

## **Schlussbericht des BMBF-Projektes**

**„Verwertungsorientierte Untersuchungen der Holzarten *Fagus sylvatica* (Buche) und *Abies grandis* (Küstentanne) aus nachhaltig bewirtschafteten Mischbeständen zur Herstellung innovativer und zukunftsfähiger Holzprodukte und -werkstoffe“**

### **Teilprojekt I:**

**„Verwendungsorientierte Managementstrategien für Buchen-Küstentannen-Mischbestände“**

#### **Autor des Berichtes:**

Mark Geb

#### **Berichtszeitraum:**

01.10.2005 – 30.09.2008

#### **Am Teilprojekt beteiligte Personen:**

Prof. Dr. Hermann Spellmann (Projektleiter)

Prof. Dr. Jürgen Nagel

Dr. Matthias Schmidt

Mark Geb (wiss. Angestellter)



#### **Vorhabensbezeichnung:**

„Verwendungsorientierte Managementstrategien für Buchen-Küstentannen-Mischbestände“

#### **Anschrift:**

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Abt. Waldwachstum

Grätzelstraße 2

37079 Göttingen

## **1) Aufgabenstellung**

Zur zielgerechten Steuerung von Buchen-Küstentannen-Mischbeständen sollten im Rahmen des Projektes waldbauliche und waldwachstumskundliche Entscheidungsgrundlagen erarbeitet werden. Von der Wahl des Pflanzverbandes und der Mischungsform, über die Hiebsführung im Altbestand bei Voranbauten, der Art, Stärke und Wiederkehr der Pflegeeingriffe bis hin zur Zielstärkennutzung sollten Managementstrategien erarbeitet werden, die Wachstum und Qualitätsentwicklung in Richtung auf das jeweils angestrebte Produktionsziel Industrieholz, Energieholz oder Sägeholz steuern. Die Ergebnisse aus Versuchsflächenanalysen sollten dazu genutzt werden, den an der früheren Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt entwickelten und für Nordwestdeutschland parametrisierten Waldwachstumssimulator BWINPro für Küstentannenrein- und -mischbestände zu erweitern. Hiermit soll der forstlichen Praxis auch für diese Bestandestypen ein Prognose- und Entscheidungswerkzeug zur Verfügung gestellt werden, das die Produktions-, Nutzungs- und Absatzplanung wirksam unterstützt und die Überprüfung von Handlungsalternativen ermöglicht.

Für die Integration der Küstentanne in den Waldwachstumssimulator BWINPro waren die Funktionen zur Kronenbreite, zum Kronenansatz, zum Oberhöhenwachstum, zum Höhenwachstum und zum Durchmesserwachstum für diese Baumart zu parametrisieren und es sollte der kritische Kronenschlussgrad zur Steuerung der Mortalität bestimmt werden. Darüber hinaus sollten die von SCHMIDT (2001) an der NFV entwickelten Modelle zur Durchmesser-schätzung aller Quirläste und zur Beschreibung der Schaffform für die Küstentanne parametrisiert werden.

## **2) Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

Die Erforschung strukturreicher Rein- und Mischbestände und situationsangepasster Behandlungskonzepte steht heute an allen waldwachstumskundlichen Forschungsstätten im Vordergrund.

Vor dem Hintergrund veränderter waldbaulicher Zielvorstellungen (OTTO 1989, 1991) erhielt die Mischbestandsforschung durch die modellorientierten Untersuchungen von PRETZSCH (1992, 1993) wesentliche neue Impulse. Heute nimmt die Mischbestandsfrage eine zentrale Rolle in der waldbaulichen und waldwachstumskundlichen Forschung ein (vgl. PRETZSCH 1992, 2001, 2002, v. LÜPKE u. SPELLMANN 1997, SCHÜTZ 1997, OLS-THORN et al. 1999, AMMER 2000, HASENAUER et al. 2000, WAGNER 1999). Für die

Begründung, Pflege und Nutzung sowie die Einschätzung der Leistungsfähigkeit von Buchen-Küstentannen-Mischbeständen fehlen noch viele waldbauliche und waldwachstumskundliche Entscheidungsgrundlagen, während für die Reinbestände dieser Baumarten eine breitere Wissensbasis besteht.

Die Buche zählt zu den am besten untersuchten Baumarten in Deutschland. Es liegen umfangreiche Untersuchungen zu ihren ökologischen Ansprüchen, ihrem Wachstum, ihrer waldbaulichen Steuerung und zu den Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten ihres Holzes vor, deren wichtigsten Ergebnisse in den Standardwerken der Vegetationskunde, des Waldbaus, der Waldwachstumskunde und der Forstbenutzung zusammengefasst sind.

Weniger umfangreich ist der Wissensstand über die Große Küstentanne (*Abies grandis* (Dougl.) Lindley). Sie stammt aus dem westlichen Nordamerika und ist im Küstengebirge, den Kaskaden und den Rocky Mountains in Höhenlagen zwischen 400-1200 m ü. NN beheimatet. Sie ist an sehr unterschiedliche Klima- und Standortverhältnisse angepasst und kommt dort meist in Mischbeständen vor (MÜLLER, 1938; HERMANN, 1981; FOILES et al. 1990). In Deutschland wurde die Küstentanne vor mehr als 100 Jahren forstlich eingeführt, danach in zahlreichen Anbauversuchen hinsichtlich ihrer Wuchsleistung, Wertleistung und Stabilität überprüft und in vielen Untersuchungen für anbauwürdig befunden (vgl. SCHWAPPACH 1901, 1911, PENSCHUK 1935/37, WIEDEMANN 1950, LEMBKE 1973, SCHOBER 1977, 78, RÖHRIG 1978, STRATMANN 1988, SPELLMANN 1994, SCHOBER u. SPELLMANN 2001, LOCKOW 2002). Die Küstentanne ist sowohl für den Anbau im atlantischen als auch im subkontinentalen Bereich geeignet, verträgt hohe Luftfeuchtigkeit und übersteht auch Trockenperioden gut. Die Nährstoffansprüche sind gering, frische bis mäßig frische Standorte werden bevorzugt. Außer auf physiologisch flachgründigen Standorten ermöglicht ihr Pfahlwurzelsystem eine große Tiefenerschließung (KREUTZER et al. 1988). Aufgrund dieser Fähigkeit und der sehr gut zersetzbaren Streu wird sie als bodenpfleglich eingestuft (ALPERS 1960, BÜTTNER u. KRAMER 1992, HEINSDORF 2002). Weder durch biotische noch durch abiotische Risikofaktoren ist die Küstentanne über ein Normalmaß hinaus gefährdet. Sowohl auf Freiflächen als auch unter lichtem Schirm von Kiefern und Lärchen kann sie gut wachsen und gedeihen. Ihre starke Selbstdifferenzierung führt zu strukturreichen Beständen und erleichtert die waldbauliche Steuerung. Als Mischbaumart bietet sich vor allem die Buche an, die aufgrund ihrer Schattenerträgnis und Konkurrenzkraft selbst im Unter- und Zwischenstand der weitaus wüchsigeren Küstentanne überlebt bzw. bei räumlich entzerrter Mischung in die Zielstärke wächst und sich wieder natürlich verjüngt. Zudem trägt die Buche dazu bei, die Küstentanne in die heimische Fauna und Flora zu integrieren. Mit diesen Eigenschaften

genügt die Küstentanne den von OTTO (1989) formulierten Anforderungen an eine ökologisch zuträgliche fremdländische Baumart. In Provenienzversuchen haben sich vor allem Küstenherkünfte aus Washington (insbes. Olympic Peninsula, Puget Sound) und British Columbia (insbes. Vancouver Island) bewährt (MADSEN u. JØRGENSEN 1986, RAU et al. 1998, RAU et al. 2008). Herausragend ist die Wuchsleistung der Küstentanne, die sogar vielerorts diejenige der Douglasie übertrifft (vgl. RÖHLE u. HEISS 1988, NAGEL 1990).

Das Holz der Küstentanne ist weiß bis hellgelblich und lässt sich sehr gut bearbeiten. Es ist relativ leicht und weich. Die mittleren Festigkeitseigenschaften unterscheiden sich nur wenig von denjenigen der Weißtanne und der Fichte. Sie hängen aber stark von der Bonität und der Behandlung der Bestände ab.

Auf der Basis langfristig beobachteter Versuchsflächen, neu angelegter Mischbestandswuchserien oder auch von Inventurdaten wurden für Deutschland und Österreich in den letzten Jahren mehrere Einzelbaumwachstumssimulatoren entwickelt und parametrisiert (*Silva 1+2* - PRETZSCH 1992, PRETZSCH u. KAHN 1996; *Moses* - ECKMÜLLNER 1990, HASENAUER 1994, HASENAUER et al. 1995; *BWin* - NAGEL 1996; *Prognaus* - STERBA et al. 1995, WESTPHAL 1995, BIBER 1996). Mit diesen Modellen lässt sich das Wachstum von Einzelbäumen abschätzen. Als Entscheidungs- und Planungshilfen für den Waldbau und die Forsteinrichtung sind in Deutschland das abstandsabhängige Modell *Silva 2.2* (PRETZSCH u. KAHN 1998) und das abstandsunabhängige Modell *BWINPro 6.1* (NAGEL et al. 2002) mittlerweile in die forstliche Praxis eingeführt.

Die langfristige Untersuchung natürlicher und gesteuerter Waldentwicklungen zählt zu den Kernkompetenzen der Abteilung Waldwachstum an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Ziel der Arbeit ist es, das Beziehungsgefüge Wald besser zu verstehen, Leitbilder für den Wirtschaftswald und den Naturschutz im Wald zu erarbeiten, Entscheidungshilfen für die Begründung, Pflege und Nutzung von Wäldern bereitzustellen und Modelle für die forstliche Planung und die Simulation von Entwicklungen und Handlungen zu entwickeln (vgl. SPELLMANN et al. 1996). Das beantragte Forschungsprojekt fiel somit in das Zentrum der Forschungsaktivitäten der Abteilung Waldwachstum. Dementsprechend konnte zur Erreichung der Projektziele auf umfangreiche eigene Vorarbeiten zurückgegriffen werden.

## **Verwendete Fachliteratur**

- AHO, P. E., 1977: Decay of grand fir in the Blue Mountains of Oregon and Washington. Res. Pap. PNW-229. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. 18 p.
- ALDEN, H. A., 1997: Softwoods of North America. Madison, WI.

- ALDHOUS, J. R., LOW, A. J., 1974: The potential of western hemlock, western redcedar, grand fir, and noble fir in Britain. Forest Commission Bulletin 49. Her Majesty's Stationary Office, London. 105 S.
- ALPERS, W., 1960: Küstentanne und Bodenmelioration. Allgemeine Forstz. 7: 89-93.
- AMMER, C. 2000: Untersuchungen zum Einfluss von Fichtenaltbeständen auf das Wachstum junger Buchen. Shaker Verlag, Aachen, 185 S.
- ANONYM, 1975: Aptitude au déroulage et la fabrication de panneaux contreplaqués du bois d'Abies grandis provenant des reboisements français. Centre Technique du Bois Paris.
- ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG, 1985: Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke in der Bundesrepublik Deutschland. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.
- ARNO, S. F., HAMMERLY, R. P., 1977: Northwest trees. Seattle, WA: The Mountaineers. 222 p.
- ASSMANN, E. 1953/54: Die Standortfrage und die Methodik von Mischbestandsuntersuchungen. Allg. Forst- u. Jagdztg., 125, 149-153.
- ASSMANN, E.; FRANZ, F. 1963: Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. Forstw. Centralblatt, 84, 1-68.
- BAADER, G. 1942: Was leistet der Mischbestand? Allg. Forst- u. Jagdztg., 118, 221-223.
- BAADER, G. 1943: Der Mischbestand. Allg. Forst- u. Jagdztg., 119, 151-159.
- BECKER, M., 1993: Marktbedeutung und Absatz von Erzeugnissen einheimischer fremdländischer Baumarten. Forst und Holz 48 (15), 419-422.
- BELLA, I. E., 1971: A new competition model for individual trees. Forest Science, 17. Jg., H. 3, S. 364-372.
- BERGEL, D., 1985: Douglasien-Ertragstafel für Nordwestdeutschland.
- BIBER, P. 1996: Konstruktion eines einzelbaumorientierten Wachstumssimulators für Fichten-Buchen-Mischbestände im Solling. Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme, Univ. Göttingen, Reihe A, Bd. 142.
- BOTKIN, D.B.; JANAK, J.F.; WALLIS, J.R. 1972: Some ecological consequence of a computer model of forest growth. J. Ecol., 60, 849-872.
- BONNEMANN, A. 1939: Der gleichaltrige Mischbestand von Kiefer und Buche. Mitt. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, 10, 439-483.
- BRANZ, P., 1972: Ergebnisse von Untersuchungen zur Anbauwürdigkeit der großen Küstentanne im Bereich der VVB Forstwirtschaft Suhl und Karl- Marx- Stadt. Wiss. Z. Tech. Univ. Dresden 6: 1219-1220.
- BRAZIER, J. D., 1973: Wood properties of the minor softwood species. Joint For. Comm./Princes Risborough Laboratory. Aylesbury, Seminar paper P/8/73. 9 S.
- BULL, E. L., PETERSON, S. R., THOMAS, J. W., 1986: Resource partitioning among woodpeckers in northeastern Oregon. Res. Note PNW-444. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 19 p.
- BULL, E. L., 1991: Summer roosts and roosting behaviour of Vaux's swifts in old-growth forests. Northwestern Naturalist. 72(2): 78-82.
- BURCHHARDT, 1960: Westfälische Erfahrungen mit der großen Küstentanne. AFZ 15: 81-84.
- BURKHART, H. E.; FARRAR, K. D.; AMATEIS, R. L. u. DANIELS, R. F. 1987: Simulation of individual tree growth and stand development in loblolly pine plantations on cutover, site-prepared areas. Virg. Polytechn. Inst. and State Univ., Publication No FWS-1-87, 47 S.
- BURNS, R.M., 1983: Silvicultural systems for the major forest types of the United States. USDA Agric. Handbook 445, Washington, DC.
- BÜTTNER, G. u. KRAMER, W. 1992: Zur Entwicklung von Mischbeständen von Abies grandis (Lindley) im Forstamt Syke. Forstarchiv, 63, 219-230.
- CAREY, A. B., HORTON, S. P., BISWELL, B. L. 1992: Northern spotted owls: influence of prey base and landscape character. Ecological Monographs. 62(2): 223-250.
- CAESAR, C. J., 1988: Erfahrungen bei der Begründung von Abies-grandis-Kulturen. AFZ, S. 701-702.
- CHRISTIE, J. M., LEWIS, R. E. A. 1961: Provisional yield tables for *Abies grandis* and *Abies nobilis*. [British] Forestry Commission Forest Record 47. Her Majesty's Stationery Office, London. 48 p.
- CHRISTMANN, 1939: Ertragstafel für den Kiefern-Fichten-Mischbestand. In: Wiedemann, E. 1949: Ertragstafeln der wichtigsten Holzarten. Hannover.
- COCHRAN, P. H., 1979: Gross yields for even-aged stands of Douglas-fir and white or grand fir east of the Cascades in Oregon and Washington. USDA Forest Service, Research Paper PNW-263. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Portland, OR. 17 p.
- COUTTS, M. P. und RISHBETH, J., 1977: The formation of wetwood in Grand fir. European journal of forest pathology, 7, 1, S. 13-22.
- CRITCHFIELD, W. B., 1988: Hybridization of the California firs. Forest Science, 34(1), 139-151.
- DALGAS, K. F., 1975: Some wood quality properties of Danish grown Grand Fir and Norway Spruce. Dansk Skovforenings Tidsskrift, 60, 1, S. 1-24.
- DEUSEN VAN, P., BIGING, G. S., 1985: STAG A Stand Generator for Mixed Species Stands, Northern California Forest Yield Cooperative, Univ. of California Berkeley, Res. Note No. 11
- DIETER, M. 2003: Holzbilanzen 2001 und 2002 für die Bundesrepublik Deutschland. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie 2003/2 der BFH-Hamburg, 4 S.

- DIETER, M., 2005: Holzbilanzen 2002, 2003 und 2004 für die Bundesrepublik Deutschland. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg.
- DÖBBELER, H. (2004): Simulation und Bewertung von Nutzungsstrategien unter heutigen und veränderten Klimabedingungen mit dem Wachstumsmodell SILVA 2.2. Dissertation Universität Göttingen, 233S.
- DONG, P.H., ROEDER, A. u. ADAM, 1993: Zum Wachstum der Großen Küstentanne in Rheinland-Pfalz. Forst u. Holz, 48. Jg., 86-90
- EBERT, H. P., 2001: Behandlung seltener Baumarten. Schriftenreihe d. FH Rottenburg, Nr. 08, S. 22 ff.
- ECKMÜLLNER, O. 1990: WASIM - Wachstumssimulation. Holzwirtschaft, Wald und Holz Rundschau. 46 (1): 24-27
- EIS, S., 1973: Cone production of Douglas-fir and grand fir and its climatic requirements. Can.Four.For.Res. 3 (1), 61-70.
- EISENTRICH, H., 1984: Zum Anbau und zur Unterscheidung von großer Küstentanne und Koloradotanne. Soz. Forstw. 34: 181-183.
- EK, A.R.; MONSERUD, R.A 1974: FOREST: A computer model for simulating the growth and reproduction of mixed species stands. Univ. Wisconsin, College of Agriculture and Life Science. Res. Rep. R2635. 90S.
- EVERARD, J., 1973: Foliar analysis. Sampling methods: Interpretation and application of the results. Quarterly Journal of Forestry. 67: 51-66.
- EYRE, F. H., 1981: Forest cover types of the United States and Canada. Soc. Amer. Foresters, Washington, D.C., 148 S.
- FARRAR, J.L., 1995: Trees in Canada. Fitzhenry and Whiteside: Markham, Ontario.
- FENKNER-VOIGTLÄNDER, U., 1984: Untersuchung einiger Holzeigenschaften der Küstentanne (*Abies grandis* LINDL.) aus Baden-Württembergischen Anbau. Diplomarbeit, Forstwissenschaftliche Fakultät d. Univ. Freiburg.
- FILIP, G. M.; AHO, P. E., WIITALA, M. R., 1983: Indian paint fungus: a method for recognizing and reducing hazard in advanced grand and white fir regeneration in eastern Oregon and Washington. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest region. 24 p.
- FINCK, K. E., SHRIMTON, G. M., SUMMERS, D. W., 1990: Insect pests in reforestation. In: Lavander, D. P., Parish, R., Johnson, C. M. : Regenerating British Columbia's forests. Vancouver, BC: University of British Columbia Press: 279-301.
- FLETCHER, 1986a:
- FOILES, M. W., 1965: Grand fir, *Abies grandis* (Dougl.) Lindl. In *Silvics* of forest trees of the United States. p. 19-24. H. A. FOWELLS, comp. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 271. Washington, DC.
- FOILES, M. W.; GRAHAM, R. T.; OLSON, D. F.; 1990: *Abies grandis* (Dougl. Ex D. Don) Lindl. Grand Fir. In: BURNS, R. M. und HONKALA, B. H.: *Silvics of North America. Volume 1: Conifers. Agric. Handbook 654.* U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, 52-59.
- FRANKLIN, J. F., 1968: Cone production by upper-slope conifers, USDA Forest Service, Research Paper PNW-60. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Portland, OR. 21 p.
- FRANZ, F. 1968: Das EDV-Programm STAOET - zur Herleitung mehrgliedriger Standort-Leistungstabellen. Manuskriptdruck, München, unveröffentlicht.
- FRIEDRICH, E., 1981: Wachstum, Aufbau und Substanzproduktion von dreijährigen *Abies grandis* (Lindley) aus 21 Herkünften. In: Röhrig, R.: *Neuere Grundlagen für den Anbau von Abies grandis.* J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. Main. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 71, S.31-50.
- FULDNER, R., 1990: Fremdländeranbau in Deutschland. AFZ 37-38, 967-968.
- FURNISS, R. L. und CAROLIN, V. M., 1977: Western forest insects. U.S. Department of Agriculture, Miscellaneous Publication 1339. Washington, DC. 654 p.
- GADOW, v. K., 1987: Untersuchungen zur Konstruktion von Wachstumsmodellen für schnellwüchsige Plantagenbaumarten. Forstliche Forschungsberichte München, 77, 147 S.
- GANGHOFER, A., 1884: Das Forstliche Versuchswesen. Bd. II. Augsburg.
- GARMAN, E. M., 1951: Seed production by conifers in the coastal region of British Columbia. B.C. For.Serv.Tech.Publ. T-35, 47 S.
- GAYER, K. 1886: Der gemischte Wald, seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. Berlin.
- GUERICKE, M. 2001: Untersuchungen zur Wuchsdynamik von Mischbeständen aus Buche und Europ. Lärche (*Larix decidua*, Mill.) als Grundlage für ein abstandsabhängiges Einzelbaumwachstumsmodell. Diss. Forstwiss. Fachbereich der Univ. Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen, 220 S.
- GUSSONE, H. A., 1978: Der waldbauliche *Abies grandis*-Anbauversuch 1980. In: RÖHRIG, E. (Hrsg.): *Grundlagen für den Anbau von Abies grandis.* Schriften Forstl. Fak. Univ. Göttingen und Nieders. Forstl. Versuchsanstalt. 54: 83-90.

- HADFIELD, J. S., RUSSEL, K. W., 1978: Dwarf mistletoe management in the Pacific Northwest. In: SCHARPF, R. F., PARMETER, J. R.: Proceedings of the symposium on dwarf mistletoe control through forest management. CA. Gen. Tech. Rep. PSW-31. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station: 73-81.
- HAIGH, I.T., 1932: Second-growth yield, stand, and volume tables for the western pine type. USDA Tech. Bul. 323, 68 S.
- HALL, F. C., 1983: Ecology of grand fir. In: Oliver, C. D., Kenady, R. M.: eds. Proceedings of the biology and management of true fir in the Pacific Northwest symposium. Seattle-Tacoma, WA. Contribution No. 45. Seattle, WA: University of Washington, College of Forest Resources, 43-52.
- HANN, D.; OLSEN, C.; HESTER, A. 1992: ORAGANON Users's Manual - Edition 4.0, Southwest Oregon Version, Dept. of For. Resour., Oregon State University, Corvallis, OR 113 S.
- HANSEN, P. L., CHADDE, S. W., PFISTER, R. D., 1988: Riparian dominance types of Montana. Misc. Publ. No. 49. Missoula, MT: University of Montana, School of Forestry, Montana Forest and Conservation Experiment Station, 411 S.
- HARTMANN, F. K., QUERENGÄSSER, F. und JAHN, G., 1953: Unterlagen für den Anbau westamerikanischer Nadelholzarten in Deutschland. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 125, S.25-48.
- HASENAUER, H. 1994: Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten- Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände. Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur, Wien Band 8., 152 S.
- HASENAUER, H.; MOSER, M. u. ECKMÜLLNER, O. 1995: Ein Programm zur Modellierung von Wachstumsreaktionen. AFZ, 50, 216-218.
- HASENAUER, H.; KINDERMANN, G.; MERKL, D. 2000: Zur Schätzung der Verjüngungssituation in Mischbeständen mit Hilfe Neuraler Netze. Fw. Cbl., 119, 350-366.
- HEINSDORF, D. 2002: Zum Einfluß einiger wichtiger ausländischer Baumarten auf den Bodenzustand, dargestellt an ausgewählten Anbauversuchen in der Leheroberförsterei Freienwalde. In: Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wälder, Landes Forstanstalt Eberswalde, 137-160.
- HEUER, B., 1988: Das Fremdländerversuchsrevier Burgholz (NRW) und das dortige Wuchsverhalten von *Abies homolepis*, *Abies procera* und *Abies grandis*.
- HEDLIN, A. F., RUTH, D. S., 1974: *Barbara colfaxiana siskiyouana* (Kft.), a pest in cones of *Abies grandis*. Journ. Entomol. Soc. Brit. Columbia 71 (1): 13.
- HENNIG, R., 1998: Bismarck und die Natur. Nimrod-Verlag, 165 S.
- HEPTING, G. H., 1971: Diseases of forest and shade trees of the United States. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 386. Washington, DC. 658 p.
- HERMANN, R., 1981: *Abies grandis* in ihrem Heimatland. In: Röhrig, R.: Neuere Grundlagen für den Anbau von *Abies grandis*. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. Main. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 71, S.6 – 30.
- HOFMANN, J., 1966: Beitrag zur Forschung über die Festigkeit des Holzes von Küstentanne *Abies grandis* LIND. Drevarky vyskum, 4, S. 205-215.
- IRWIN, L. L., PEEK, J. M., 1983: Elk habitat use relative to forest succession in Idaho. Journal of Wildlife Management. 47(3): 664-672.
- JOHNSON, C. G., SIMON, S. A., 1987: Plant associations of the Wallowa-Snake Province: Wallowa-Whitman National Forest. In: Baker, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Region, Wallowa-Whitman National Forest. 399 p.
- JOHNSON, R. P. A., BRUNDAGE, M. R., 1934: Properties of white fir and their relation to the manufacture and uses of the wood, US Dept. of Agric., Washington D. C., Techn. Bull. No. 408.
- KENNEL, R. 1965: Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand. Allg. Forst- u. Jagdztg, 136, 149-161, 173-189.
- KLAEHN, F. U., WINIESKI, J. A., 1962: Interspecific hybridization in the genus *Abies*. *Silvae Genetica*, 11, 130-142.
- KLEINSCHMIT, J., SVOLBA, J., 1978: Die große Küstentanne (*Abies grandis* Lindl.) in Deutschland. AFZ 33, 218-221.
- KLINKA et al., 1999a:
- KLINKA, K., 2007: Die Große Küstentanne (*Abies grandis* Lindl.) in Kanada und in den USA. Forst und Holz 62, Heft 7, S. 10-13.
- KLOTZ, K., 1954: *Abies grandis* ist nicht verbißfest. AFZ 9, S. 557.
- KNIGGE, W., 1960: Die Holzeigenschaften der Küstentanne (*Abies grandis*). AFZ, 15, 94-100.
- KÖNIG, A. O., 2007: Herkunftsdifferenzierung von *Abies grandis* im norddeutschen Tiefland und Mittelgebirgsraum sowie Empfehlungen zur Provenienzwahl. Forst und Holz, 62, Heft 7, 14-17.
- KRAMER, W., 1976: *Abies grandis* Lindley – Große Küstentanne. Der Forst- und Holzwirt 31. Jg. (15): 365-374.
- KRAMER, W., AKÇA, A., 1982: Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. Verlag J. D. Sauerländer's, Frankfurt am Main.

- KREMSER, W. und OTTO, J., 1973: Grundlagen für die langfristige, regionale waldbauliche Planung in den niedersächsischen Landesforsten. Aus dem Walde, H. 20
- KREUTZER, K.; FÜHRICH, M. und ZERCHER, H., 1988: Wurzeluntersuchungen an *Abies grandis*. AFZ 25, 720-721.
- LACAZE, J.F., THOMASSONE, R., 1967:
- LARSEN, J. B., 1978:
- LARSEN, J. B., MAGNUSSEN, S. und ROSSA, M.-L., 1981: Untersuchungen über die Trockenresistenz und den Wasserhaushalt verschiedener Herkünfte von *Abies grandis* (Dougl.) Lindley. In: Röhrig, R.: Neuere Grundlagen für den Anbau von *Abies grandis*. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. Main. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 71, S.122 – 149.
- LAVENS, M.- G., 1969: The strength properties of Timbers. Her majesty's stationary office, Minister of Technology.
- LEMBKE, G. 1973: Der gegenwärtige Stand des unter SCHWAPPACH begründeten Freienwalder Anbauversuchs mit ausländischen Baumarten. Beiträge f. d. Forstwirtschaft, 7, 24-37.
- LFV BADEN-WÜRTTEMBERG, 1997: Versuchsanbauten mit nicht heimischen Baumarten – Historische Entwicklung in Baden-Württemberg. Schr. Reihe d. LFV Baden-Württemberg, versch. Autoren, Bd. 79.
- LIESEBACH, M. und WEIßENBACHER, L., 2007: Erfahrungen mit *Abies grandis* in sommerwarmen Gebieten Österreichs. Forst u. Holz, 6, 19-20.
- LOCKOW, K.-W., 2001: Ergebnisse der Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten. In: Adam Schwappach – Ein Forstwissenschaftler und sein Erbe. Hrsg.: Landesforstanstalt Eberswalde. Nimrod-Verlag, Hanstedt. S. 191-235.
- LOCKOW, K.-W. 2002: Ergebnisse der Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten. In: Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wälder, Landes Forstanstalt Eberswalde, 41-101.
- LOCKOW, K-W. und LOCKOW, J., 2007: Anbau der Großen Küstentanne in Brandenburg aus ertragskundlicher Sicht. Forst u. Holz, 6, 15-18.
- LÖWE, W., 1988: Erfahrungen aus den Anbauversuchen mit der *Abies grandis* im Forstbezirk Wertheim/Main. AFZ 25: 718.
- LÜDEMANN, G. , 1998: Schnellwachsende Baumarten in Wald und Landschaft Norddeutschlands. Hrsg.: Gesellschaft zur Förderung schnellwachsender Baumarten in Norddeutschland e. V., Eutin.
- LÜDEMANN, G., 2007a: Eine Lanze für die Küstentanne. Forst und Holz, 6, S. 12.
- LÜDEMANN, G., 2007b: Die Große Küstentanne in den norddeutschen Bundesländern. Forst und Holz, 62, Heft 6, 12 – 14.
- LÜDEMANN, J.-H., 2007: Die Saatgutversorgung von *Abies grandis* aus Baumschulsicht. Forst und Holz, 62, Heft 7, S.18.
- LÜPKE v., B. u. SPELLMANN, H. 1997: Aspekte der Stabilität und des Wachstums von Mischbeständen aus Fichte und Buche als Grundlage für waldbauliche Entscheidungen. Forstarchiv, 68, 167-179.
- MADISON, 2007: Madison's Canadian Lumber Report. Vol. 57, No.2, Vancouver, B.C.
- MADSEN, S. u. JØRGENSEN, B. 1986: *Abies grandis* provenances in Denmark - revisal of the series of experiments from 1952. Det forstlige Forsogsvaesen i Danmark, 345, bd. XXXX, 251-269.
- MAGIN, R. 1959: Struktur und Leistung mehrschichtiger Mischwälder in den bayerischen Alpen. Mitt. aus der Staatsforstverwaltg. Bayerns, H. 30, 161 S.
- MAGNUSSEN, S., 1981: Vergleichende Untersuchungen über das Schattenertragnis junger Weiß- und Küstentannen. In: Röhrig, R.: Neuere Grundlagen für den Anbau von *Abies grandis*. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. Main. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 71, S. 51-121.
- MALOY, O. C., 1967: A review of *Echinodontium tinctorium* Ell. and Ev., the Indian paint fungus. Washington Agricultural Experiment Station, Bulletin 686. Pullman. 21 P.
- MALOY, O. C., 1973:
- MANTHEY, M., LEUSCHNER, C. und HÄRDTLE, W., 2007: Buchenwälder und Klimawandel. Natur und Landschaft, 82. Jahrgang, 441-445.
- MARKWARDT, L. J. und WILSON, T. R. C., 1935: Strength and related proberties of woods grown in the United States. United States Department of Agriculture, Washington D.C., Technical Bulletin No. 479.
- MARTIN, A. C., HERBERT, S., NELSON, A. L., 1951: American wildlife and plants. New York, McGraw-Hill Book Company, Inc. 500 p.
- MAURER, H., 2006: Weihnachtsbäume erfolgreich anbauen und vermarkten. Verlag Eugen Ulmer.
- MEHLIN, I. und PELZ, S., 2002: Aufkommen und Verwendungsmöglichkeiten der Nadelbaumarten *Abies procera* und *Abies grandis*. Abschlussbericht. Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz. 188 S.
- MERKER, K., 1998: Chancen und Risiken einer Strategie "Umstellung auf Naturgemäße Waldwirtschaft". Forst u. Holz, 53, 495-500.

- MILLER, D. L. und PARTRIDGE, A. D., 1973: Fungus associations in root rot of grand fir. *Plant Disease Reporter* 57 (4): 346-348.
- MINORE, Don., 1979: Comparative autecological characteristics of northwestern tree species--a literature review. Gen. Tech. Rep. PNW-87. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. 72 p.
- MITSCHERLICH, G.; MOLL, W.; KÜNSTLE, E.; MAURER, P. 1965/66: Ertragskundlich-ökologische Untersuchungen im Rein- und Mischbestand. *Allg. Forst- u. Jagdztg.*, 136-137, S. 25-33, 72-90, 101-115, 225-237, 249-257, 274-283.
- MÖHRING, B. u. WIPPERMANN, C., 2002: Betriebswirtschaftliche Aspekte bei der Zielstärkennutzung der Kiefer. *Forst u. Holz*, 57, 59-63.
- MONSERUD, R. A. 1975: Methodology for simulating Wisconsin northern hardwood stand dynamics. Univ. Wisconsin-Madison, Dissertation Abstracts, Vol. 36 (11), 156 S.
- MORGAN, P.D., DRIVER, C. H., 1975: Occurrence of Rhizina root rot on burned forest sites in western Washington. *Proceed. Am. Phytopathological Soc.* 1: 111-112.
- MÜLLER, K. M., 1935/36a: *Abies grandis* und ihre Klimarassen. *Mitt. Deut. Dendrol. Ges.* 47: 54-123.
- MÜLLER, K. M., 1935/36b: *Abies grandis* und ihre Klimarassen. *Mitt. Deut. Dendrol. Ges.* 48: 82-127.
- MÜLLER, K. M., 1938: *Abies grandis* und ihre Klimarassen. Ein Beitrag zur Klimarassenfrage bei Holzarten mit großem Verbreitungsgebiet. Neudamm, Verlag von J. Neumann. 118 S.
- MUNRO, D.D. 1974: Forest growth models - a prognosis. S. 7-21 In: Fries, J. (Hrsg): Growth models for tree and stand simulation. Royal College of Forestry, Stockholm, Sweden, Research notes, No. 30, 397 S.
- NAGEL, J. 1990: Das Wachstum von *Abies grandis* Mischbeständen im Forstbezirk Syke. Tagungsbericht der Sektion Ertragskunde im DVFFA, Verden, 201-211.
- NAGEL, J. 1996: Anwendungsprogramm zur Bestandesbewertung und zur Prognose der Bestandesentwicklung. In: Hempel, G., Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Forstliche Biometrie und Informatik. Tagung (8; 1995; Tharandt) - Ljubljana : Biotechnische Fakultät, Abteilung für die Forstwirtschaft, S. 133-141.
- NAGEL, J. (1999): Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstumskundlichen Simulationssystems für Nordwestdeutschland. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Nieders. Forstl. Versuchsanstalt, Band 128, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M., S.122
- NAGEL, J. 2001: Zur Genauigkeit von Ertragstafeln und dem Einzelbaummodell BWINPro. In: Akca, A.; Hoffmann, B.; Schumann, K.; Staupendahl, K.: Waldinventur, Waldwachstum und Forstplanung, Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. K. von Gadow. Zohab-Verlag S.145-151.
- NAGEL, J.; ALBERT, M. u. SCHMIDT, M. 2002: Das waldbauliche Prognose und Entscheidungsmodell BWINPro 6.1. *Forst und Holz*, 57, 486-493.
- NAGEL, J. (2002): Das Open Source Entwicklungsmodell - eine Chance für Waldwachstumssimulatoren. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde, Jahrestagung Schwarzburg 13-15. Mai 2002, S. 1-6
- NAGEL, J.; DUDA, H.; HANSEN, J. (2006): Forest Simulator BWINPro7. *Forst und Holz* 61, Heft 10, S.427-429
- NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTVERWALTUNG, 2004: Jahresbericht der Niedersächsischen Landesforstverwaltung 2003. Hrsg. Niedersächsisches Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Hannover, 25 S.
- NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTVERWALTUNG, 2004: Langfristige ökologische Waldentwicklung – Richtlinie zur Baumartenauswahl . Aus dem Walde, Schriftenreihe Waldentwicklung Niedersachsen, Heft 54.
- NOACK, D., 1979: Holzeigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten schnellwachsender Baumarten. *Der Forst- und Holzwirt* 34, 112-120.
- NUHN, M., 1976: Anbauversuche mit *Abies grandis* in den nördlichen und westlichen Teilen der Bundesrepublik Deutschland. Dipl. Arbeit. Univers. Göttingen. Inst. F. Waldbau.
- OLSTHORN, A.F.M.; BARTELINK, H.H.; GARDINER, J.J.; PRETZSCH, H.; HEKHUIS, H.J.; FRANC, A. 1999: Management of mixed-species forest: silviculture and economics. *IBN Scientific Contributions* 15, 389 S.
- OTTO, H.-J., 1989: Langfristige, ökologische Waldbauplanung für die Niedersächsischen Landesforsten. Teil 1: Niedersächsisches Flachland. Aus dem Walde, Schriftenreihe der Niedersächsischen Landesforstverwaltung, Heft 42.
- OTTO, H.-J. 1991. Langfristige, ökologische Waldbauplanung für die niedersächsischen Landesforsten. Teil 2: Niedersächsisches Bergland. Aus dem Walde, Schriftenreihe der Niedersächsischen Landesforstverwaltung, Heft 43
- OTTO, H.-J., 1993: Fremdländische Baumarten in der Waldbauplanung. *Forst u. Holz*, 48, 454-456.
- PATON, P. W. C., RALPH, C. J., 1990: Distribution of the marbled murrelet at inland sites in California. *Northwestern Naturalist*. 71(3): 72-84.
- PAULSEN, J. C. 1975: Erfahrungstabellen über den Ertrag der Rotbuchen-, Eichen-, Fichten- und Kiefern-Hochwaldbestände, so wie der Buchen-Niederwälder auf guten, mittelmäßigen und schlechten Böden.

- In: HARTIG, Th. 1847: Vergleichende Untersuchung über den Ertrag der Rotbuche im Hoch- und Pflanzenwalde, im Mittel- und Niederwald-Betriebe nebst Anleitung zur vergleichenden Ertragsforschung. Berlin.
- PECHMANN, H. von, 1963: The wood properties of some exotic species. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 82, 11/12, S. 677-679.
- PELZ, S., MEHLIN, I., BECKER, G. und BÜCKING, M., 2003: Eigenschaften und Verwendungsoptionen von *Abies grandis* und *Abies procera*. Forst und Holz (58), Nr.10, S. 290-296.
- PENSCHUK, H., 1935/37: Die Anbauversuche mit ausländischen Holzarten unter Berücksichtigung ihrer Ertragsleistung. Zeitschr. f. Forst-u. Jagdwes., 67, 113-137; 69, 525-555.
- PETRI, H. 1966: Versuch einer standortgerechten, waldbaulichen und wirtschaftlichen Standraumregelung von Buchen-Fichten-Mischbeständen. Mitt. a.d. Forsteinrichtungsamt Koblenz, Nr. 13, Bd. 1, 145 S.
- PFISTER, R. D., KOVALCHIK, B. L., ARNO S. F. und PRESBY R. C., 1977. Forest habitat types of Montana. USDA Forest Service, General Technical Report INT-34. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT. 174 p.
- PRETZSCH, H. 1992: Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände. Forstliche Forschungsberichte München, H. 115, 358 S.
- PRETZSCH, H. 1993: Analyse und Reproduktion räumlicher Bestandesstrukturen. Versuche mit dem Strukturgenerator STRUGEN. Schriften aus der Forstlichen Fakultät d. Univ. Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 114. Frankfurt/M., 87 S.
- PRETZSCH, H. 1995: Perspektiven einer modellorientierten Waldwachstumsforschung. Forstwiss. Cbl., 114, 188-209.
- PRETZSCH, H. 2001: Modellierung des Waldwachstums. Verlag Parey, Berlin, 341 S.
- PRETZSCH, H. 2002: Grundlagen der Waldwachstumsforschung. Verlag Parey, Berlin, 414 S.
- PRETZSCH, H. u. KAHN, M. 1996: Wuchsmodelle für die Unterstützung der Wirtschaftsplanung im Forstbetrieb. AFZ/DerWald, 51, 1414-1419.
- PRETZSCH, H. u. KAHN, M. 1998: Konzeption und Konstruktion des Wuchsmodells SILVA 2.2, Methodische Grundlagen. Abschlußbericht Projekt W 28, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Ludwig-Maximilians-Univ. München, Teil 2, 279 S.
- QUERENGÄSSER, F. A., 1959: Merkblatt 3 der Sprakeler Forstbaumschulen: Die große Küstentanne. Sprakel b. Münster: Baumschule Hanses- Koering. 22 S.
- QUERENGÄSSER, F. A., 1960: Küstentanne und Weißtanne im Vergleich. Allgemeine Forstzeitschrift, 15. Jg., 87-88.
- QUERENGÄSSER, F. A., 1960: Die Mischung von *Grandis* und *Douglasie*. Allgemeine Forstzeitschrift, 15. Jg., 88-89.
- RAU, H.-M.; KLEINSCHMIT, A.; KÖNIG, A.; RUETZ, W.; SVOLBA, J., 1998: Provenienzversuche mit Küstentanne (*Abies grandis* LINDL.) in Westdeutschland. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 169, 109-115.
- RAU, H.-M.; König, A.; Ruetz, W.; Rumpf, H.; Schönfelder, E.: 2008: Ergebnisse des westdeutschen IUFRO-Küstentannen-Provenienzversuches im Alter 27. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 4.
- RIEBEL, H., 1993: Über einige Holzeigenschaften der Großen Küstentanne (*Abies grandis* [DOUGLAS] LINDLEY) aus südwestdeutschen Anbauten. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fak. der Univ. Freiburg.
- RIEBEL, H., 1994: Über einige Holzeigenschaften der Großen Küstentanne (*Abies grandis* [Douglas] Lindley) aus südwestdeutschen Anbauten. Mitteilungen der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 177 Freiburg.
- ROHMEDER, E., 1953: Anbauversuche mit *Abies grandis* in Bayern. AFZ 8, S. 577-580 und 589-590.
- ROHMEDER, M., 1960: Güteuntersuchungen am Saatgut der *Abies grandis*. Allgemeine Forstzeitschrift, S. 105-106.
- RÖHLE, H. u. HEISS, A. 1988: Die Wuchsleistung von *Abies grandis* im Stadtwald Augsburg im Vergleich zu *Douglasie* und *Fichte*. AFZ, 43, 711-712.
- RÖHRIG, E. 1978: Anbauergebnisse mit *Abies grandis* in Deutschland. Schr. Forstl. Fak. Universität Göttingen, Bd.54, 37-52.
- RUSSEL, K. W., 1971: Root rot influence management of ice-storm-damaged timber. Dept. of Natural resources, Washington. DNR Note 3, 3 S.
- RÜTHER, B.; HANSEN, J.; LUDWIG, A.; SPELLMANN, H.; NAGEL, J.; MÖHRING, M. und DIETER, M.: Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 1, Universitätsdrucke Göttingen, 92 S.
- SACHSSE, H. 1991: Exotische Nutzhölzer. Schriftenreihe Pareys Studentexte Nr. 68, Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin.
- SACRÉ, E., 1978: A physical and mechanical study of the wood of Belgian-grown *Abies grandis* and *Tsuga heterophylla*. Bulletin-de-la-Societe-Royale-Forestiere-de-Belgique, 85, 4, S. 141-157.

- SCHADENDORF, C., 2007: Holzverwertung und –vermarktung der Großen Küstentanne (*Abies grandis* Lindl.) in Nordamerika. *Forst u. Holz*, 6, 27-28.
- SCHENK, 1939: Fremdländische Wald- und Parkbäume. Zweiter Band: Die Nadelhölzer. Verlag Paul Parey, Berlin, S.48-54.
- SCHMIDT, M., 2001: Prognosemodell für ausgewählte Holzqualitätsmerkmale wichtiger Baumarten. Diss. Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Universität Göttingen, 302 S.
- SCHOBBER, R. 1967: Buchen-Ertragstabellen für mäßig und starke Durchforstung. In: *Die Rotbuche 1971*, Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M., 333 S.
- SCHOBBER, R. 1977: Erste Ergebnisse von Anbauversuchen mit Tannen und anderen Koniferen aus Japan im Vergleich mit nordamerikanischen und europäischen Nadelhölzern. Teil I: Zielsetzung der Versuche und Eigenschaften japanischer Koniferen in ihrer Heimat. *AFJZ*, 148. Jg., Heft 10/11, 197-207.
- SCHOBBER, R., 1978: Erste Ergebnisse von Anbauversuchen mit Tannen und anderen Koniferen aus Japan im Vergleich mit nordamerikanischen und europäischen Nadelhölzern: Teil 2: Die Versuche und ihre Ergebnisse. *Allgem. Forst- und Jagdztg.* 11/12: 197-221.
- SCHOBBER, R. u. SPELLMANN, H. 2001: Von Anbauversuchen mit Tannen und anderen Koniferen aus Japan, Nordamerika und Europa. *Schriften aus der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen und der Nds. Forstl. Versuchsanstalt*, Band 130, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., 178 S.
- SCHOPMEYER, C. S., 1974: Seeds of woody plants in the United States. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 450. Washington, DC. 883 p.
- SCHRÖDER, J., RÖHLE, H., GEROLD, D. und MÜNDE, K., 2007: Bewertung waldbaulicher Maßnahmen mit BWINPro-S. *AFZ-DerWald*, Heft 12, S. 656-659.
- SCHÜTZ, J. P. 1997: *Silviculture 2. La gestion des forêts irrégulières et mélangées*. Presses Polytechniques et Universitaires romandes, Lausanne, 178 S.
- SCHWAB, E., STRATMANN, J., 1983: Holzigenschaften norddeutscher Küstentannen. *Der Forst- und Holzwirt*, Nr. 10, 252-256.
- SCHWAPPACH, A. 1890: *Wachstum und Ertrag normaler Fichtenbestände*. Verlag Julius Springer, Berlin 100 S.
- SCHWAPPACH, A. 1901: Die Ergebnisse der in den Preußischen Staatsforsten ausgeführten Abbauversuche mit fremdländischen Holzarten. *Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes.*, 33, 137-169, 195-225, 261-292.
- SCHWAPPACH, A. 1911: Die weitere Entwicklung der Versuche mit fremdländischen Holzarten in Preußen. *Mitt. d. DDG.*, 20, 3-37.
- SCHWIND, W., 1976: Kulturversuche mit- und Jugendverhalten von *Abies grandis*. Dipl. Arbeit. Universität Göttingen. Institut für Waldbau.
- SEIDEL, K. W., 1979a: Natural regeneration after shelterwood cutting in a grand fir – Shasta red fir stand in central Oregon. *Res. Paper PNW-259*, 23 S.
- SEIDEL, K.W., 1979b: Regeneration in mixed conifer shelterwood cuttings in the Cascade Range of eastern Oregon. *USDA, For.Serv., res.paper PNW-264*, 29 S.
- SEIDEL, K. W. und COOLEY, R., 1974: Natural reproduction of grand fir and mountain hemlock after shelterwood cutting in central Oregon. *USDA, For.Serv., Res. Note PNW 229*, 10 S.
- SINCLAIR, C., BOYD, R.J., 1973: Survival comparisons of three fall and spring plantings of four coniferous species in northern Idaho. *Research Paper, Intermontane Forest and Range Experiment Station, USDA For. Serv. No. INT-139*.
- SPELLMANN, H. 1994: Ertragskundliche Aspekte des Fremdländeranbaus. *AFJZ*, 165, 27-34.
- SPELLMANN, H.; WAGNER, S.; NAGEL, J.; GUERICKE, M.; GRIESE, F. 1996. In der Tradition stehend, neue Wege beschreitend - Waldwachstumskundliche Forschung an der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt. *Forst u. Holz* 51, 363-368
- SPELLMANN, H., 2004: Ursachen-Wirkungs-Beziehungen am Beispiel der Douglasie, waldwachstumskundliche Entscheidungshilfen für Waldbewirtschaftung und Forstplanung.
- SPIECKER, H., 1991: Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung von Trauben- und Stieleichen. *Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg*, Band 72, 155 S.
- STAGE, A. R., 1969: Computing procedures for grand fir site evaluation and productivity estimation. *USDA Forest Service, Research Note INT-98*. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT. 6 p.
- STEINHOFF, R. J., 1978: Early growth of grand fir seedlings in northern Idaho. In: *Proceedings, IUFRO joint meeting of working parties, vol 2: Lodgepole pine, sitka spruce and Abies provenances*. Vancouver, BC. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forests: 359-365.
- STERBA, H., 1981: Natürlicher Bestockungsgrad und Reineckes SDI. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen* 98, 2, 101-116.
- STERBA, H.; MOSER, M. u. HASENAUER, H. 1995: PROGNAUS - ein abstandsabhängiger Wachstumsimulator für ungleichaltrige Mischbestände. *Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde*, 29.-31. Mai 1995 Joachimsthal, S.173-183.

- STRATMANN, J., 1988: Ausländeranbau in Niedersachsen und den angrenzenden Gebieten. Schr. Forstl. Fakultät Universität Göttingen und der Nds. Forstl. Versuchsanstalt, Bd. 91.
- STRATMANN, J., 1991: Ausländer-Anbau in Niedersachsen. Forst und Holz, 46. Jahrgang/Nr.9, S. 235-237.
- TANAKA, Y., 1982: Biology of Abies seed production. In: Oliver, C. D., Kenady, R. M., eds. Proceedings of the biology and management of true fir in the Pacific Northwest symposium. Seattle-Tacoma, WA. Contribution No. 45. Seattle, WA: University of Washington, College of Forest Resources: 103-111.
- THOMAS, J. W., 1979: Wildlife habitats in managed forests in the Blue Mountains of Oregon and Washington. Agricultural Handbook No. 553. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Science. 512 p.
- THOROE, C.; DIETER, M.; ELSASSER, P.; ENGLERT, H.; KÜPPERS, J. G. u. ROERING, H. W., 2003: Untersuchungen zu den ökonomischen Implikationen einer Präzisierung der Vorschriften zur nachhaltigen, ordnungsgemäßen Forstwirtschaft bzw. von Vorschlägen zur Konkretisierung der Guten fachlichen Praxis in der Forstwirtschaft. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie 2003/3 der BFH Hamburg, 66 S.
- TOPIC, C., HALVERSON, N. M., BROCKWAY, D. G., 1986: Plant association and management guide for the western hemlock zone: Gifford Pichot National Forest. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Region. 132 p.
- TRAUBOTH, V., 2005: Anbauten der Großen Küstentanne in Thüringen. AFZ-DerWald, 16, 841-843.
- TRÜMPER (1950): Eine raschwüchsige, frostharte und läusefeste Tannenart. Allgm. Forstz. 5: 270.
- USDA Forest Service, 1974: Seeds of woody plants in the United States. USDA, Agric. Handbook 450, 883 S.
- USDA Forest Service: Technology Transfer Fact Sheet. Center for Woods Anatomy Research, Forest Products Laboratory, Masison, Wisconsin.
- VOLKERT, E., 1956: Holzeigenschaften von Gastbaumarten. Holz als Roh- und Werkstoff, 14, 3, S. 81-86.
- WAGNER, S. 1999: Ökologische Untersuchungen zur Initialphase der Naturverjüngung in Eschen-Buchen-Mischbeständen. Schriftenreihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen und Nds. Forstl. Versuchsanst. Bd. 129.
- WALL de, K.; DREHER, G.; SPELLMANN, H. u. PRETZSCH, H. 1998: Struktur und Dynamik von Buchen-Douglasien-Mischbeständen in Niedersachsen. Forstarchiv, 69, 179-191
- WEEGE, K., 1988: Beobachtungen am Wachstum der Küstentanne in Nordrhein-Westfalen. AFZ 25, 703-706.
- WEIDENBACH, P. und SCHMIDT, J., 1988: Erfahrungen und Folgerungen aus dem bisherigen Anbau der Großen Küstentanne in Baden-Württemberg. AFZ 25: 715-717.
- WENSEL, L.; KOEHLER, J. 1985: A Tree Growth Projection System for Northern California Coniferous Forests. Univ. California Berkeley, Research Note No. 12.
- WESTPHAL, B. 1995: Wachstumsmodelle für Japanlärchenreinbestände. Tagungsbericht der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten.
- WIEDEMANN, E. 1936: Die Fichte 1936. Erweiterte Fortführung der Berichte von Geherimrat Schwappach über die preußischen Fichtenversuchsflächen. Verlag Schaper, Hannover 248 S.
- WIEDEMANN, E. 1942: Der gleichaltrige Fichten-Buchen-Mischbestand. Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, 13, 88 S.
- WIEDEMANN, E. 1950: Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M., 346 S.
- WOLF, H. u. RUETZ, F. 1988: Die Ergebnisse älterer und jüngerer Abies grandis- Versuchsanbauten in Bayern. AFZ, 43, 707-710.
- WYKOFF, W.; CROOKSTON, N. u. STAGE, A. 1982: User's Guide to the Stand Prognosis Model. USDA For.Ser. Intermountain Forest and Range Experiment Station Ogden, General Technical Report INT-133.
- XU, Y. u. FÖLSTER, H., 1992: Vergleichende Untersuchung über Durchwurzelungstiefe und Wurzelverteilung von Küstentanne und Fichte auf pseudovergleyten Böden. Forst und Holz, 47. Jg., Nr. 18, 560-565.
- ZIEGLER, C., 1978: Die große Küstentanne und ihre waldbauliche Verwendung in Nordwestdeutschland. Ingenieurarbeit a. d. Fachhochschule Hildesheim/Holzminde, Fachbereich Forstwirtschaft in Göttingen.

### 3) Ergebnisse

Nachfolgend werden die im Teilprojekt 1 „Verwendungsorientierte Managementstrategien für Buchen-Küstentannen-Mischbestände“ erzielten Ergebnissen in komprimierter Form dargestellt. Dabei liegt zunächst der Schwerpunkt bei der Analyse von Küsten-Reinbeständen, für die bisher nur wenige Ergebnisse aus Deutschland vorliegen. Eine detaillierte Abhandlung wird im Laufe des Jahres in Form eines gesonderten Bandes im Rahmen der Schriftenreihe „Beiträge aus der NW-FVA“ publiziert.

#### 1.1 Material

Als Datenbasis für dieses Forschungsprojekt dienten zum einen die bereits vorhandenen Küstentannenversuchsflächen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Für diese Flächen lagen Einzelbaummessungen aus mehreren periodischen Versuchsflächenaufnahmen vor, mit deren Hilfe das Einzelbaum- und Bestandeswachstum sehr gut analysiert werden konnte. Die NW-FVA verfügt insgesamt über 40 Anbau-, 5 Standraum-, 8 Ertrags- und einen Grünastungsversuch für die Baumart Küstentanne.

Darüber hinaus wurden in Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt II Küstentannenbestände aus dem Stadtforstbetrieb Höxter (Abt. 73a), dem Stadtforst Schmallenberg (Abt. 238a) und dem niedersächsischen Forstamt Grünenplan (Abt. 143b) in die Untersuchung einbezogen. Aus diesen Beständen stammen auch die im Teilprojekt II untersuchten Küstentannen-Probeebäume. Aus einem weiteren Bestand in Schleswig-Holstein (Lauenburgische Kreisforste, Abt. 79 a 1) wurden Schaftform- und Ast-Daten gewonnen. Weitere Aufnahmen speziell zur Mischungsform Buche – Küstentanne erfolgten in den Versuchsflächen Ahlhorn (Abt. 2138/39j), Fuhrberg (Abt. 1362j), Nienburg (Abt. 1130j), Gührde (Abt. 68j), Neuenburg (Abt. 142j) und Lauterberg (Abt. 3107j).

#### 1.2 Wachstum und Leistungspotenzial der Küstentanne in Abhängigkeit vom Standort: Ergebnisse aus den Küstentannen-Anbauversuchsserie 1980/81

Um Empfehlungen für die Begründung und die Pflege von Küstentannenbeständen geben zu können, ist es von besonderem Interesse, Erfahrungen und Ergebnisse aus der Jungwuchs- und Kulturphase der Versuchsflächen zu berücksichtigen. Deshalb werden hier die wichtigsten Ergebnisse aus der ersten und zweiten Aufnahme der Küstentannen-Anbauversuchsserie von 1980 dargestellt, in denen fast immer auch die Douglasie als Vergleichs- bzw. Mischbaumart vertreten ist.

Kulturstadium (Entwicklung bis zum dritten Standjahr):

- Im Höhenwuchs war die Douglasie der Küstentanne bis zum dritten Standjahr überlegen.
- Die Küstentanne zeichnet sich durch stagnierenden Wuchs in den ersten Standjahren aus, die Douglasie war gegenüber der Küstentanne stets vorwüchsig.
- Kulturausfälle bei der Küstentanne waren vor allem durch sehr starke Vernässung (stehendes Wasser auf der Fläche) bedingt.
- Vereinzelt gab es Ausfälle durch Hallimasch-Befall, diese waren aber in keinem Fall existenzgefährdend.
- Molkeböden stellen einen Grenzstandort für den Küstentannenbau dar.
- Insgesamt sehr gute Anwuchserfolge der Küstentanne in allen Regionen.
- In Bereichen, wo die Küstentanne über einen Seitenschutz (Althölzer, Wälle) verfügt, sind ihre Ausfälle sehr viel geringer als auf der Freifläche (Frost- und Verdunstungsschutz).
- Der Pflanzchock hält bei der Küstentanne unter ungünstigen Verhältnissen über mehrere Jahre an.

Entwicklung bis zum Alter von 12 Jahren:

- Die Douglasie ist der Küstentanne im Alter von 12 Jahren im Höhen- und BHD-Wachstum überlegen
- Die Schäfte von Küstentanne und Douglasie sind ganz überwiegend geradschaftig.
- Jugend- und Kulturgefahren sind nach dem vierten Standjahr nahezu überwunden, da in Folgejahren kaum noch Ausfälle auftraten.
- Bei den Zuwächsen holt Küstentanne gegenüber Douglasie auf.
- Schäl- und Schlagschäden traten in Rotwildgebieten auf.

Standort-Leistungs-Bezug

Anders als für unsere einheimischen Hauptbaumarten sind für die Küstentanne die Zusammenhänge zwischen Standortseigenschaften und Wachstum noch nicht eingehend mathematisch-statistisch analysiert worden. Die in Abhängigkeit von der Nährstoff- und Wasserversorgung stark streuenden Höhenwuchsleistungen der Küstentannen in den Anbauversuchen der Serie 1980/81 deuten darauf hin, dass dies nicht einfach sein wird (Abb. 1 und 2).

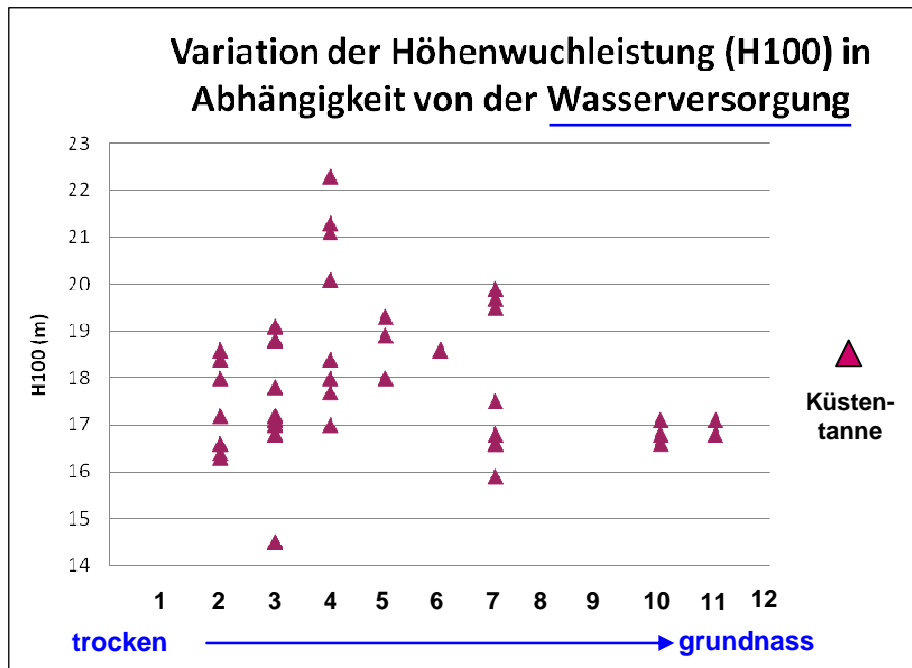


Abbildung 1: Variation der Höhenwuchleistung (H<sub>100</sub>) in Abhängigkeit von der Wasserversorgung im Alter 27 in der Anbauversuchsserie von 1980/81

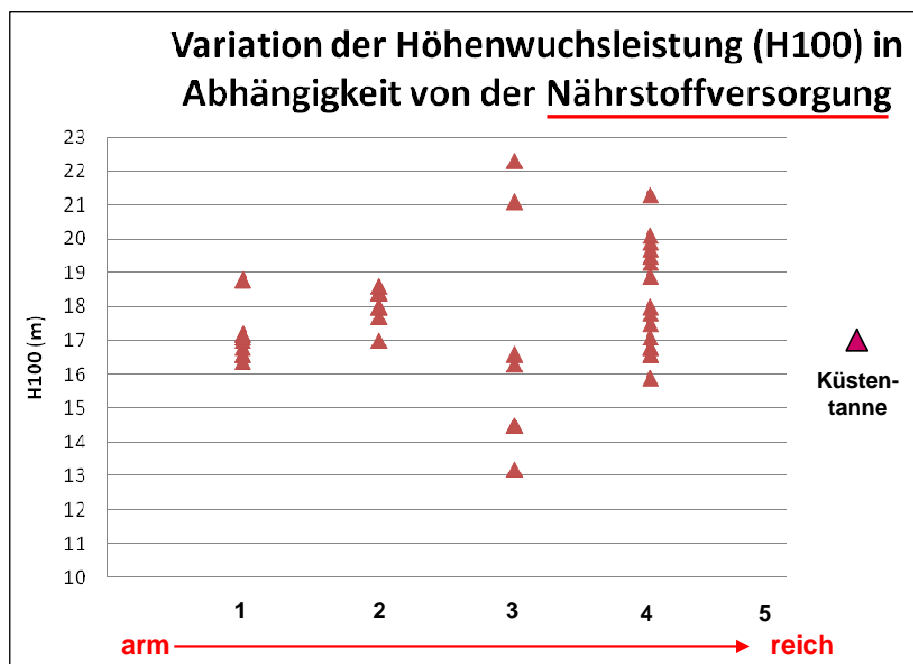


Abbildung 2: Variation der Höhenwuchleistung (H<sub>100</sub>) in Abhängigkeit von der Nährstoffversorgung im Alter 27 in der Anbauversuchsserie von 1980/81

Bei gleicher Nährstoff- und Wasserversorgung variieren die Oberhöhenwerte im Alter 27 selbst im gleichen Wuchsbezirk um mehrere Meter. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, die stark aggregierten Bodenkennwerte Nährstoffversorgung und Wasserhaushalt in weitergehenden Untersuchungen noch weiter aufzuschlüsseln, um das Standortpotenzial zutreffender beschreiben zu können (Humuszustand, Basensättigung, nutzbare Feldwasserkapazität).

Insgesamt wird jedoch deutlich, dass die Küstentanne auf fast allen Versuchsstandorten mit unterschiedlichsten Standortseigenschaften ein hervorragendes Leistungspotenzial aufweist, welches dem der Douglasie mindestens ebenbürtig ist. Problematisch erscheinen für den Anbau der Küstentanne nur extreme Staunässeböden (Windwurf) sowie stark wechsellückene Standorte (Jugendgefahren).

### Leistungspotenzial

In den Anbauversuchen der Versuchsserie von 1980 bewegen sich die Bestandesoberhöhen ( $H_{100}$ ) der Küstentannenparzellen (dargestellt als grüne Dreiecke) zum größten Teil auf einem Niveau zwischen der I. und II. Ertragsklasse Douglasie (Abb. 3). Dies verdeutlicht die sehr gute Höhenwuchsleistung der Küstentanne über ein sehr breites Standortsspektrum hinweg. Nur in drei Forstämtern bleibt die Oberhöhenentwicklung der Küstentanne auf einzelnen Parzellen hinter der III. Ertragsklasse für Douglasie zurück (Neuenburg, Oerrel und Michelstadt). Im direkten Vergleich zu den Douglasienparzellen (dargestellt als rote Rauten) erkennt man, dass die Küstentanne im Alter von 27 Jahren in der Oberhöhenentwicklung noch etwas hinter der Douglasie zurückbleibt.

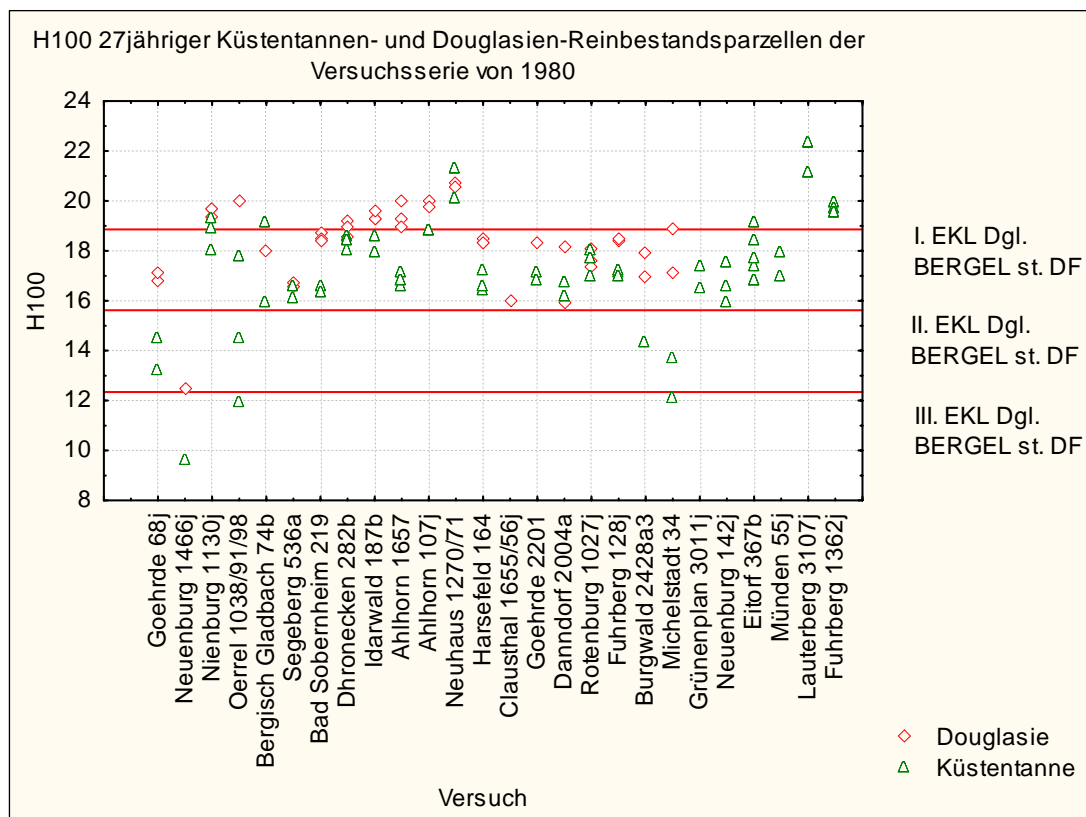
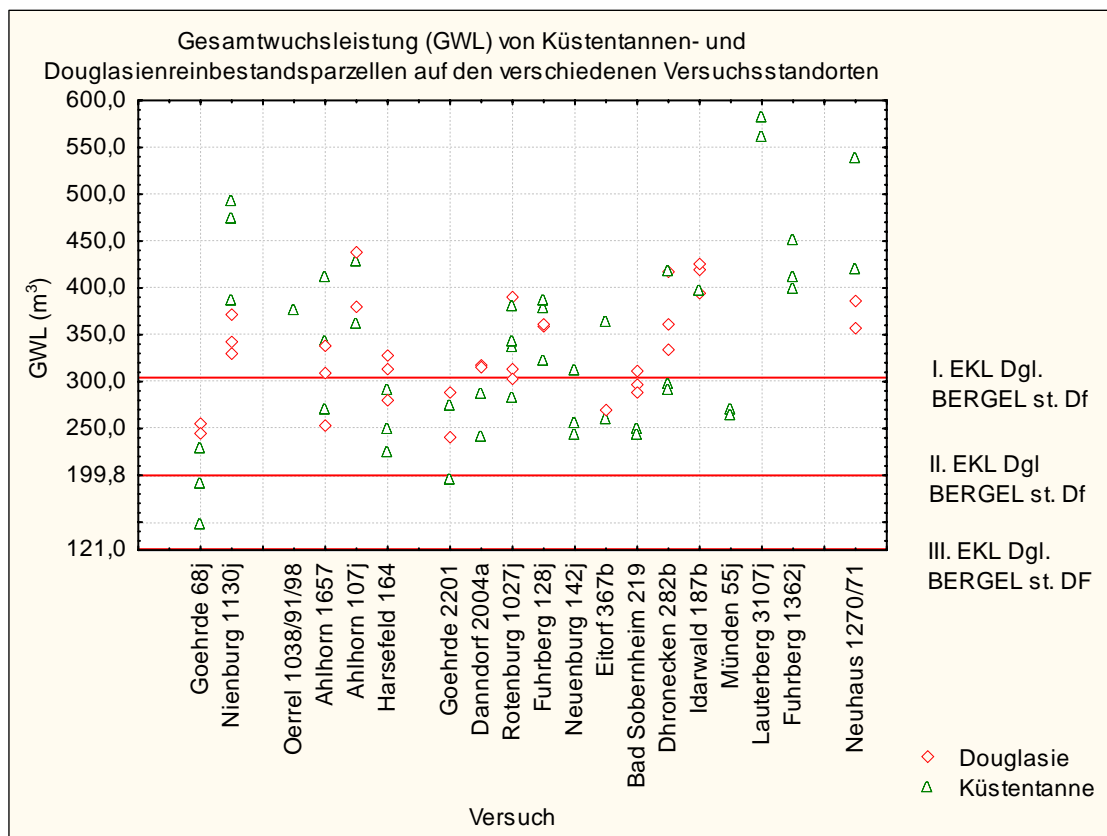


Abbildung 3:  $H_{100}$ -Werte 27-jähriger Küstentannen- und Douglasien-Versuchspartellen der Anbauversuchsserie von 1980/81

In der Gesamtwuchsleistung haben sich die Küstentannen- und Douglasienparzellen der Anbauversuche von 1980 im Alter von 27 Jahren bereits weitgehend angenähert (Abb. 4). Auch hier zeigt sich, dass sich die Küstentanne auf einem sehr hohen Leistungsniveau bewegt. Die Gesamtwuchsleistung liegt auf fast allen Standorten zwischen I. und II. Ertragsklasse für Douglasie oder sogar noch darüber. Lediglich auf zwei Versuchsstandorten wurde nur ein Niveau zwischen II. und III. Ertragsklasse für die Douglasie erreicht. Im direkten Vergleich zu den Douglasienparzellen ist die Küstentanne sogar in vielen Fällen überlegen, ein deutlicher Hinweis auf die bemerkenswert hohe Standraumeffizienz dieser Baumart, da sie auf gleicher Fläche mit noch etwas geringeren Bestandesoberhöhen mehr Biomasse als die leistungsstarke Douglasie produziert. Im Vergleich zu Fichte und Douglasie bildet die Küstentanne deutlich schlankere Kronen mit geringeren Kronenbreiten aus, woraus sich eine höhere Stammzahlhaltbarkeit ergibt.



**Abbildung 4:** Gesamtwuchsleistung 27-jähriger Küstentannen- und Douglasien-Versuchparzellen der Anbauversuchsreihe von 1980/81

### 1.3 Wachstum der Küstentanne in Abhängigkeit von der Bestandesbehandlung und Mischungform

#### 1.3.1 Läuterungseffekte

Eine Auswertung der verschiedenen Küstentannen-Standraumversuche zeigt auf allen Flächen in gleichgerichteter Form, welchen Einfluss frühzeitige Läuterungen auf die verschiedenen Bestandesmerkmale haben (s. Abb. 5). Durch die Läuterungen wurden die Baumzahlen (N) annähernd auf die Hälfte bzw. ein Drittel der Ausgangspflanzenzahlen abgesenkt. Das Durchmesserwachstum wurde dadurch im Bestandesmittel (dg) stärker gefördert, als bei den Z-Baumanwärttern (dz). Diese Beobachtung lässt sich mit der sehr starken Durchmesser-Differenzierung der Bestände erklären. Trotz der großen Unterschiede in der Stammzahlhaltung sind jedoch die Bestandesvorräte ( $m^3/ha$ ) bei beiden Eingriffsvarianten sehr ähnlich. Hier kommt ein Wuchsbeschleunigungseffekt nach starken Eingriffen zum Ausdruck.

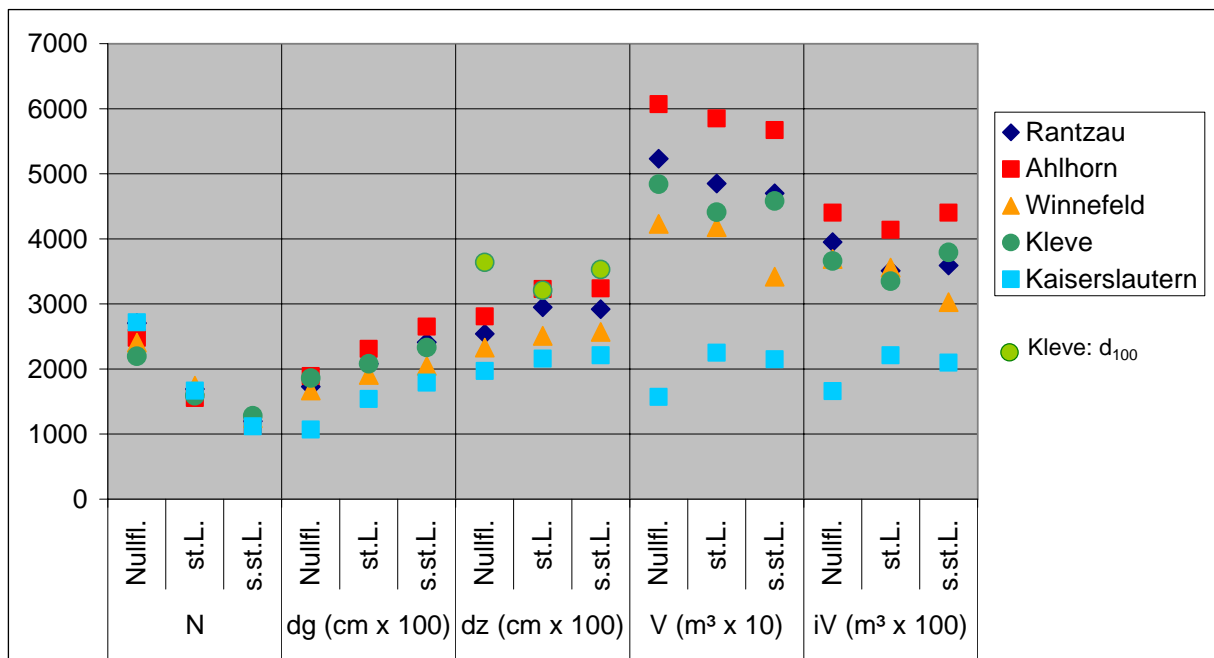


Abbildung 5: Einfluss frühzeitiger Läuterungen ( $h_{100}$  ca. 8 m) auf verschiedene Bestandesmerkmale im Alter 27. Küstentannen-Standraumversuche der NW-FVA vor der Erstdurchforstung

Betrachtet man die Durchmesserverteilungen in den Läuterungsversuchen vor der ersten Durchforstung, so sind zwei weitere Aspekte offensichtlich (Abb. 6). Zum einen sind die Küstentannenbestände in ihrer Durchmesserentwicklung sehr stark differenziert - was aus waldbaulicher Sicht sehr zu begrüßen ist (Strukturdiversität, waldbauliche Pflegeoptionen, gestreckte Nutzungszeiträume) – zum anderen machen Vorwüchse mit BHD-Werten  $> 25$  cm unabhängig von der Läuterungsintensität etwa ein Drittel der Stammzahl aus. Dieses Kollektiv ist jedoch im Hinblick auf die Holzqualität (breite Jahrringe) nur eingeschränkt für höher-

wertige Sägeholzprodukte geeignet (vergleiche Ergebnisse des Teilprojektes II). Dieser Gesichtspunkt spielt für die Entwicklung verwendungsorientierter Managementstrategien eine wesentliche Rolle (frühzeitige Nutzung der Vorwüchse als Industrieholz).

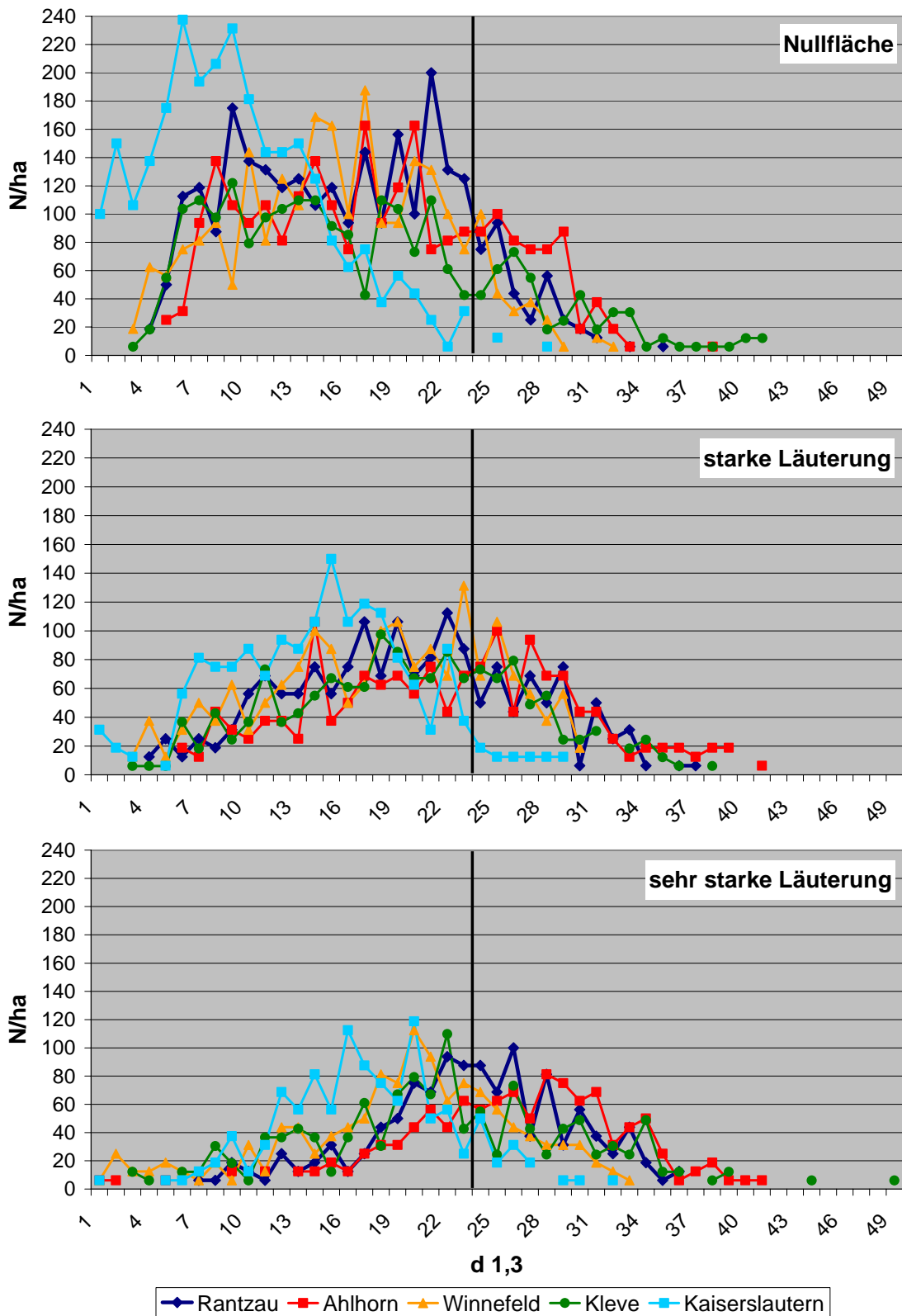


Abbildung 6: Durchmesserverteilungen in den Küstentannen-Standraum-Versuchen im Alter 27 vor der ersten Durchforstung

### 1.3.2 Durchforstung

Anhand des Küstentannen-Standraumversuches Winnefeld 3042 und des Fichten-Durchforstungsversuches Münden 128 wird in einem direkten Leistungsvergleich mit den Baumarten Douglasie und Fichte deutlich, dass die Küstentanne unabhängig von der Durchforstungsvariante, den beiden anderen schnell wachsenden Koniferen überlegen ist (Abb. 7).

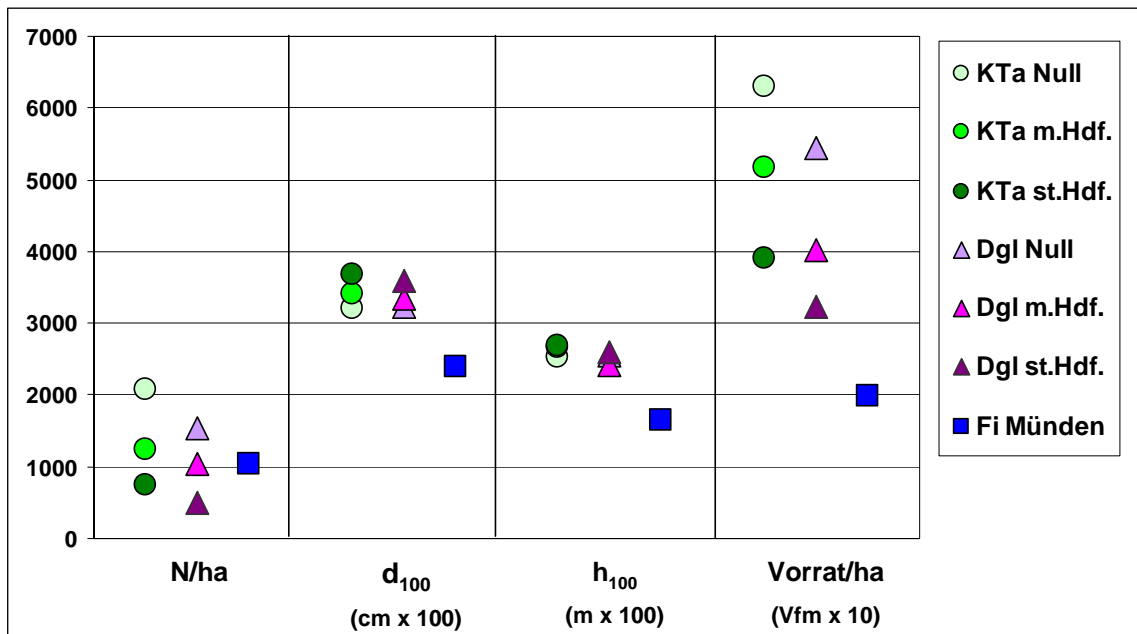


Abbildung 7: Leistungsvergleich Küstentanne, Douglasie, Fichte im Alter 32. Douglasien- und Küstentannen-Durchforstungsversuch Winnefeld 3042. Fichten-Durchforstungsversuch Münden 128, 0,4. Ekl., Ausgangsverband 3 x 1,5

Die Küstentanne ermöglicht aufgrund ihres geringen Standraumbedarfs die höchste Stammzahlhaltung. In der Durchmesserentwicklung der stärksten Stämme ( $d_{100}$ ) führt die Küstentanne leicht vor der Douglasie und deutlich vor der Fichte. Auch bei der Bestandesoberhöhe ( $H_{100}$ ) liegt die Küstentanne im Alter von 32 Jahren bereits vorne. Die größte Überlegenheit zeigt sich jedoch in den realisierten Bestandesvorräten (Vfm/ha). Die Küstentanne dominiert hier auch gegenüber der Douglasie deutlich und leistet in Relation zur Fichte das Doppelte bis Dreifache.

Betrachtet man die Küstentanne alleine und nur in Abhängigkeit von der Durchforstungsstärke, fallen folgende Aspekte auf: Hinsichtlich der erreichten Durchmesser ( $d_{100}$ ) und Oberhöhen ( $H_{100}$ ) liegen die verschiedenen Durchforstungsintensitäten recht nahe beieinander. Betrachtet man dagegen den Bestandesvorrat, zeigen sich sehr große Unterschiede zwischen der Nullvariante, der mäßigen und starken Hochdurchforstung. Als waldbauliche Option scheidet die Nullvariante aus, denn eine gewisse Kronenpflege in Hinblick auf Stabilitätsparameter erscheint auch für Küstentannenbestände unabdingbar. Eine starke Durchforstung führt jedoch zu ungerechtfertigten Vorratseinbußen, zumal mit der Küstentanne die Massensortimen-

te Nadelsäge- und Industrieholz bereitgestellt werden sollen. Aus dieser Sichtweise heraus empfiehlt sich also für Küstentannenbestände und Küstentannen-Anteilsflächen in Mischbeständen die mäßige Hochdurchforstung.

### 1.3.3 Grünästung

Ziel des Küstentannen-Grünästungsversuches Ahlhorn ist es, Erkenntnisse über die Auswirkungen des Beginns, der Wiederkehr und der Stärke von Grünästungen auf den Zuwachs, die Ausbeute an astfreiem Schnittholz und den erforderlichen Produktionszeiträumen für die Erzielung bestimmter astfreier Schnittholzanteile zu erhalten.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über den komplexen Versuchsaufbau, bei dem neben den Ästungsintensitäten (60, 40 und 20 Prozent Entnahme der grünen Krone) auch die Zeitpunkte der ersten Eingriffsmaßnahme variieren (erster Eingriff bei Bestandeshöhen von 6-8 m, 8-10 m und 10-13 m).

**Tabelle 1:** Darstellung des Versuchsablaufes. Die Tabelle zeigt, zu welcher Versuchsgruppe die 300 Versuchsbäume gehören und wie sie während der vier Eingriffszeitpunkte (vorgegeben durch die Höhe der ungeästeten Bäume), in Bezug auf das Kronenprozent sowie der Ästungswiederkehr behandelt werden sollen.

Versuchsgruppe	Baumnummern	1. Eingriff (1989)				2. Eingriff (1992/93)				3. Eingriff (1996/97)				4. Eingriff (2001)			
		h = 6 – 8 m				h = 8 – 10 m				h = 10 – 13 m				Ästung auf 12 m			
		Kronenprozent				Kronenprozent				Kronenprozent				Kronenprozent			
		40	60	80	100	40	60	80	100	40	60	80	100	40	60	80	100
		Entnahmeprozent				Entnahmeprozent				Entnahmeprozent				Entnahmeprozent			
		60	40	20	0	60	40	20	0	60	40	20	0	60	40	20	0
I	Endziffer 1	x				x				x				x			
II	Endziffer 2		x				x				x				x		
III	Endziffer 3			x				x				x				x	
IV	Endziffer 4				x	x				x				x			
V	Endziffer 5				x		x				x				x		
VI	Endziffer 6				x			x				x				x	
VII	Endziffer 7				x				x	x				x			
VIII	Endziffer 8				x				x		x				x		
IX	Endziffer 9				x				x			x				x	
X	Endziffer 0				x				x				x				x

Um die Effekte unterschiedlicher Ästungshöhen und – zeitpunkte auf das Durchmesserwachstum in 1.3 m zu quantifizieren und auf statistische Signifikanz hin zu überprüfen, wurden verschiedene gemischte lineare Regressionsmodelle parametrisiert. Neben den unterschiedlichen Ästungshöhen wurde der Eingriffszeitpunkt als kategorische Variable in das Modell integriert. Zusätzlich wurde der Ausgangsdurchmesser bei der Versuchsanlage 1989 als erklärende Variable in das Modell aufgenommen, da hier ein zusätzlicher positiver Effekt auf das Durchmesserwachstum angenommen werden kann.

In der statistischen Auswertung zeigten nur die Varianten I, IV und VII mit der Reduktion auf 40 % Kronenlänge signifikante Zuwachsreduktionen (Abb. 8). Die Vorästungsgeschichte innerhalb dieser Varianten erwies sich dagegen als nicht signifikant. Weiterhin scheint die absolute Zuwachsreduktion gegenüber der Variante 0 (keine Eingriffe) mit steigendem Alter abzunehmen.

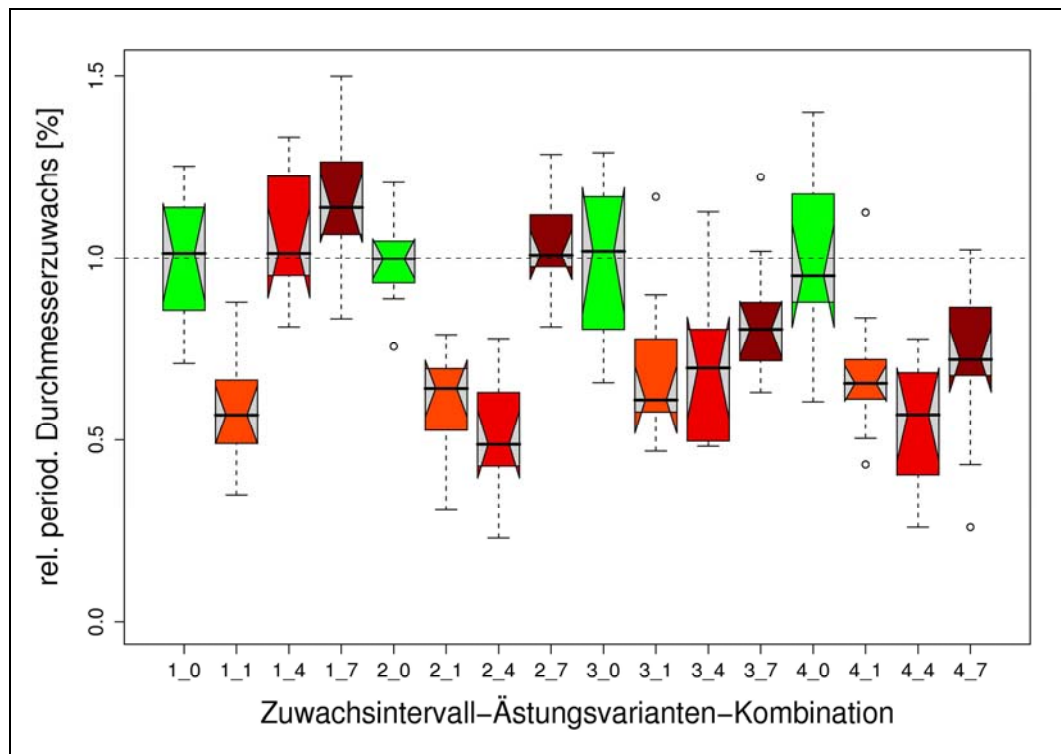


Abbildung 8: Verteilungen der relativen durchschnittlichen Durchmesserzuwächse getrennt nach Ästungsvarianten und Zuwachsintervallen. Neben der Nullvariante nur Ästungsvarianten mit einem Endkronenprozent von 40 %

#### 1.3.4 Reihemischung mit Buche

Um Schlussfolgerungen für geeignete Mischungsformen der Baumarten Küstentanne und Buche ableiten zu können, wurde die Konkurrenzsituation zwischen Buche und Küstentanne näher betrachtet. Datengrundlage hierzu bildeten alle Versuchspartellen mit einer Reihemischung aus Buche und Küstentanne.

In diesen Versuchsflächen wechseln sich jeweils 3 Reihen Küstentanne mit je einer 3er-Reihe Buche-Lärche-Buche ab. In der unmittelbaren Kontaktzone zwischen den Küstentannen und Buchen wurden pro Versuchspartelle jeweils 3 Probekreise gelegt und die Einzelbaumvariablen BHD, Höhe, Kronenansatzhöhe, Kronenradien in 8 Richtungen und Höhe der maximalen Kronenbreite von Küstentannen und Buchen erfasst.

Im Anschluss daran wurden die verschiedenen Merkmale von Buche und Küstentanne auf Unterschiede untersucht. Erwartungsgemäß zeigten sich aufgrund der sehr verschiedenen

Wachstumsrhythmen signifikante Unterschiede bei gleich mehreren Variablen (BHD, Kronenansatzhöhe, H/D-Verhältnis, Kronenbreite).

Um etwaige Entwicklungsunterschiede zwischen Buchen, die in Reihenmischung mit Küstentanne erwachsen sind, und solchen aus einem gleichaltrigen Buchenreinbestand herauszustellen, wurden auf der Versuchsfläche Ahlhorn 2138/39j auch Vergleichsprobekreise in einem Buchen-Reinbestand aufgenommen. Auch hier zeigte sich, dass es zwischen den Buchen aus Reihenmischung und Reinbestand signifikante Unterschiede bei den Merkmalen Kronenansatz, Höhe, H/D-Wert und Kronenprozent gibt.

Eine Zusammenschau der Ergebnisse enthält Abbildung 9. Bezogen auf den mittleren Durchmesser und die mittlere Höhe sind die Küstentannen der Buche in Reihenmischung klar überlegen. Vergleicht man die Buchen aus der Reihenmischung und aus dem Reinbestand untereinander, so weisen sie im Reinbestand einen etwas höheren BHD auf, während die Buchen in Reihenmischung im Höhenwachstum besser abschneiden und auch höhere Kronenansätze (KA) aufweisen. Hier wird das Höhenwachstum durch den starken Seitendruck der Küstentanne gefördert - sie wächst in engen Lichtschächten nach oben, um weiter überleben zu können. Dies führt jedoch auch dazu, dass das Verhältnis zwischen Höhe und Durchmesser (H/D-Wert) als ein Weiser für die Stabilität des Einzelbaumes bei den Buchen in Reihenmischung höher und damit schlechter ist. Die Küstentannen weisen einen günstigen H/D-Wert auf. Für die Merkmale Kronenbreite (KB) und Kronenprozent (KR%) konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.

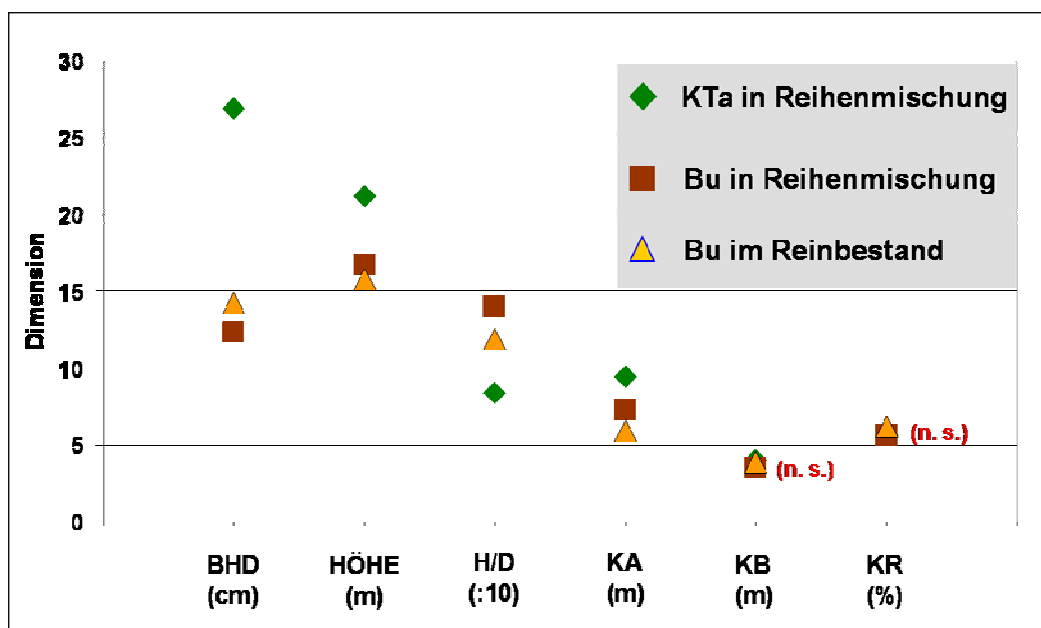


Abbildung 9: Vergleich der Bestandesmerkmale von 32-jährigen Küstentannen und Buchen in Reihenmischung bzw. mit Buchen im Reinbestand. Standraumversuch Ahlhorn 1138/39 j

### 1.3.5 Fazit

Die Buche ist der Küstentanne im Wachstum deutlich unterlegen. Die fehlende Konkurrenz in Nachbarschaft zur Buche führt bei vor- und herrschenden Küstentannen zu ungebremstem Wachstum mit weiten Jahrringen. Angesichts der Wuchsrelationen und der unterschiedlichen Produktionszeiträume sind intensive Mischungen von Buche und Küstentanne nicht zu empfehlen. Eine frühzeitige Entnahme vorwüchsiger Küstentannen führt bei vertretbaren Zuwachseinbußen zu besseren Qualitäten.

Die Küstentannen hat ein sehr hohes Leistungspotenzial, auch im Vergleich zur Douglasie. Sehr starke Lässerungen und sich anschließende sehr starke Durchforstungen (nat. B° 0,65) senken die Flächenproduktivität und führen bei den Z-Bäumen zu sehr breiten Jahrringen. Grünästungen mit Entnahmen bis 40 % haben keinen gesicherten Einfluss auf das Durchmesserwachstum, Entnahmen von 60 % führen zu deutlichen Zuwachseinbußen und dämpfen das Wachstum.

## 1.4 Modellierung des Wachstums

Nachfolgend werden die Ergebnisse der für die Baumart Küstentanne neu angepassten Wachstumsfunktionen dargestellt. Als Datenbasis für die Parametrisierung der Funktionen dienten die bereits vorhandenen Küstentannen-Versuchsflächendaten der NW-FVA sowie ergänzendes Datenmaterial, welches durch dieses Projekt gewonnen werden konnte.

### 1.4.1 Oberhöhenwachstum

Das Oberhöhenwachstum der Küstentanne wurde unter Verwendung der für diese Zwecke gut bewährten Chapman-Richard-Gleichung modelliert (Gleichung 1).

#### Gleichung 1: Chapman-Richards-Gleichung

$$H_G = \alpha_0 \cdot [1 - e^{-\alpha_1 t}]^{\alpha_2}$$

wobei

$$H_G = \text{Bestandesoberhöhe [m]}$$

$$t = \text{Bestandesalter [jahre]}$$

$$\alpha_0 \dots \alpha_2 = \text{empirisch ermittelte Modellparameter}$$

Für die Parametrisierung standen insgesamt 337 Alters- und  $H_{100}$ -Wertepaare aus 122 Küstentannenversuchspartellen zur Verfügung. Die in die Modellierung eingehenden Partellen sind auf über 30 verschiedene Forstämter (Bundesländer Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Hessen, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen und Saarland) in Nordwestdeutschland verteilt.

Die Altersspanne reicht von Aufnahmen in 9- bis 57-jährigen Beständen, die  $H_{100}$ -Werte decken einen Bereich zwischen 4,5 m bis 35,9 m ab.

Die Parameterwerte wurden durch einfache nicht-lineare Regression mit dem frei verfügbaren Statistikprogramm R ermittelt.

Für die Parameter  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  der Chapman-Richards-Funktion ergeben sich dabei folgende Schätzwerte (Tabelle 2):

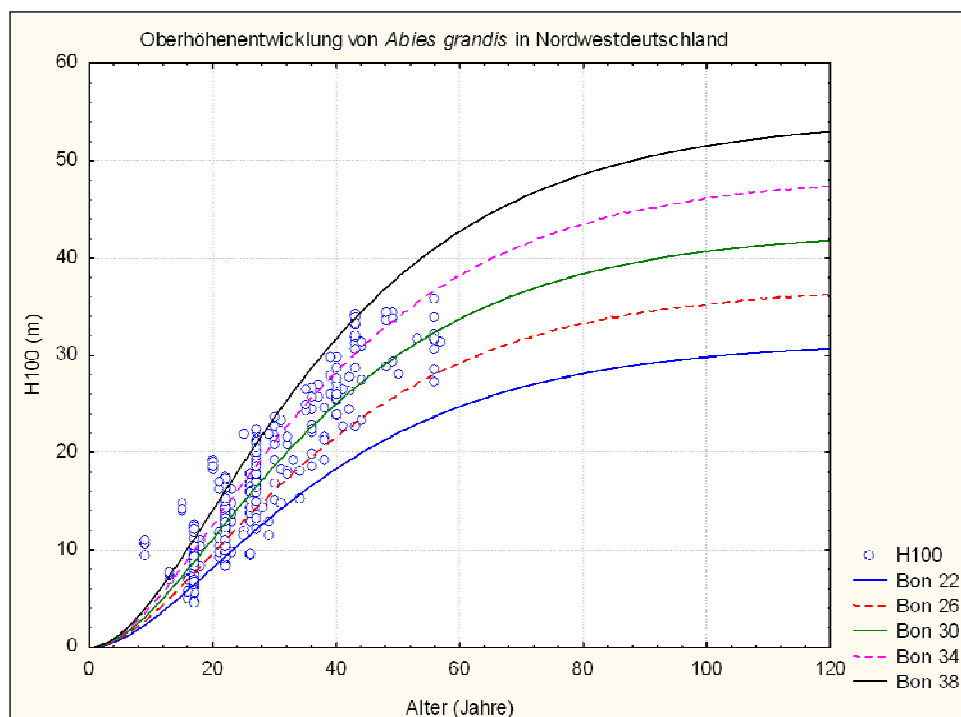
**Tabelle 2:** Durch nicht-lineare Regression geschätzte Werte für die Parameter  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  der Chapman-Richards-Funktion zur Modellierung der Bestandes-Oberhöhen-Entwicklung. Residual-Standardfehler: 2,973 bei 334 Freiheitsgraden

Parameter	Schätzung	Standardfehler	t-Wert	Pr (> t )	Signifikanz
$\alpha_0$	44,8016	4,258	10,522	< 2e-16	***
$\alpha_1$	0,0371	0,0066	5,634	3,74e-08	***
$\alpha_2$	2,08562	0,2568	8,123	8,89e-15	***

Im Anschluss an die Parametrisierung wurden drei absolute Oberhöhenbonitäten bzw. relative Ertragsklassen ausgeschieden (Tab. 3, Abb. 10, 11).

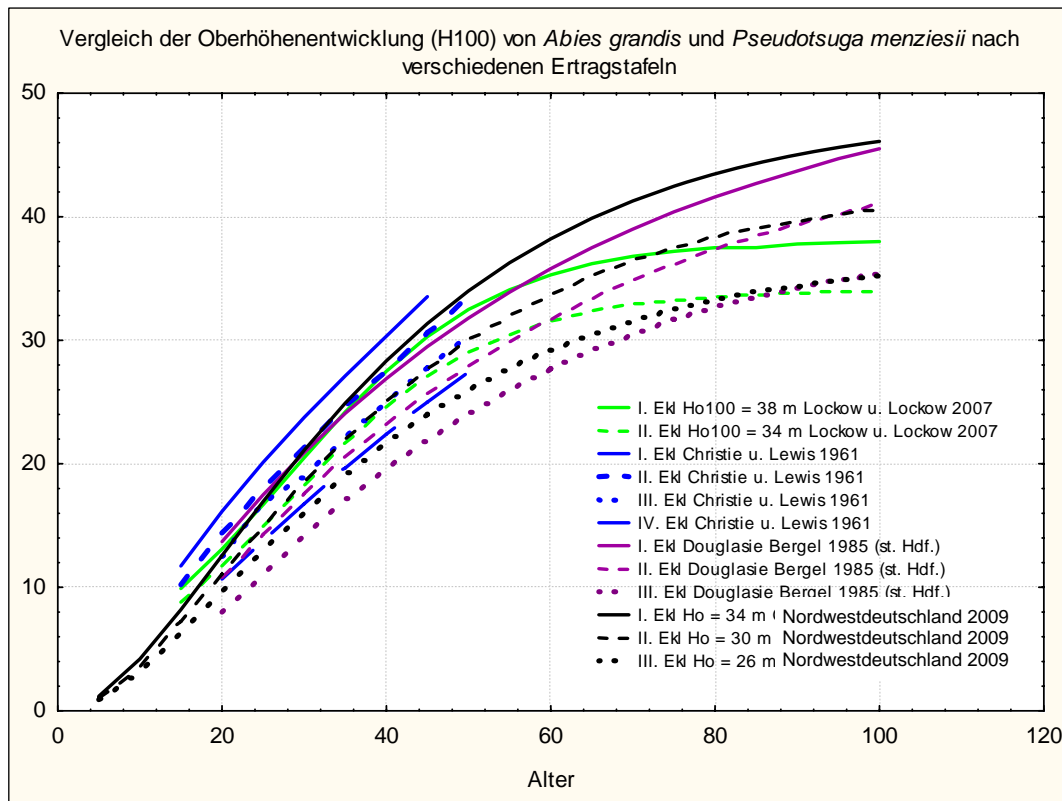
**Tabelle 3:** Absolute Oberhöhenbonitäten im Bezugsalter 50 Jahre für die Baumart Küstentanne in Nordwestdeutschland.

Absolute Oberhöhenbonität $H_{100}$ (m)	Ertragsklasse
34	I
30	II
26	III



**Abbildung 10:** Absolute Oberhöhenbonitäten ( $H_{100}$ ) für Reinbestände der Baumart *Abies grandis* in Nordwestdeutschland. Das Bezugsalter beträgt 50 Jahre

In Abbildung 11 sind zur besseren Einordnung und zum Vergleich die Oberhöhenverläufe aus anderen Küstentannenertragstafeln (LOCKOW u. LOCKOW 2007, CHRISTIE u. LEWIS 1961) sowie der Douglasien-Ertragstafel nach BERGEL (1985) dargestellt.



**Abbildung 11: Vergleich der Oberhöhenentwicklung ( $H_{100}$ ) nach verschiedenen Küstentannen-Bonitierungsfächern (CHRISTIE u. LEWIS 1961, LOCKOW u. LOCKOW 2007, NORDWESTDEUTSCHLAND 2008) und der Douglasien-Ertragstafel von BERGEL (1985)**

Vom Kurvenverlauf her ähnelt der Oberhöhenverlauf von Küstentannen in Nordwestdeutschland (schwarze Linien) am ehesten demjenigen von Douglasien nach der Ertragstafel von BERGEL (rot). Allerdings liegen die Oberhöhen der Küstentanne im Alter zwischen 20 und 80 Jahren stets über denjenigen der Douglasie. Dieser Befund lässt sich im Vergleich zu der in Abb. 3 dargestellten Überlegenheit der Douglasie im Alter 27 dadurch erklären, dass in dem Grundlagenmaterial der Bergel'schen Ertragstafel jüngere Douglasienbestände, die bereits unter dem Einfluss der Stickstoffeinträge in den sechziger Jahren erwachsen sind, nicht vertreten sind. Die Kurvenverläufe nach LOCKOW und LOCKOW (grün) für das Wachstum der Küstentanne in Brandenburg sind im Altersbereich 20 bis 50 Jahre fast deckungsgleich mit denen für Nordwestdeutschland, fallen aber etwa ab Alter 60 deutlich ab. Die I. Bonität nach CHRISTIE und LEWIS (blau) für Küstentannen in England liegt noch über der I. Bonität nach NORDWESTDEUTSCHLAND, die II. Bonität ist in etwa deckungsgleich mit der I. Bonität nach NORDWESTDEUTSCHLAND. Zu der Bonitätsbezeichnung ist anzumerken,

dass es sich bei den Werten von CHRISTIE und LEWIS nicht um absolute Höhen-, sondern um  $DGZ_{max}$ -Bonitäten handelt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die dargestellte Oberhöhenentwicklung der Küstentanne für Nordwestdeutschland gut in das Bild anderer Bonitätsfächer einfügt. Dabei liegt die Oberhöhenentwicklung der Küstentanne sogar noch über dem Niveau der Douglasie.

#### 1.4.2 Parametrisierung

Als Wachstumssimulator wurde für die Küstentanne der ForestSimulator BWinPro der NW-FVA in der aktuellen Version 7.5 gewählt. Der Simulator basiert auf dem Software-Paket TreeGrOSS (Tree Growth Open Source Software), das in der Programmiersprache Java für praktische Anwendung statistischer Einzelbaumwachstumsmodelle geschrieben wurde (NAGEL 2002).

Aufgrund der bisher für Eiche, Buche, Fichte, Douglasie und Kiefer gewonnen positiven Erfahrungen mit dem Wachstumsmodell BWinPro (NAGEL 1999, NAGEL et al. 2002, NAGEL et al 2006) wurden - soweit möglich - die bisher in BWinPro verwendeten Teilmodelle auch für die Küstentanne parametrisiert. Nachfolgende Übersichtstabelle (Tabelle 4) zeigt die ermittelten Parameterwerte mit ihren statistischen Kennwerten für die jeweils angepassten Wachstumsfunktionen. Die Werte wurden durch nicht-lineare Regression mittels des Statistikprogramms R ermittelt.

**Tabelle 4:** Ergebnisse der Parametrisierung für die im Waldwachstumssimulator BWinPro hinterlegten Wachstumsfunktionen

Wachstumsfunktion	Parameterwerte				
<p><b>Kronenansatz</b></p> $ka = h \cdot \left( 1 - e^{-abs \left( p_0 + p_1 \frac{h}{d} + p_2 \cdot d + p_3 \cdot \ln(H100) \right)} \right)$ <p>wobei <math>ka</math>= Kronenansatz [m], <math>d</math> = BHD [cm], <math>h</math> = Baumhöhe [m], <math>h100</math>= Bestandesoberhöhe der 100 stärksten Stämme [m], <math>abs</math> = absolut, <math>\ln</math> = natürlicher Logarithmus</p>	<b>Koeffizient</b>	<b>Schätzwert</b>	<b>Std.Error</b>	<b>T-Wert</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
	$p_0$	-1.704	0.051	-33.017	<2e-16 ***
	$p_1$	0.594	0.037	16.037	<2e-16 ***
	$p_2$	-0.006	0.0007	-9.871	<2e-16 ***
	$p_3$	0.685	0.0265	25.454	<2e-16 ***
Residual standard error: 1.962 on 4466 degrees of freedom					
<p><b>Kronenbreiten</b></p> $Kb = (p_0 + p_1 \cdot d_{13}) \cdot \left( 1 - e^{-\left( \frac{d_{13}}{p_3} \right)^{p_4}} \right)$ <p>wobei <math>kb</math>= Kronenbreite [m], <math>d</math> = BHD [cm]</p>	<b>Koeffizient</b>	<b>Schätzwert</b>	<b>Std.Error</b>	<b>T-Wert</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
	$p_0$	3.152	0.253	12.449	<2e-16 ***
	$p_1$	0.064	0.005	10.748	<2e-16 ***
	$p_2$	14.069	0.617	22.784	<2e-16 ***
	$p_3$	1.938	0.242	7.998	4.62e-15

					***
	Residual standard error: 0.7288 on 771 degrees of freedom				
<b>Grundflächenzuwachs</b>	<b>Koeffizient</b>	<b>Schätzwert</b>	<b>Std.Error</b>	<b>T-Wert</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
$Ln(ig) = p_0 + p_1 \cdot \ln(\text{alter}) + p_2 \cdot \ln(d^2) + p_3 \cdot c66 + p_4 \cdot c66c$	p <sub>0</sub>	3.558	0.077	45.725	<2e-16 ***
wobei $ig = \text{Grundflächenzuwachs [cm}^2\text{]}$ , $\text{alter} = \text{Baumalter [Jahre]}$ , $d = \text{BHD [cm]}$ , $c66 = \text{Kronenkonkurrenzindex}$ , $c66c = \text{Veränderung des Kronenkonkurrenzindex vor und nach Durchforstung}$ , $\ln = \text{natürlicher Logarithmus}$	p <sub>1</sub>	-1.207	0.029	-41.253	<2e-16 ***
	p <sub>2</sub>	1.018	0.006	167.511	<2e-16 ***
	p <sub>3</sub>	-0.968	0.022	-43.569	<2e-16 ***
	p <sub>4</sub>	0.541	0.080	6.734	1.76e-11 ***
	Residual standard error: 0.6855 on 8167 degrees of freedom, Multiple R-squared: 0.7939, Adjusted R-squared: 0.7938 F-statistic: 7867 on 4 and 8167 DF, p-value: <2.2e-16				
<b>Oberhöhenzuwachs</b>	<b>Koeffizient</b>	<b>Schätzwert</b>	<b>Std.Error</b>	<b>T-Wert</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
$H_G = \alpha_0 \cdot [1 - e^{-\alpha_1 \cdot t}]^{\alpha_2}$	a <sub>0</sub>	44,80	4,258	10,522	< 2e-16 ***
wobei	a <sub>1</sub>	0,037	0,006	5,634	3,74e-08 ***
$H_G = \text{Bestandesoberhöhe [m]}$	a <sub>2</sub>	2,085	0,256	8,123	8,89e-15 ***
$t = \text{Bestandesalter [Jahre]}$	Residual standard error: 2.597 on 207 degrees of freedom				
$\alpha_0 \dots \alpha_2 = \text{empirisch ermittelte Modellparameter}$					
<b>Höhenzuwachs</b>	<b>Koeffizient</b>	<b>Schätzwert</b>	<b>Std.Error</b>	<b>T-Wert</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
$ih = ih_{pot} \cdot p_0 \cdot \left(\frac{h}{h100}\right)^{p_1}$	p <sub>0</sub>	1.053	0.005	198.07	<2e-16 ***
wobei $ih = \text{Höhenzuwachs [m]}$ , $ih_{pot} = \text{potentielle Höhenzuwachs nach der Bonitätskurve [m]}$ , $h = \text{Baumhöhe [m]}$ , $h100 = \text{Höhe der 100 stärksten Stämme pro Hektar}$	p <sub>1</sub>	0.558	0.021	25.55	<2e-16 ***
	Residual standard error: 1.29 on 5518 degrees of freedom				
<b>Maximale Dichte</b>	<b>Koeffizient</b>	<b>Schätzwert</b>	<b>Std.Error</b>	<b>T-Wert</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
$dg = \frac{1}{a_0 \cdot h \cdot 100^{\alpha_1} \cdot N h \alpha + b_0 \cdot h \cdot 100^{\beta_1}}$	a <sub>0</sub>	5.758e-06	3.942e-06	1.461	0.145627
	a <sub>1</sub>	2.706e-01	2.180e-01	1.241	0.215902
	b <sub>0</sub>	7.637e-01	2.008e-01	3.804	0.000188 ***
$G_{max} = a_0 \cdot b_0 \cdot h \cdot 100^{(\alpha_1 + \beta_1)}$	b <sub>1</sub>	-1.076e+00	8.130e-02	-13.238	< 2e-16 ***
	Residual standard error: 2.597 on 207 degrees of freedom				

Schaffform		Parameter	Schätzwert	Std.Fehler	t-Wert	Pr(> t )
$r(h_{rel}) = \alpha (1 - h_{rel}^3) + \beta \log(h_{rel})$		a0	1.96957	0.95473	2.063	0.039474 *
$r(h_{rel}) =$ Schafradius in der mit der Gesamtlänge des Baumes relativierten Schafthöhe $h_{rel}$ (cm); $\alpha, \beta =$ dimensions- und formbeschreibende Parameter.		a1	1.02877	0.10099	10.187	< 2e-16 ***
$\alpha = a_0 + a_1 \left( \frac{1}{\ln(H^{1/D})} \right) + a_2 \left( \frac{1}{(H/D)^2} \right),$		a2	-0.62621	0.24682	-2.537	0.011388 *
$\beta = b_0 + b_1 \left( \frac{1}{\ln(H^{1/D})} \right) + b_2 \left( \frac{1}{(H/D)^2} \right),$		b0	1.49214	0.52203	2.858	0.004382 **
wobei:		b1	-0.41308	0.05412	-7.632	7.35e-14 ***
$\alpha, \beta =$ dimensions- und formbeschreibende Parameter; $H =$ Baumhöhe (m); $D =$ Brusthöhendurchmesser (cm); $a_0, a_1, a_2,$ $b_0, b_1, b_2 =$ Parameter.		b2	0.45226	0.13051	3.465	0.000561 ***
		Standardfehler Gesamtmodell: 1.032 [cm] on 719 degrees of freedom				

### 1.4.3 Simulation unterschiedlicher Nutzungsstrategien in Küstentannen-Reinbeständen und Küstentannen-Buchen-Mischbeständen

Um den Einfluss verschiedener Eingriffsvarianten auf die quantitative und qualitative Entwicklung in Küstentannen-Buchen-Mischbeständen zu untersuchen, wurden im Rahmen dieser Untersuchung mit Hilfe des weiterentwickelten Waldwachstumssimulators und auf Basis der Parzelle 9 der Versuchsanlage Ahlhorn 1138/39j drei verschiedene waldbauliche Nutzungsstrategien modelliert.

Variante 1: Bis zur Kulmination des laufenden Zuwachses im Alter 33 werden nur die vorwüchsigen Küstentannen entnommen. Danach werden 200 Z-Bäume/ha ausgewählt, gefördert, bei einer Zielstärke von 45 cm geerntet und durch Nachrücker ersetzt.

Variante 2: Es werden im Alter 18 200 vorherrschende Z-Bäume/ha ausgewählt und nur diese freigestellt. Die Z-Bäume werden bei einer Zielstärke von 45 cm geerntet und durch Nachrücker ersetzt.

Variante 3: Es wird eine Reihemischung (2,5 m) aus jeweils 3 Reihen Küstentanne und 2 Reihen Buche erzeugt und die KTa ansonsten wie Variante 2 behandelt (Abb. 12).

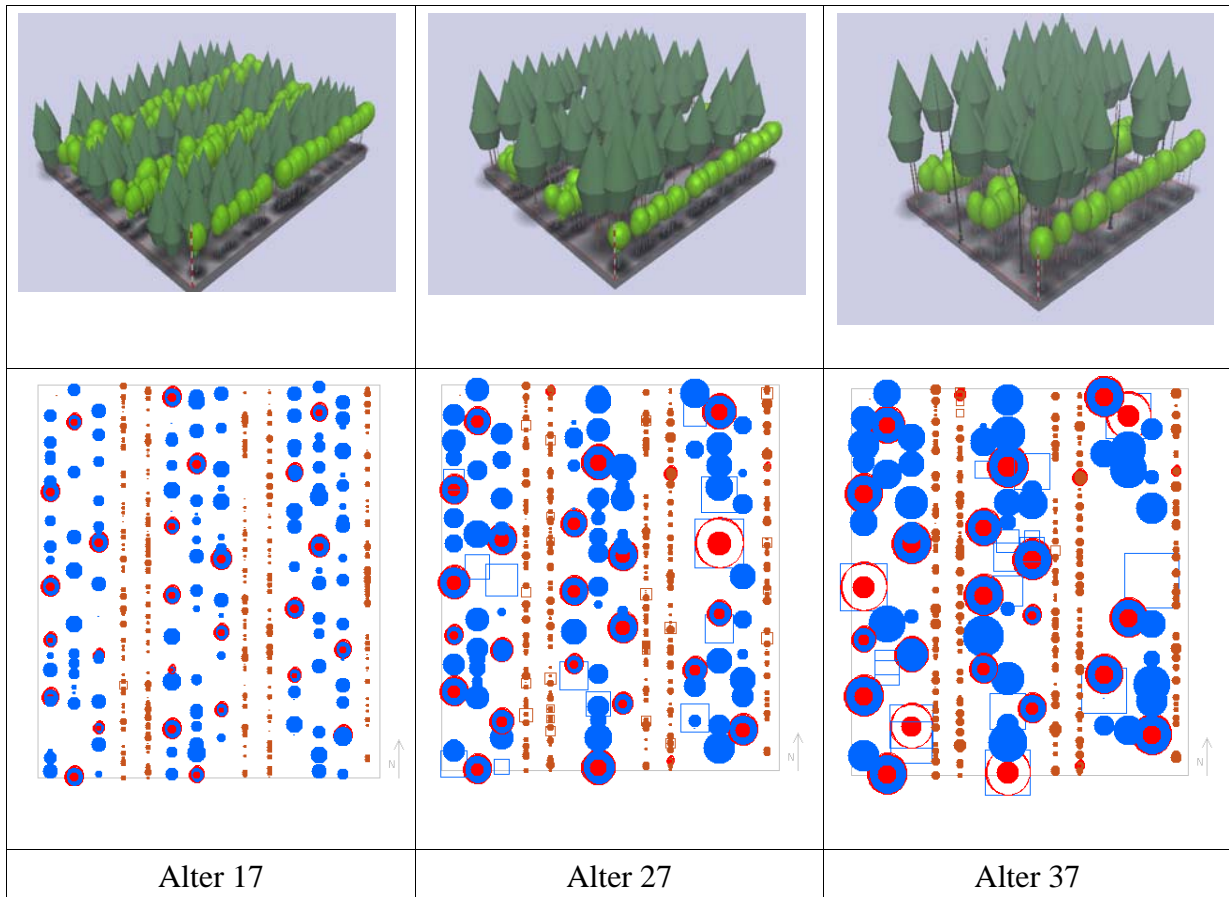


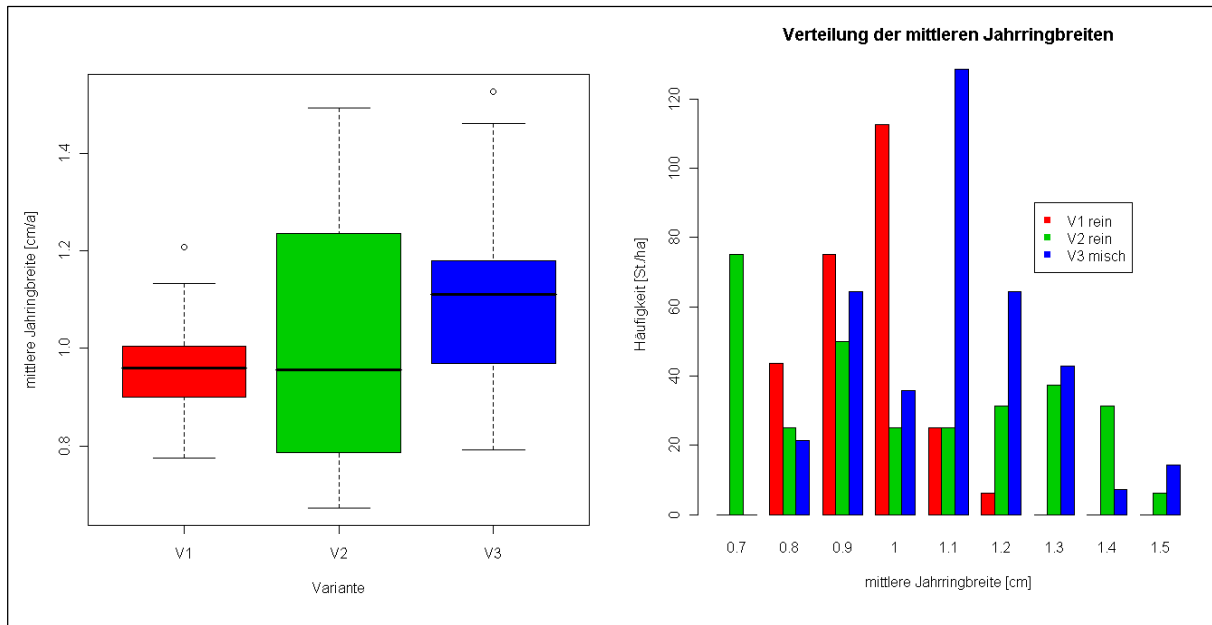
Abbildung 12: Schematische Darstellung der Variante 3 für verschieden Alter

Die Variante 2 (1526 Vfm/ha) liefert gegenüber Variante 1 (1361 Vfm/ha) insgesamt eine höhere Gesamtwuchsleistung (Tabelle 5). Der Mischbestand hat die geringste Küstentannen-Gesamtwuchsleistung (1173 Vfm/ha). Bezogen auf die Anteilsflächen im Mischbestand ist die Küstentanne dort jedoch am leistungsstärksten, da sie in den Kontaktzonen zur Buche mehr Wuchsraum zur Verfügung hat.

Tabelle 5: Gesamtwuchsleistung der verschiedenen Nutzungsvarianten im Alter 63

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	
	Küstentanne	Küstentanne	Küstentanne	Buche
<b>GWL (Vfm m. R./ha)</b>	<b>1361,5</b>	<b>1526,0</b>	<b>1172,7</b>	<b>192,7</b>

Bei den Z-Bäumen der Variante 2 schwanken die Jahrringbreiten stärker als bei den Z-Bäumen der Variante 1 (Abbildung 13). Am schlechtesten schneiden hinsichtlich der Jahrringbreitenentwicklung die Küstentannen aus der Reihenmischung mit Buche ab. Dies lässt sich wiederum durch den erhöhten Wuchsraum im Kontakt zur Buche erklären



**Abbildung 13: Vergleich der mittleren Jahrringbreiten von Z-Bäumen der waldbaulichen Varianten 1 bis 3 und deren Häufigkeitsverteilung. Die mittlere Jahrringbreite wurde für einen Zeitraum von 63 Jahren berechnet.**

Die Simulation verdeutlicht, dass die verschiedenen Nutzungsvarianten und Mischungsformen erheblichen Einfluss auf Quantität und Qualität des produzierten Holzes haben. Dies macht es notwendig, verwendungsorientierte, auf das Zielprodukt ausgerichtete Managementstrategien zu entwickeln.

## 1.5 Verwendungsorientierte Managementstrategien für Buchen-Küstentannen-Mischbestände

Auf Basis der oben dargestellten quantitativen Ergebnisse aus Wachstumsmodellierung und Versuchsflächenauswertungen wurden für Mischbestände der Baumarten Küstentanne und Buche verwendungsorientierte, d. h. auf das jeweilige Produktionsziel ausgerichtete Managementstrategien für die forstliche Praxis abgeleitet. Die erste Strategie verfolgt dabei das klassische Produktionsziel von Säge- und Industrieholz. Die zweite Managementmethode setzt hingegen auf die ausschließliche Produktion von Holz für die Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie.

### 1.5.1 Managementstrategie für das Produktionsziel Säge- und Industrieholz

Leitbild	
<b>Standorte</b>	schwach bis mäßig nährstoffversorgt, da sonst zu starkes Dickenwachstum; keine staunassen u. wechsellrockenen Standorte (Windwurfisiko, Jugendgefahren)
<b>Bestandestypen</b>	a) <b>Küstentanne/Buche:</b> (KTa 50-70 %, Bu 30-50 %, Begleitbaumarten ca. 10 %) b) <b>Buche/Küstentanne:</b> (Bu 50-70 %, KTa 30-50 %, Begleitbaumarten ca. 10 %) (KTa als Zeitmischung, Auspflanzung von lückigen Buchen-Naturverjüngungen)
<b>Zielstärke</b>	<b>Küstentanne 45 cm +</b> in <b>40 bis 60 Jahren</b> <b>Buche 55 cm +</b> in <b>100 bis 140 Jahren</b>
<b>Mischungsform</b>	Buche in Küstentanne <b>horstweise</b> Küstentanne in Buche <b>trupp- bis horstweise</b>
<b>Kulturbegründung</b>	<b>Freifläche:</b> ca. 2500-3000 KTa/ha Anteilfläche, Bu 7000-10.000/ha Anteilfläche <b>Unter lichtem Schirm</b> (z. B. Kiefer, Lärche): ca. 2000-2500 KTa/ha Anteilfläche, Bu 5000- 7000/ha Anteilsfl..
Pflege der Küstentanne	
<b>Jungbestand (<math>h_{100}</math> 6-8 m)</b>	<b>starke Läuterung</b> im Herrschenden, Protzenaushieb
<b>Stangenholz (<math>h_{100}</math> 8-12 m)</b>	<b>Feinerschließung</b>
<b>Gerings Baumholz</b> <b><math>h_{100}</math> 12-20 m:</b>	schrittweiser <b>Auszug der vorherrschenden Küstentannen</b> (Kraft'sche Klasse 1), vorsichtige Pflege der bestveranlagten herrschenden Küstentannen (Kraft'sche Klasse 2)
<b><math>h_{100}</math> 20-28 m:</b>	<b>Auswahl von 200 Z-Bäumen/ha, mäßige Hochdurchforstung</b>
<b>Mittleres Baumholz</b> <b>(<math>h_{100}</math> &gt; 28 m)</b>	gestreckte <b>Zielstärkennutzung</b> , möglichst <b>Naturverjüngung</b>

### 1.5.2 Managementstrategie für das Produktionsziel Zellstoff- und Holzwerkstoffholz

<b>Leitbild</b>	
<b>Standorte</b>	breite Standortpalette mit Ausnahme der reichen (privilegierter Laubholzanbau), staunassen und wechsellrockenen Standorte (Windwurfgefahr, Jugendgefährdungen)
<b>Bestandestypen</b>	Küstentanne/Buche (KTa 70-80 %, Bu 20-30 %, Begleitbaumarten ca. 10 %). Die <b>Buche dient als ökologische Anreicherung</b> (Struktur- und Artendiversität) ohne geplante Produktionsfunktion.
<b>Zielstärke</b>	<b>Küstentanne 30 cm + in 30 bis 40 Jahren</b> Buche ohne Festlegung, fallweise Nutzung einzelner Bäume bei guter Qualität.
<b>Mischungsform</b>	<b>Buche in Küstentanne trupp- bis gruppenweise</b>
<b>Kulturbegründung</b>	<b>Freifläche:</b> ca. 2000-2500 KTa/ha Anteilfläche, Buche 5000-7000/ha Anteilfläche. <b>unter lichtem Schirm:</b> ca. 2000-2500 KTa/ha Anteilfläche, Bu 4000-5000 Stk./ha Anteilfläche.
<b>Pflege der Küstentanne</b>	
<b>Jungbestand (h<sub>100</sub> 6-8 m)</b>	i. d. R. <b>keine Läuterung</b>
<b>Stangenholz (h<sub>100</sub> 8-12 m)</b>	<b>Feinerschließung</b>
<b>Geringes Baumholz</b> <b>h<sub>100</sub> 12-26 m:</b>  <b>h<sub>100</sub> 20-28 m:</b>	Auswahl von <b>300 bis 350 Z-Bäumen/ha, starke Hochdurchforstung</b> erst <b>Zielstärkennutzung</b> , dann <b>Abtrieb der Küstentanne</b> , die Buchen verbleiben auf der Fläche.
<b>Neukultur</b>	im Seitenschutz der verbliebenen Buchen und Mischbaumarten

### 1.6 Literatur

siehe Literaturverzeichnis in Teil 2.