben in der Krone entnommen, sodass

die Krone genau in drei Teile geteilt wurde. Die Stammscheiben wurden im Labor bei Raumklima getrocknet und von zwei Seiten geschliffen. An der Scheibenoberseite wurden die Jahrringe mit einem Digitalposiometer entlang der vier Himmelsrichtungen analysiert (vgl. [1]). Auf beiden Seiten der Scheibe wurden alle Harzgallen gemessen. Die Harzgallenzahl wurde auf Basis der nächstgelegenen Scheiben linear auf die 5-m-Höhe interpoliert.

Zusätzlich zur Analyse der Jahrringbreiten und Harzgallen wurde die Dichte an den getrockneten Scheiben am Computertomographen (CT) analysiert. Die Computertomographie eignet sich besonders zur Bestimmung von Holzdickeunterschieden [2, 10]. Im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren ergibt die CT-Analyse vollständige Informationen über die Dichteverteilung im gesamten Probekörper. Verwendet wurde ein Gerät der Marke Siemens SOMATOM AR.HP [6]. Über die Bildverarbeitungssoftware AMIRA 3.0 wurden pixelweise Minima, Maxima und Mittelwerte der Dichtemessungen im Scheibenquerschnitt anhand von sechs bis acht Schnitten pro Scheibe bestimmt. Dichteanomalien durch Äste und Trockenrisse wurden vorher durch Segmentierung herausgenommen.

### Jahrringbreite

Die Holzeigenschaften wurden nach der europäischen Norm für die Sortierung von

**Tab. 1: Ausgangs-Stammzahl und verbleibende Stammzahl auf den Parzellen im Versuchsverlauf. Aus den grün hinterlegten Parzellen wurden Probebäume entnommen.**

		Ausgangsstammzahl	10 000	4 000	2 500	2 500	2 500	1 000	400
		Parzelle	3	1	19	18	16	4	14
Alter 22 J.		Stammzahl bei $H_{100}$ 12 m	5 000	3 000	keine Df				
		Grundfläche [m <sup>2</sup> ] bei $H_{100}$ 12 m	31,2	30,9	26,9	28,7	26,9	14,3	9,5
Alter 27 J.		Stammzahl nach Df. bei $H_{100}$ 15 m	2 500	1 500	keine Df	1 200	1 000	500	300
		Grundfläche [m <sup>2</sup> ] bei $H_{100}$ 15 m	28,6	27,3	39,0	27,2	23,6	19,7	17,7
Alter 37 J.		Stammzahl nach Df. bei $H_{100}$ 20 m	2 000	1 200	keine Df	900	800	400	200
		Grundfläche (m <sup>2</sup> ) bei $H_{100}$ 20 m	45,8	41,6	53,7	37,0	35,8	30,1	24,9

**Tab. 2: Jahrringbreiten der Probebäume\***

Parzelle	Ausgangspflanzen	Mittelwert	Standardabweichung	Maximum
3	10 000	3,27	1,45	7,99
16	2 500	3,99	1,99	11,32
4	1 000	4,90	2,24	13,65
14	400	5,78	2,36	12,85

\* berechnet aus allen Probescheiben. Die angegebenen Maxima sind maximale Breiten einzelner Jahrringe.

**Tab. 3: Rohdichte der beprobten Stammscheiben**

	N	Min.	Max.	$\sigma$	$\bar{x}$
Rohdichte [g/cm <sup>3</sup> ]	155	0,370	0,500	0,419	0,029

Fichtenrundholz EN1927-1 bewertet. Die Auswertungen zeigen mittlere Jahrringbreiten pro Baum über alle Probescheiben berechnet. Die Spanne reicht von 3,27 mm bis 5,78 mm im Mittel und stuft sich gemäß der Ausgangs-Stammzahl der Bestände. Die Grenze für A-Qualität, welche in der Europäischen Rundholznorm bei 4 mm angesetzt wird, ist bereits nahezu auf Parzelle 16 erreicht. Auf den Parzellen 4 und 14 ist die Produktion von A-Holz nach EN1927-1 auszuschließen, die Grenze zur Qualitätsklasse C wird jedoch nicht überschritten.

## Holzdicke

Die Rohdichte ist kein gängiges Merkmal der Sortierung von Rundholz. Sie hat aber starken Einfluss auf die Holzeigenschaften in vielen Verwendungsbereichen und korreliert eng mit der Jahrringbreite. Bei der Analyse der Rohdichte  $r_g$  der beprobten Stammscheiben ergaben sich die in Tab. 3 dargestellten statistischen Kennwerte.

Bei der Häufigkeitsverteilung der Holzdicke (Abb. 1) fällt auf, dass sich mit abnehmender Pflanzanzahl eher eine zwei-

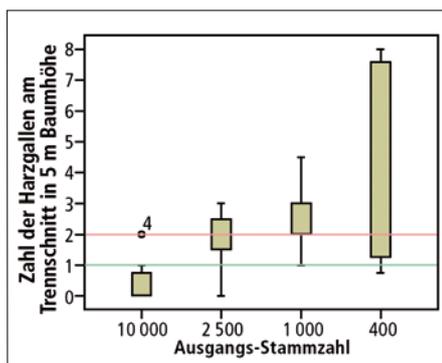
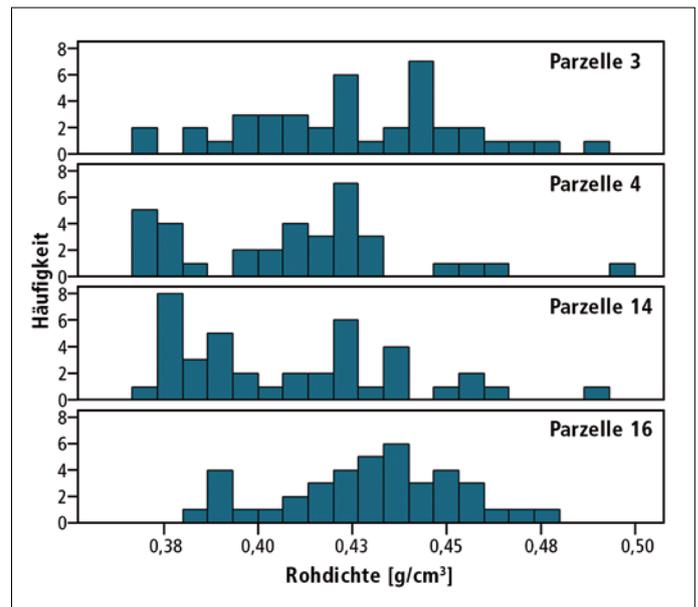


Abb. 2: Zahl der Harzgallen im Querschnitt in fünf Metern Höhe

Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Rohdichtewerte auf den Parzellen 3, 4, 14 und 16 (Stammzahl je ha 1974: 10 000 bzw. 2 500, 1 000 und 400)



gipflige Verteilung herausbildet. Je geringer die Ausgangspflanzanzahl und die Grundfläche, desto größer der Anteil von Holz mit Dichten unter  $r_g = 0,40 \text{ g/cm}^3$ .

## Harzgallen

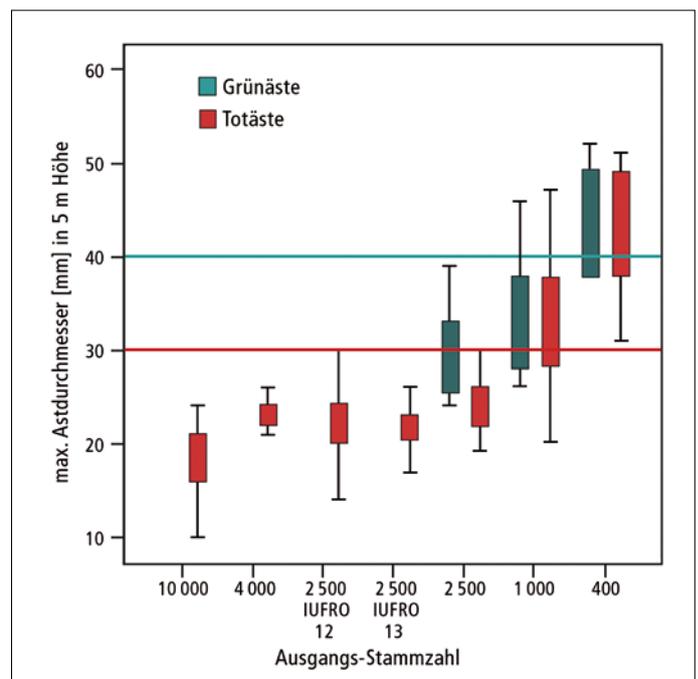
Die Zahl der Harzgallen steigt stark mit abnehmender Bestandesdichte an und erreicht Medianwerte von bis zu acht Harzgallen pro Querschnitt auf der solitärähnlichen Parzelle 14, während sich im Schnitt bei den Bäumen der 10 000er Variante nur eine oder keine Harzgallen finden (Abb. 2). Zieht man die EN1927-1 zur Gütesortierung heran, dann erreichen aufgrund der Harzgallenbildung nur Bäume aus der

Parzelle 3 die Qualitätsklasse A (Grenze 1 Harzgalle). Die Bäume auf der 2 500er Variante (P16) weisen überwiegend zwischen einer und zwei Harzgallen auf und liegen damit in Qualitätsklasse B. Alle übrigen Parzellen liefern nur einen geringen Anteil an Qualitätsklasse B (Grenze 2 Harzgallen), der Großteil ist Qualitätsklasse C.

## Astigkei

Insgesamt wurden 2 568 Äste erfasst. Die Astmessungen zeigten auf der dichtesten Parzelle in 5 m Höhe erwartungsgemäß tote Äste, lediglich auf den Parzellen mit weiterem Pflanzverband (Parzellen 4, 14, 16) wurden Grünäste in 5 m Höhe fest-

Abb. 3: Maximaler Astdurchmesser der grünen und toten Äste in 5 m Höhe, differenziert nach Ausgangsstammzahl. Zusätzlich sind die Grenze für Grünäste (40 mm) und Totäste (30 mm) eingetragen, die den Sprung von Qualitätsklasse B nach C (EN1927-1) repräsentieren.



gestellt. Dass für die Astbildung in fünf Metern Höhe der Ausgangsverband stärker ausschlaggebend war als die folgende Durchforstung, zeigt Abb. 3. Zusätzlich sind die Sortiergrenzen von Qualitätsklasse B nach C nach der europäischen Rundholznorm zur Sortierung von Fichtenrundholz EN1927-1 angegeben.

Es zeigt sich, dass bei Ausgangsverbänden bis 2 500 N/ha Holz von B-Qualität erzeugt wird. Die Astdurchmesser unterscheiden sich kaum zwischen den dicht begründeten Varianten mit 10 000 Bäumen pro Hektar und den 2 500er Varianten. Erst bei niedrigerer Ausgangs-Stammzahl sind Einschränkungen in der Qualität zu erwarten. Bei Ausgangs-Stammzahlen von 1 000 Bäumen je ha sind es vor allem die maximalen Durchmesser der Totäste, die zur Absortierung führen, während nur wenige Grünäste über die Toleranzgrenze schlagen. Bei dem genannten Ausgangsverband fällt jedoch das Gros der Bäume in Qualitätsklasse C. Bei Ausgangsverbänden von 400 N/ha gibt es kaum mehr Bäume, die noch B-Qualität erreichen. Die Schwelle von C-Qualität zu D-Qualität wird aber selbst auf den weitständigen Parzellen nicht überschritten.

## Diskussion

Die Jahrringbreiten stellten unter den sehr guten Wuchsbedingungen ein Problem für die Einsortierung in Qualitätsklasse A EN1927-1 dar. Insbesondere auf den Weitverbänden mit 1 000 bzw. 400 Pflanzen pro Hektar entwickelt sich demnach kaum Wertholz. Entsprechend dazu weisen die Bäume auf den Weitverbänden auch einen erhöhten Anteil leichteren Holzes mit geringerer Dichte und Festigkeit auf. Die Astigkeit stellt bei Ausgangs-Stammzahlen von 2 500 kaum ein Qualitätsproblem dar. Qualitätsklasse B nach EN1927-1 wird von den untersuchten Bäumen auf den dichteren stets erreicht, und für Qualitätsklasse A müsste ohnehin geastet werden. Ein bislang wenig wahrgenommenes Problem scheinen die Harzgallen darzustellen. Nur bei hohen Ausgangs-Stammzahlen ist die Wertholzproduktion möglich. Größere Pflanzabstände führen zu einer deutlichen Zunahme der Harzgallen, die bei 2 500 Bäumen pro Hektar gerade noch B-Qualität zulässt. Die Begründungsvarianten 1 000 und 400 Bäume pro Hektar liefern nur C-Holz, wenn die hinsichtlich des Harzgallenvorkommens sehr strenge EN1927-1 herangezogen wird. Dass unter Praxisbedingungen am Anschnitt i.d.R. viele Harzgallen übersehen werden, die nur an der geschliffenen Stammscheibe

sichtbar werden, ändern nichts daran, dass die Bildung von Harzgallen künftig bei der Wahl von Begründungsdichten und Durchforstungskonzepten wohl stärker berücksichtigt werden muss.

Die Untersuchung bezieht sich auf einen wüchsigen Fichtenstandort. Die Qualitätsanforderungen lassen sich wohl leichter auf ärmeren Standorten erfüllen, aber es sind gerade die Produktivstandorte, auf denen die Fichte ein Leistungsträger der Forstwirtschaft ist.

## Folgerungen für die Praxis

Die zentrale Aussage für die Praxis ist, dass wir uns mit derzeitig propagierten und üblichen Ausgangsdichten von weniger als 2 000 Pflanzen pro Hektar und starken Durchforstungen in eine Richtung begeben, bei der die Holzeigenschaften sich deutlich verschlechtern. Anhand der Ergebnisse aus Fürstenfeldbruck kann gezeigt werden, dass bereits Ausgangsverbände von 2 500 N/ha an der Grenze sind, was die Produktion von B Qualität nach EN1927-1 betrifft. Nachdem diese Norm in Zukunft den Standard in der Holzindustrie und Forstwirtschaft in Deutschland bilden soll, sollten moderne Fichten-Erziehungskonzepte die Erkenntnisse zur Entwicklung der Holzqualität der Fichte auf einem gut wüchsigen Standort in Abhängigkeit von der Bestandesdichte berücksichtigen.

### Literaturhinweise:

[1] BREIBECK, J. (2008): Wachstum und Qualität der Fichte in Abhängigkeit vom Wuchsraum – Auswertung des Fichtendurchforstungsversuchs Fürstenfeldbruck 612. Diplomarbeit an der FH Weihenstephan in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TU München, 138 S. [2] CASTELL, W. ZU; SCHRÖDL, S.; SEIFERT, T. (2005): Volume Interpolation of CT Images from Tree Trunks. Plant Biology, 7, S. 737-744. [3] DIELER, J.; SEIFERT, T.; PRETZSCH, H., (2008): Wachstum stark freigestellter Fichten auf unterschiedlichem Standort. Tagungsband der Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten (im Druck). [4] MERKEL, O. (1967): Der Einfluß des Baumabstandes auf die Aststärke der Fichte. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 138. Jg, Nr. 6, S.113-125. [5] NICKEL, M.; KLEMMIT, H.-J.; SEIFERT, T.; UHL, E.; PRETZSCH, H. (2008): Wachstum der Fichte je nach Ausgangs-Stammzahl und Behandlung, Versuchsfläche Fürstenfeldbruck 612, Bayern. AFZ-DerWald, Nr. 21, S. 1146-1152. [6] NIKOLOVA, P.; BLASCHKE, H.; MATYSSEK, R.; PRETZSCH, H.; SEIFERT, T. (2008): Combined application of computer tomography and light microscopy for analysis of conductive xylem area of beech and spruce coarse roots. European Journal of Forest Research. DOI 10.1007/s10342-008-0211-0. [7] PRETZSCH, H. (2006): Von der Standflächeneffizienz der Bäume zur Dichte-Zuwachs-Beziehung des Bestandes. Beitrag zur Integration von Baum- und Bestandesebene. Allg. Forst- und Jagdzeitung. 177. Jg., Nr. 10, S. 188-199. [8] SEIFERT, T. (2003): Integration von Holzqualität und Holzsortierung in behandlungssensitive Waldwachstumsmodelle. Dissertationsschrift am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, TU München, 314 S. [9] SEIFERT, T. (2004): Computertomographie zur Analyse der Stammstruktur von Bäumen. Tagungsband zur Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im Verband Forstlicher Forschungsanstalten, S. 97-103. [10] SEIFERT, T.; FÜRST, C.; SEIFERT, S.; KNOKE, T. (2005): Improving red rot and red heart prediction by modeling sapwood in Norway spruce and European beech. Proceedings of the 5th Workshop „Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software. IUFRO Working Party S5.01.04, Waiheke, New Zealand (im Druck). [11] SEIFERT, T.; BREIBECK, J.; BIBER, P. (2008): Wahrscheinlichkeit der Harzgallenbildung bei der Fichte in Abhängigkeit von Wuchsraum und Kronendimension. Tagungsband der Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten. (im Druck).



Holen Sie sich Ihre Fachzeitschrift jederzeit zugriffsbereit auf Ihrem Rechner:

- Die **Jahrgangs-CDs** enthalten 25 Pdf-Dateien der Hefte eines Jahrgangs und des Jahresinhaltsverzeichnisses sowie eine Index-Datei zum gleichzeitigen Durchsuchen aller Dateien nach beliebigen Wörtern oder Wortkombinationen.
- Die **AFZ-DerWald-DVD** enthält Pdf-Dateien aller Hefte und Jahresinhaltsverzeichnisse der Jahrgänge 2000 bis 2008 sowie eine Index-Datei zum gleichzeitigen Durchsuchen aller Dateien nach beliebigen Wörtern oder Wortkombinationen.



## Ich bestelle hiermit

- die **AFZ-DerWald Jahrgangs-CD** als Einzelplatz-Lizenz
- zum **Abonnement-Vorzugspreis von 25,00 €/Stück\*** (bitte Kunden-Nr. einfügen)
- zum Preis für **Nichtabonnenten von 75,00 €/Stück**
- | 2000                  | 2001                  | 2002                  | 2003                  | 2004                  |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> |
| 2005                  | 2006                  | 2007                  | 2008                  |                       |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                       |
- die neue **AFZ-DerWald-DVD** der Jahrgänge 2000 bis 2008
- zum **Abonnement-Vorzugspreis von 100,00 €/Stück** (bitte Kunden-Nr. einfügen)
- zum Preis für **Nichtabonnenten von 200,00 €/Stück**

\* zzgl. 3,95 € Versandkosten (ab 50 € Versandkostenfrei)

Der Deutsche Landwirtschaftsverlag GmbH verarbeitet meine Daten in maschinenlesbarer Form. Die Daten werden vom Verlag genutzt, um mich mit den bestellten Produkten zu versorgen.

Name / Vorname/ Institution \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

Meine AFZ-DerWald-Kunden-Nummer \_\_\_\_\_

Meine Zahlungsweise:  Rechnung  Bankeinzug

Konto-Nr. \_\_\_\_\_ BLZ \_\_\_\_\_

Geldinstitut \_\_\_\_\_

Ich bin damit einverstanden, dass Sie mich über neue Produkte und Dienstleistungen per Telefon, E-Mail oder SMS informieren (ggf. streichen). Mir ist bekannt, dass ich diese Einwilligung jederzeit widerrufen kann.

Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_

Der Deutsche Landwirtschaftsverlag verarbeitet meine Daten in maschinenlesbarer Form. Die Daten werden vom Verlag genutzt, um mich mit den bestellten Produkten zu versorgen.

**An den Deutschen Landwirtschaftsverlag GmbH,**  
Lothstr. 29, 80797 München  
Geschäftsführer: A. Kotte, B. Kührmeier • Registergericht Hannover HRB 59744