

Wachstum, Behandlung und Ertrag von Reinbeständen der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) in Nordwestdeutschland

Growth, treatment and yield of pure beech (*Fagus sylvatica* L.) stands in northwest Germany

Ralf-Volker Nagel und Hermann Spellmann

Zusammenfassung

Zu den wichtigsten Zielen der Buchenbestandespflege gehört die Gewährleistung eines hohen flächenbezogenen Wertertrages. Darauf abzielende Behandlungskonzepte müssen den Forstbetrieben angesichts sich ändernder ökonomischer und ökologischer Rahmenbedingungen gleichzeitig Anpassungsmöglichkeiten und Handlungsspielräume erhalten, die die Risiken der Buchenwirtschaft begrenzen.

Auf der Grundlage der ökologischen Eigenschaften der Buche und einschlägiger ertragskundlicher Forschungsergebnisse werden Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele analysiert und bewertet. Die Förderung einer ausreichenden Anzahl Z-Bäume durch früh einsetzende starke Hochdurchforstungen, die Verbesserung des Sorten- und Massenertrages des Füllbestandes sowie eine an die Wertentwicklung des Bestandes angepasste Zielstärkennutzung gehören zu den wichtigsten Empfehlungen. Gleichzeitig ist diese Art der Bestandesbehandlung geeignet, strukturreiche Buchenwälder zu entwickeln.

Beiträge aus der NW-FVA, Band 3, 2008

Stichworte: Buche, ökologische Eigenschaften, Wachstum, Behandlung, Ertrag

Abstract

One of the most important aims of beech stand treatments is to attain a high value yield by area. Thus, given the changing economic and ecological conditions, the treatment strategies must afford forest enterprises both opportunities to adapt and the scope needed to limit the risks associated with beech management.

On the basis of the ecological characteristics of beech and the relevant yield science research results, measures for achieving these aims are analysed and evaluated. The promotion of an adequate number of future crop trees by the early implementation of heavy thinnings from above, the improvement of the assortment and volume yields of the other remaining trees in the stand, and the use of a target diameter harvesting regime appropriate for the optimum development of the stand value are amongst the most important recommendations. At the same time, this type of stand treatment is suitable for the development of highly structured beech forests.

Keywords: beech, ecological characteristics, growth, treatment, yield

1 Einleitung

Die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) ist die wichtigste Laubbaumart in Deutschland. Sie stockt auf ungefähr 1,56 Mio. Hektar bzw. 15 % der Waldfläche (BMVEL 2004). Die Verbreitungsschwerpunkte liegen in den stärker atlantisch geprägten Gebieten im Westen sowie im Süden Deutschlands. Ihr Flächenanteil wird sich mittelfristig deutlich erhöhen, wenn die in den vergangenen 20 Jahren durchgeführten umfangreichen Buchenvoranbauten unter dem Schirm von Nadelbaumbeständen in die führende Bestandesschicht übernommen werden. Auf vielen Standorten ist sie den anderen heimischen Baumarten überlegen und prägt ca. 74 % der natürlichen Waldgesellschaften in Deutschland (BMVEL 2004).

Die Ansprüche an die Bewirtschaftung von Buchenwäldern haben im Laufe der Geschichte einen starken Wandel erfahren. Neben ihrer frühen Bedeutung als Futtergrundlage waren Buchenbestände bis weit in das 19. Jahrhundert hinein vor allem Energielieferant für die Bevölkerung und die frühen Industriebetriebe. Eine breite Verwendung des Buchenstammholzes setzte im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten erst relativ spät ein. Der steigenden Nachfrage passten sich auch die waldbaulichen Konzepte an, die fortan darauf abzielten, die Stamm- und insbesondere die Wertholzerträge der Buchenwirtschaft zu heben. Bereits SCHWAPPACH (1911) empfahl für die Buche die starke Durchforstung zur Steigerung des Massen- und vor allem des Wertertrages. Auch eine Reihe späterer Arbeiten stellte auf der Grundlage der Auswertung einer Vielzahl langfristig beob-

achteter Buchen-Durchforstungsreihen die überlegene Wertleistung stärker im Herrschenden durchforsteter Buchenbestände klar heraus (u. a. SCHÖBER 1972, ASSMANN 1976).

Weitergehende Konzepte zur Steigerung der Wertleistung der Buchenwirtschaft setzten bei der konsequenten Förderung ausgewählter Z-Bäume in der Durchforstungsphase an (ALTHERR 1971). Die qualitativ besten 100-120 herrschenden Buchen je ha sollten so in verkürzten Produktionszeiträumen und mit verringertem Entwertungsrisiko in die Stammholzklassen L4 bis L6 geführt werden. Nach einer bei 20 m Oberhöhe einsetzenden, ca. 20 Jahre währenden Lichtwuchsphase mit starker Grundflächenabsenkung war später eine abnehmende Durchforstungsstärke mit allmählichem Grundflächenanstieg vorgesehen. KLÄDTKE (1997) und HEIN et al. (2007) zeigten anhand von Auswertungen der Altherr'schen Versuchsreihen, dass die mit diesem Behandlungskonzept verfolgten Ziele erreichbar sind. HEIN et al. (2007) empfehlen darüber hinaus eine Verringerung der Z-Baumzahl auf 60 bis 80 Stück je ha und starke Eingriffe über die gesamte Durchforstungsphase.

Dieser Vorschlag geht in die Richtung eines von WILHELM et al. (1999a-d) vorgestellten Behandlungsmodells für Buchenbestände mit der ausschließlichen sehr starken Förderung von maximal 80, in der Regel jedoch nicht mehr als 50 Z-Bäumen je ha. Das als „Qualifizierung“ bezeichnete Erreichen im Dichtschluss zur Förderung der natürlichen Astreinigung bis zum Erreichen einer astfreien Schaftlänge von ca. 6-9 m entspricht weitgehend früheren Praxisempfehlungen (v. LÜPKE 1986). Das Ziel der sich anschließenden Durchforstungen („Dimensionierung“) ist es, das Durchmesserwachstum der wenigen Z-Bäume stark zu beschleunigen und ihre Kronenentwicklung so zu fördern, dass ein Absterben von Ästen an der Kronenbasis dauerhaft vermieden wird. Dies setzt eine extreme Freistellung der Z-Bäume voraus, während in den Zwischenfeldern jegliche Bestandespflege unterbleibt. Bei entsprechender Behandlung sollen über 80 cm starke Wertbuchen in Produktionszeiträumen von 115 bis 120 Jahren erzeugt werden.

Anlass zur anhaltenden Kritik an diesem Behandlungskonzept sind vor allem die in dem Behandlungsmodell unterstellten Wuchsleistungen der Einzelbäume und der gewichtige Einwand, dass extrem geringe Z-Baum-Zahlen die flächenbezogene Wertleistung mindern (UTSCHIG 2000, GUERICKE 2002, KLÄDTKE 2001, 2002, SPELLMANN 2005). Darüber hinaus vernachlässigt das „Q/D-Konzept“ die Flächenproduktivität, die ökonomische Bedeutung der Vorerträge und die Produktionsrisiken angesichts des weltweit steigenden Holzbedarfs (DIETER et al. 2001, NABUURS et al. 2002, MANTAU et al. 2007) und der sich wandelnden Klimabedingungen (BRÉDA et al. 2006, SPEKAT et al. 2007, SPELLMANN et al. 2007, GERSTENGARBE 2008). Dessen ungeachtet haben mittlerweile neben Rheinland-Pfalz (LANDESFORSTEN RHEINLAND-PFALZ 2001, 2003) weitere Bundesländer Behandlungsrichtlinien für Buchenbestände erarbeitet, die das Behandlungskonzept von

WILHELM zu Grunde legen (u. a. v. TEUFFEL 2002, MLU BRANDENBURG 2004, SAARFORST 2004, AG „BUCHE“ LANDESBETRIEB WALD UND HOLZ NRW 2006).

Vor diesem Hintergrund greift der folgende Beitrag wichtige Aspekte der Pflege und Nutzung von Buchenbeständen erneut auf und leitet auf der Grundlage von Forschungsergebnissen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) Empfehlungen für die Forstpraxis ab.

2 Ziele der Buchen-Bestandespflege

Ein vorrangiges Ziel der Pflege von Buchenbeständen ist die Erhöhung des Anteils starken Stammholzes guter und bester Qualität. Hierzu zählt Wertholz im engeren Sinne (Güteklassen A mit F und TF), aber auch Stammholz der Güteklasse B. Bei der großen Gütedifferenzierung des Buchenholzes und den damit verbundenen erheblichen Preisunterschieden entscheidet die Erreichung dieses Ziels maßgeblich über den wirtschaftlichen Erfolg der Buchenwirtschaft (s. Abb. 1).

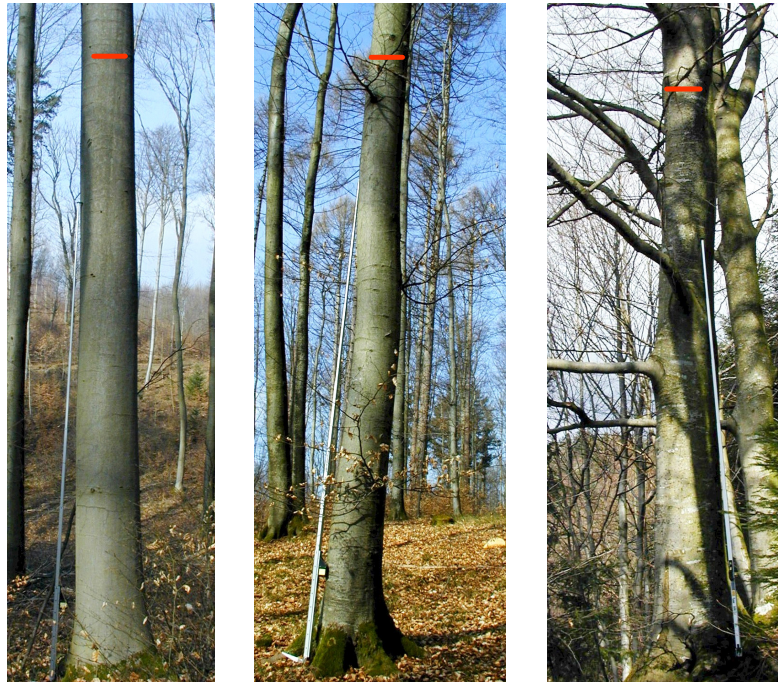


Abbildung 1: Starke Gütedifferenzierung von Buchenholz aufgrund der großen phänotypischen Variabilität der Buche. Beispielhaft die Güteklassen 1 („sehr gut“), 3 („besserer Durchschnitt“) und 6 („schlecht“) (aus Güteansprache am stehenden Stamm – Bundeswaldinventur II Baden-Württemberg, WILLMANN et al. 2001)

Hierzu ist eine ausreichende Anzahl qualitativ guter und vitaler Wertträger ebenso notwendig, wie ein Pflegekonzept, dass die flächenbezogene Massenleistung nicht vernachlässigt. Darüber hinaus sind die Durchforstungen so zu führen, dass eine möglichst gute, risikoarme Entwicklung der Volumen- und Werterzeugung gewährleistet ist und nach Möglichkeit mehr Handlungsspielräume für die Verjüngungsphase geschaffen werden. Dies erfordert einen Bestandesaufbau, der durch vertikale und horizontale Strukturen mit einem dauerhaft vitalen Unterstand gekennzeichnet ist und zudem ein vielfältiges Lebensraumangebot für Tiere und Pflanzen bietet.

Des Weiteren müssen die Behandlungskonzepte aus übergeordneter Sicht so angelegt sein, dass sie bei den langen forstlichen Produktionszeiträumen den Forstbetrieben Handlungsspielräume erhalten, um auf Änderungen der ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen angemessen reagieren zu können. Dazu tragen die Kenntnis und Berücksichtigung der ökologischen Eigenschaften und Ansprüche der Buche ebenso bei wie die Einbeziehung natürlicher Prozesse in die zielgerichtete Steuerung von Buchenbeständen. Beispiele sind die natürliche Verjüngung von Buchenbeständen mit Überschirmungszeiträumen von 30-50 Jahren, die weitgehende Selbstdifferenzierung junger Buchenbestände im Dichtschluss oder die auf eine optimale Wertleistung des Einzelbaums ausgerichtete Zielstärkennutzung.

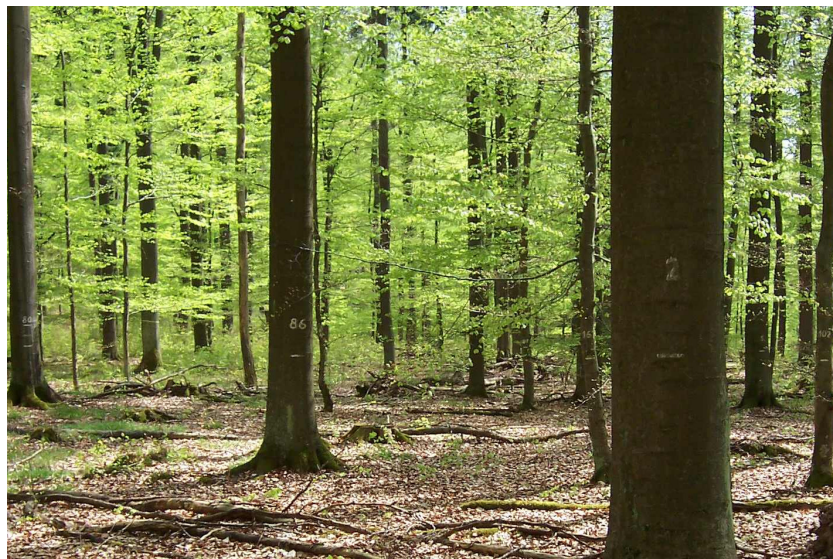


Abbildung 2: *Strukturreicher Buchenbestand mit hohen Wertholzanteilen am Beginn der Zielstärkennutzung (Foto: NW-FVA)*

3 Für die Bestandessteuerung wichtige ökologische Eigenschaften der Rotbuche

Auf Dauer lassen sich waldbauliche Ziele nur erreichen, wenn die ökologischen Ansprüche und Eigenschaften der Baumarten beachtet werden. Charakteristisch für die Buche ist ihre breite Standortamplitude. Ihre Grenzbereiche werden nicht durch Nährstoffarmut, sondern durch extreme Wasserhaushaltsbedingungen bestimmt (OTTO 1994, ELLENBERG 1996, HEINKEN 1996, RENNENBERG et al. 2004). Es handelt sich um azonale Standorte (Auen, Brücher, Moore) sowie Standorte mit hoch anstehendem Grundwasser, ausgeprägte Stauwasserstandorte und zu trockene Standorte wie Sandpodsole sowie extrem flachgründige Böden. Als problematische Standorte kommen die wechselfeuchten und wechsell Trockenen Standorte hinzu, auf denen in bzw. nach Trockenperioden eine erhöhte Disposition für Trocknisschäden, Buchen-Pilzerkrankungen und Buchenprachtkäferbefall besteht (vgl. HOLM 1995, KÖLLING et al. 2005, AREND et al. 2006, NIESAR 2007, PETERCORD et al. 2007).

Mit Blick auf die Ertragserwartung und den Klimawandel sollte sich die Buchenwirtschaft auf die tiefgründigen, frischen und mindestens mäßig mit Nährstoffen versorgten Standorte konzentrieren. Diese Böden erschließt die Buche mit ihrem intensiven Herzwurzelsystem hervorragend, was ihr eine gute Sturmfestigkeit verleiht. Der relativ großen Spätfrostgefahr in der Jugendphase kann durch Naturverjüngung unter dem Albestandsschirm oder Voranbau unter dem Schirm anderer Baumarten vorgebeugt werden.

Die Konkurrenzkraft der Buche beruht vor allem auf ihrer großen Schattentoleranz und der hohen Intensität ihres Bestandesschattens. Beide Eigenschaften verschaffen ihr Vorteile in der Verjüngungsphase. Das große Schattenertragnis führt zu einer relativ langsamen Astreinigung, die einen längeren Schirmdruck und einen engen Dichtstand für eine gute Qualitätsentwicklung erforderlich macht (u. a. LEONHARDT u. WAGNER 2006). Weitere charakteristische Merkmale sind das lang anhaltende Höhenwachstum und ihre große Kronenplastizität bis ins hohe Alter (WAGNER 1999, UTSCHIG 2000). In Verbindung mit ihrem spät kulminierenden, dann jedoch lange auf hohem Niveau verbleibenden laufenden Volumenzuwachs (KRAMER 1988, S. 103) ist sie den meisten Mischbaumarten auf Dauer überlegen und neigt bei unbeeinflusster Bestandesentwicklung zur Bildung von Reinbeständen. Dieser Zuwachsgang und die gute Reaktionsfähigkeit auf Standraumerweiterungen bis ins hohe Alter ermöglichen es, bei der Buche die Grundsätze der Zielstärkennutzung betriebswirtschaftlich besonders wirksam umzusetzen (MITSCHERLICH 1953/54, SPELLMANN 1999, RÖHE 2003).

Von allen heimischen Laubbaumarten zeigt die Buche die stärkste Selbstdifferenzierung und übertrifft darin auch die meisten Nadelbaumarten. Vor allem die starke Durchmesser differenzierung ist ein Merkmal auch unbehandelter Buchenbestände. Beispielhaft ist dafür in Tabelle 1 die Durchmesser differenzierung für je

eine unbehandelte Buchen- und Fichten-Versuchsparzelle in vergleichbarem Alter und unter vergleichbaren Standortverhältnissen zu zwei Aufnahmezeitpunkten dargestellt. Die deutlich größeren Standardabweichungen bzw. Variationskoeffizienten der mittleren Bruthöhendurchmesser verdeutlichen die stärkere Differenzierung der Buchen-Parzelle, in der auch im Alter von 58 Jahren noch lebende Bäume mit 4 cm Bruthöhendurchmesser gefunden wurden.

Tabelle 1: Durchmesserdifferenzierung unbehandelter Buchen- und Fichtenparzellen auf vergleichbaren Buntsandstein-Standorten im Solling (Nullflächen Buchen-Df.-Versuch Münden 2028 u. Fichten-Df.-Versuch Neuhaus 2271)

Versuchsfläche	Buche		Fichte	
	Münden 2028, Parz. 6 0,2 ha		Neuhaus 2271, Parz. 4 0,2 ha	
Alter [Jahre]	44	58	37	52
N (lebend)	475	267	502	321
Mittelwert BHD [cm]	11,6	17,7	14,3	20,8
min. BHD [cm]	4,0	4,0	4,4	9,9
max. BHD [cm]	25,0	34,2	25,5	36,4
Standardabweichung	4,37	6,05	3,83	5,29
Variationskoeffizient [%]	37,6	34,2	26,8	25,4

Eine weitere wichtige Eigenschaft der Buche ist ihre starke Qualitätsdifferenzierung. Auffallend an natürlich verjüngten Buchenbeständen ist das oftmals räumlich konzentrierte Auftreten qualitativ guter, aber auch schlechter Individuen (KATÓ u. MÜLDER 1979). Neben Dichteunterschieden in der Aufwuchsphase sind vielfach genetische Aspekte dafür ursächlich. In mehreren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass in Buchennaturverjüngungsbeständen die Bäume in einem Bereich mit einem Radius von 30-100 m genetisch ähnlicher sind, als man es bei einer zufälligen Verteilung der Genotypen im Raum erwarten würde (u. a. DOU-NAVI 2000). Diese Strukturen erklärt man mit der begrenzten Pollen- und Samenverbreitung, die im Laufe der Zeit zu Familienstrukturen führt.

4 Wachstumstrends der Buche in Nordwestdeutschland

4.1 Die Buchen-Durchforstungsversuche der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA)

Zur Einordnung des derzeitigen Wachstums von Buchenbeständen in Nordwestdeutschland im Vergleich zu den in der Praxis anerkannten und bewährten Bestandeswachstumsmodellen, wie der Buchenertragstafel von SCHÖBER (1967) für mäßige und starke Durchforstung, und Einzelbaumsimulatoren wurden die Versuchsflächen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt hinsichtlich ihres Höhenwachstums, ihrer Grundflächenhaltung und ihres Durchmesserwachstums ausgewertet.

Gegenwärtig werden 14 Durchforstungsversuche in Buchenreinbeständen mit 77 Parzellen bei einer durchschnittlichen Parzellengröße von 0,208 ha beobachtet. Unter diesen Versuchen befinden sich die „alten“ Versuche Chausseehaus 116, Herborn 1333, Laubach 130, Paderborn 616/618, Saarforst 1606 und Saupark 2080, deren Bestandesalter zur letzten ertragskundlichen Aufnahme zwischen 109 und 159 Jahren lag, mit Beobachtungszeiträumen zwischen knapp 80 und über 120 Jahren. Sie stocken auf mäßig frischen bis frischen Standorten mit überwiegend mäßiger Nährstoffversorgung. Nur Laubach 130 und Saupark 2080 sind gut nährstoffversorgt. Die Versuche wurden zwischen 1872 und 1934 von Bernhardt, Schwappach, Heß und Wiedemann angelegt mit dem Ziel, den Einfluss unterschiedlich starker Nieder- und Hochdurchforstungen auf die Dimensions- und Vorratsentwicklung vergleichen zu können. In den Versuchen Saarforst Süd, Paderborn und Chausseehaus wurden zudem mit Versuchsbeginn in den Hochdurchforstungsvarianten Z-Baum-Kollektive in der Größenordnung zwischen 170 bis 240 Z-Bäumen je ha markiert. Die Durchforstungen erfolgten auf Grundlage der Anweisung zur Auszeichnung von Durchforstungs- und Lichtungs-Versuchen des Vereins Deutscher Forstlicher Versuchsanstalten (ANONYMUS 1902).

Die „jüngeren“ Buchen-Durchforstungsversuche wurden seit 1990 von Riebeling, Spellmann, Guericke, Nowack und Nagel angelegt (Schotten 393/395 im Jahre 1977) und befanden sich zur Erstdurchforstung in einem Altersbereich zwischen 26 und 44 Jahren. Für 24 Parzellen der zuletzt angelegten Versuche gibt es noch keine Wiederholungsaufnahme, weshalb sie nur in die Darstellung der Höhenentwicklung (Punktdarstellung) einbezogen wurden. Die jüngeren Versuche stocken schwerpunktmäßig auf frischen bis vorratsfrischen, ziemlich gut bis gut mit Nährstoffen versorgten Standorten. Zwei der Versuche liegen im niedersächsischen Tiefland, die anderen im Bergland von Niedersachsen, Hessen, Rheinland-Pfalz und im Saarland in Höhenlagen zwischen ca. 200 und 550 m. Die Gesamtbaumzahlen vor Durchforstungsbeginn lagen nach den Mittelwerten der Versuche zwischen 2.100 und 7.500 Stück je ha, im Durchschnitt bei 4.900 Stück je ha. Zum Oberstand wurden durchschnittlich 2.300 Bäume je ha gezählt. Die Oberhöhen

(h_{100}) lagen bei durchschnittlich 16,6 m (Spannweite 10,8-20 m), die mittleren Durchmesser des Oberstandes (d_g) zwischen 7,2 und 16,4 cm (Mittel 11,6 cm). Alle Bestände waren weitgehend aus Naturverjüngung entstanden. Nur in Ahlhorn und Lahnstein waren größere Fehlstellen in der Naturverjüngung mit Buchen ausgepflanzt worden.

Aufbauend auf den Untersuchungsergebnissen von SCHÖBER (1972) wurden die neuen Versuche zur Beobachtung verschieden starker Hochdurchforstungsvarianten mit unterschiedlichen Z-Baum-Kollektiven von 80 bis max. 300 Stück je ha zu Versuchsbeginn angelegt. Die Durchforstungsstärke auf den Durchforstungsparzellen wird in allen Versuchen über Zielbestockungsgrade jeweils in Bezug zur Referenzgrundfläche einer undurchforsteten Nullfläche (natürlicher Bestockungsgrad) zahlenmäßig gesteuert. Je nach Durchforstungsvariante werden die Oberstandsgrundflächen zum Eingriffszeitpunkt auf 80 % (mäßige Durchforstung), 65 % (starke Durchforstung) bzw. 50 % (sehr starke Durchforstung) der Oberstandsgrundflächenhaltung der undurchforsteten Parzelle abgesenkt.

Die im Folgenden hinsichtlich des Einflusses der Bestandesbehandlung auf Struktur, Qualitätsentwicklung und Ertrag von Buchenbeständen weitergehend ausgewerteten Versuche sind in Tabelle 2 bezüglich ihrer Beobachtungsdauer und der standörtlichen Verhältnisse näher charakterisiert.

Tabelle 2: *Standörtliche und klimatische Charakterisierung ausgewählter Buchen-Durchforstungsversuche der NW-FVA*

Versuch	Anlage (Alter bei Anlage)	Ekl. (Versuchsmittel 2004)	Standort			Klima			
			Höhe ü. NN [m]	Wasser- versorgung	Nährstoff- versorgung	Temperatur [°C]		Niederschlag [mm]	
						Jahr	VZ	Jahr	VZ
Saarforst 1606	1891 (49)	I,3	310	hangfrisch, tiefgründig	mäßig / ziemlich gut	8,8	15,1	819	354
Paderborn 616/618	1898 (52)	I,1	300	mäßig frisch, flachgründig	mäßig	7,4	13,6	863	391
Herborn 1333	1930 (34)	II,2	560	hangfrisch, tiefgründig	mäßig	5,9	12,3	922	382
Ahlhorn 106	1991 (26-31)	-I,5	40	schwach wechselseucht	ziemlich gut	8,6	14,7	617	315
Unterlüß 138	1991 (35)	-0,4	110	mäßig frisch, tiefgründig	mäßig / ziemlich gut	7,6	14,6	775	359
Münden 2027	1991 (36)	0,6	380	frisch bis vorratsfrisch, mittelgründig	ziemlich gut	7,5	13,9	840	380
Münden 2028	1991 (44)	0,7	380	frisch bis vorratsfrisch, mittelgründig	ziemlich gut	7,5	13,9	840	380

4.2 Beobachtete Trends des Höhenwachstums

Ein wichtiger Weiser für die Einschätzung der Leistungsfähigkeit einer Baumart ist ihre Höhenentwicklung über dem Alter auf gegebenem Standort. Zur Charakterisierung der Alters-Höhen-Beziehung werden heute i. d. R. Oberhöhen bzw. Spitzenhöhen verwendet, weil sie weniger von der Bestandesbehandlung beeinflusst werden als Mittelhöhen. Die Oberhöhenentwicklungen aller Parzellen der Buchen-Durchforstungsversuche der NW-FVA sind in Abbildung 3 dargestellt.

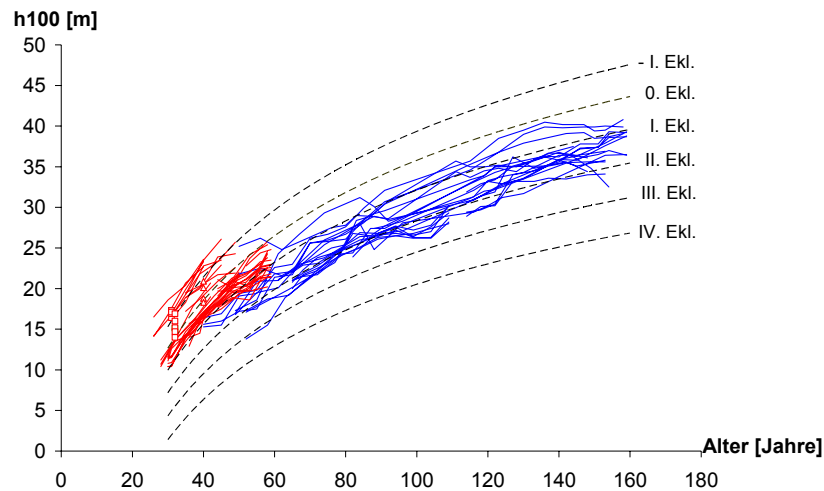


Abbildung 3: Höhenentwicklung über dem Alter für Buchen-Durchforstungsversuche der NW-FVA; rot: jüngere Versuche (Anlage ab 1990), blau: alte Versuche; Referenz: Bonitätsfächer der Buchen-Ertragstafel, mäß. Df., -I. und 0. Ertragsklasse extrapoliert (nach SCHOBBER 1967, Regressionsfunktion n. DÖBBELER et al. 2003)

Als Vergleichsmaßstab dient der Bonitätsfächer der Buchen-Ertragstafel, mäß. Df. von SCHOBBER (1967). Er wurde mit Hilfe einer Regressionsfunktion von DÖBBELER et al. (2003) um eine 0. und eine -I. Ertragsklasse erweitert. Die in blau dargestellten alten Versuche folgen weitgehend der Höhenentwicklung der Ertragstafel für die I. bis II. Ertragsklasse. Nur der Versuch Laubach 130 (besserer Standort) zeigt im Alter zwischen 120 und 150 Jahren eine deutlich steilere Höhenentwicklung. Das Absinken der Oberhöhen einiger Versuchspartzen in höherem Alter ist durch die einsetzende Zielstärkennutzung zu erklären. Ein deutlich besseres Höhenwachstum zeigen die rot dargestellten jüngeren Versuche. Die Mehrzahl der Partzen liegt im Niveau zwischen der I. und 0. Ertragsklasse. Die Versuche Lahnstein 9 und Saarforst 1668 (jeweils erst eine Aufnahme) sowie Unterlüß 138 liegen teilweise und Ahlhorn 106 vollständig oberhalb der Höhenentwicklung der -I. Ertragsklasse. Insgesamt zeigen die jungen Buchen-Durchforstungsversuche ein erstaunlich hohes Niveau im Höhenwachstum, wobei sie im Durchschnitt auf besseren Standorten stocken als die alten Versuche. Im Wachstumsgang folgen

aber auch die jungen Versuche dem extrapolierten Bonitätsfächer der Schober'schen Ertragstafeln.

4.3 Grundflächenentwicklung

Die Bestandesgrundfläche charakterisiert bei gegebener Bonität die Wuchsleistung und die Dichte eines Bestandes. In Relation zu Modellvorgaben (Ertragstafeln, maximale Grundflächenhaltungen) ist sie eine wichtige Basisinformation für Nutzungsansätze bzw. -planungen. Die Grundflächenentwicklungen der mäßig bzw. stark und sehr stark durchforsteten Versuchspartzellen der alten Durchforstungsversuche (meist I. bis II. Ekl.) werden im Altersrahmen zwischen 80 und 120 Jahren weitaus besser durch die Grundflächenhaltungen der Ertragstafeln I. Bonität bei mäßiger oder starker Durchforstung abgebildet als davor und danach (s. Abb. 4). In der Jugend sind sie deutlich zu hoch und im höheren Alter, vor Einsetzen der Zielstärkennutzungen, zu gering. Die jüngeren Versuche im Altersrahmen zwischen 30 und 60 Jahren liegen fast ausnahmslos über der Grundflächenentwicklung der I. Ertragsklasse, mäßige Durchforstung. Auch unter Berücksichtigung ihrer besseren Bonitäten liegen die Tafelvorgaben deutlich zu niedrig, denn zu diesen Versuchen gehören auch mehrere Parzellen mit starker (65 %) bzw. sehr starker (50 %) Durchforstung im Verhältnis zu den jeweiligen Nullflächen (100 %), die in ihrem Bestandesbild ausnahmslos den Behandlungsvorgaben entsprechen.

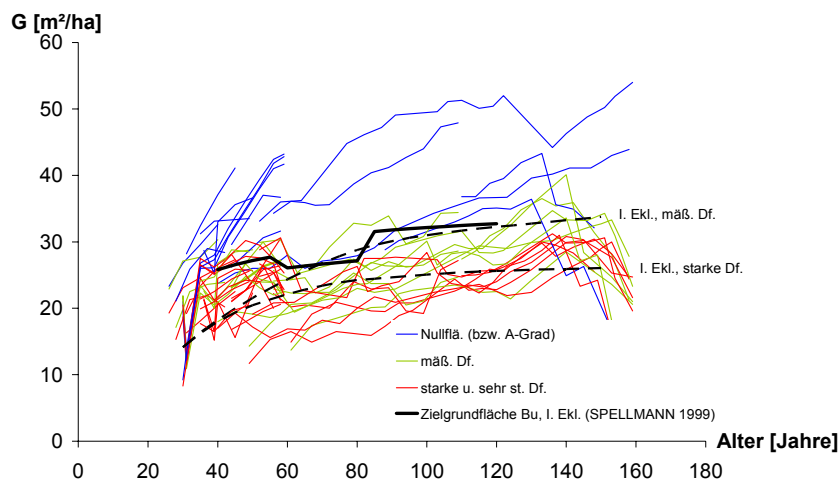


Abbildung 4: Grundflächenhaltung (verbl. Bestand) über dem Alter für Buchen-Durchforstungsversuche der NW-FVA; Referenz: Grundflächenhaltung der Buchenertragstafel, I. Ekl., mäßig und starke Df. (nach SCHÖBER 1967)

Auffallend sind die Grundflächenentwicklungen der blau dargestellten Nullflächen. Sie ragen deutlich aus der Kurvenschar heraus. Die Grundfläche des A-Grads des Versuchs Paderborn 616/618 erreicht im Alter 159 Jahre $54 \text{ m}^2 \text{ je ha}$, die des A-Grads in Herborn $49 \text{ m}^2 \text{ je ha}$ im Alter 109 und die drei Nullflächen des 59 Jahre alten Versuchs in Schotten nahezu $45 \text{ m}^2 \text{ je ha}$. Die Werte der Versuche Paderborn und Herborn liegen teilweise selbst deutlich über den maximalen Grundflächen für Buchenbestände in Nordwestdeutschland, die DÖBBELER (2004) mit Hilfe eines Verfahrens von STERBA (1975, 1981, 1987) aus der Stammzahl-Durchmesser-Beziehung unbehandelter bzw. schwach durchforsteter Versuchsflächen herleitete. Danach liegen die maximalen Grundflächen bei einer Oberhöhe (h_{100}) von $32,4 \text{ m}$ (für I. Ekl., maß. Df. n. SCHÖBER im Alter 100 erreicht) bei ca. $43 \text{ m}^2 \text{ je ha}$, die bis zu einer Oberhöhe (h_{100}) von 40 m noch auf knapp $45 \text{ m}^2 \text{ je ha}$ ansteigen.

SPELLMANN et al. (1999) leiteten Durchforstungsvorgaben zur Festlegung summarischer Nutzungsansätze für die Forsteinrichtung mit Bezug zu den maximalen Grundflächen nach DÖBBELER (2004) her. Für die Buche wurden für drei an bestimmte Oberhöhenbereiche festgemachte Pflegephasen Zielbestockungsgrade von $0,70 - 0,65 - 0,75$ in Bezug zur maximalen Grundfläche definiert. Der Verlauf der Grundflächenhaltung über dem Alter nach diesem Durchforstungskonzept mit gestaffelter Eingriffsstärke ist für die I. Ekl. in Abbildung 4 mit dargestellt. Er entspricht besser den Nutzungsmöglichkeiten, wie sie sich aus dem Wachstumsgang der Buche ergeben.

4.4 Durchmesserzuwachspotenzial der Buche

Zu den besonderen Merkmalen der Buche zählt ihre Zuwachsplastizität. Die durchschnittlichen jährlichen Durchmesserzuwächse in der 5-jährigen Aufnahmeperiode von 1994 bis 1999 bzw. 1995 bis 2000 machen deutlich, dass die Buche in der Lage ist, bis ins hohe Alter hohe jährliche Durchmesserzuwächse zu leisten (s. Abb. 5). So wurden in den älteren Durchforstungsversuchen bei einem BHD zwischen 60 und 70 cm noch jährliche Durchmesserzuwächse von bis zu 8 mm ermittelt.

In den über 100 -jährigen Durchforstungsversuchen fällt die große Durchmesserspreite von 7 cm bis 80 cm BHD auf, die für die Buche charakteristisch ist (s. Abb. 5). Der durchschnittliche jährliche Durchmesserzuwachs der unterständigen Bäume ($\text{BHD} < 20 \text{ cm}$) ist erwartungsgemäß gering. Er liegt zwischen 0 und 3 mm im Jahr. In den jüngeren Versuchsflächen konnten hingegen im Durchmesserbereich zwischen 15 und 25 cm Maximalzuwächse von bis zu 12 mm im Jahr festgestellt werden. Als Referenz wurde in die Abbildung die aus bayerischem Versuchsflächenmaterial abgeleitete Potenzialfunktion des Einzelbaumwachstums-simulators SILVA (maximaler Durchmesserzuwachs) für die Baumart Buche mit aufgenommen (KAHN u. PRETZSCH 1997, UTSCHIG 2000). Die gemessenen Zuwächse in den über 100 -jährigen Durchforstungsversuchen werden abgesehen

von einzelnen Ausreißern über das ganze Durchmesserspektrum hinweg von der Durchmesserzuwachspotenzialkurve umschlossen. Es lässt sich aber auch erkennen, dass die jüngeren Durchforstungsversuche eine deutlich schnellere Durchmesserentwicklung aufweisen und hier das Durchmesserzuwachspotenzial im Bereich von Ausgangsdurchmessern zwischen 10 und 25 cm zum Teil durch die Potenzialfunktion unterschätzt wird.

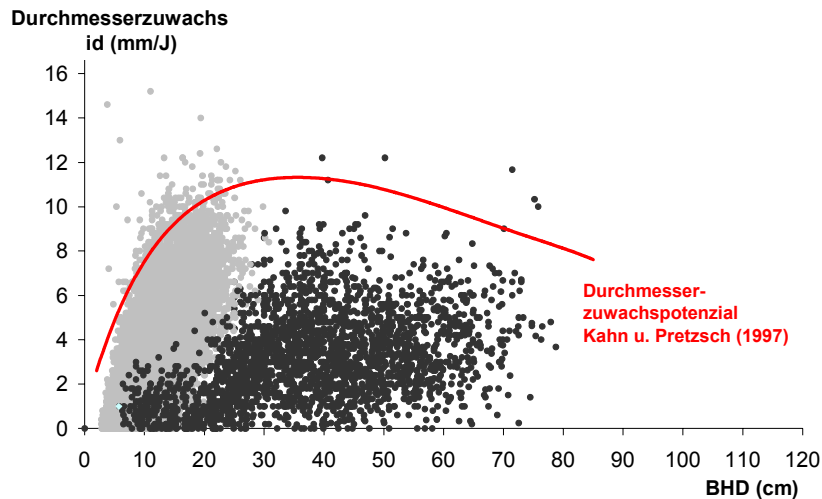


Abbildung 5: Beobachtete Durchmesserzuwächse über dem BHD für Buchen-Durchforstungsversuche der NW-FVA; grau: Einzelbaumzuwächse in den jüngeren Durchforstungsversuchen, schwarz: Einzelbaumzuwächse in den älteren Versuchsanlagen (nach GUERICKE 2002) Referenz: Potenzialfunktion für den Durchmesserzuwachs der Buche aus dem Einzelbaumsimulator „Silva“ (KAHN u. PRETZSCH 1997, UTSCHIG 2000)

4.5 Reaktionsfähigkeit von Einzelbäumen auf Standraumerweiterungen

In jungen bis mittelalten Beständen findet sich normalerweise ein enger linearer Zusammenhang zwischen dem Ausgangsdurchmesser und dem Durchmesserzuwachs (PRODAN 1965). Diese Zuwachsgeraden sind in der Jugend auf höherem Niveau, verlaufen steiler und fallen mit dem Alter ab. Der Rückgang des Anstiegs des Durchmesserzuwachses mit dem Alter ist bei der Buche nicht so stark ausgeprägt wie bei Lichtbaumarten. Die Zuwachsgeraden für eine Parzelle des Versuchs Herborn 1333 mit schwacher Hochdurchforstung zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten verdeutlichen diesen Zusammenhang (s. Abb. 6).

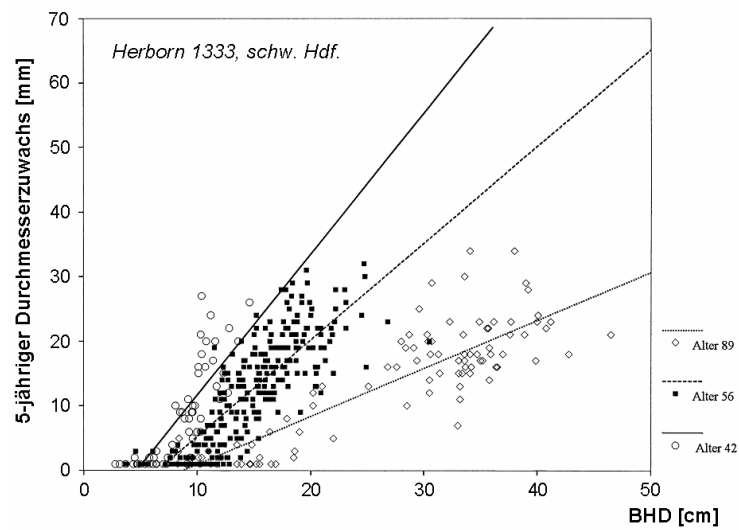


Abbildung 6: Durchmesserzuwachsgeraden für einen Buchenbestand in verschiedenen Altern; Buchen-Durchforstungsversuch Herbhorn 1333, schw. Hochdurchforstung

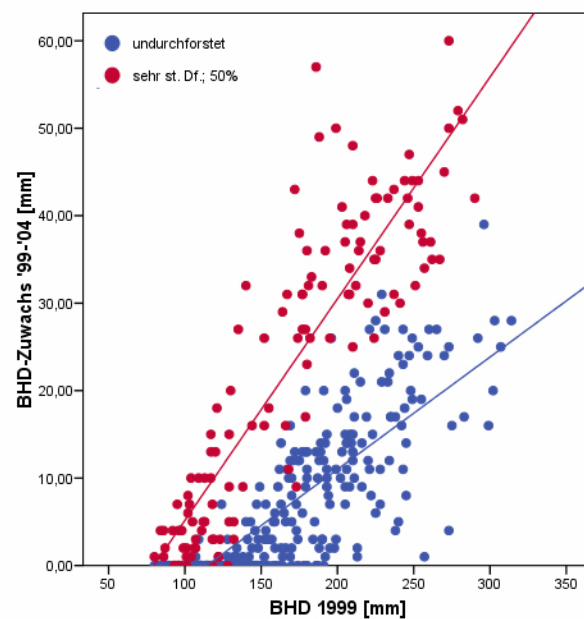


Abbildung 7: Durchmesserzuwachsgeraden für einen Buchenbestand bei unterschiedlicher Behandlung; Buchen-Durchforstungsversuch Münden 2028, Nullfläche und sehr starke Hochdurchforstung

Die Lage und der Anstieg der Durchforstungsgeraden werden darüber hinaus auch durch die Eingriffsstärke wesentlich beeinflusst. Stärkere Eingriffe führen wie in dem Buchen-Durchforstungsversuch Münden 2028 zu einem steileren Anstieg, also zu einem höheren Durchmesserzuwachs bei gleichem Ausgangsdurchmesser (s. Abb. 7).

Aus diesen Zusammenhängen lässt sich folgern, dass auch bei der Buche, die sich durch eine lang anhaltende Reaktionsfähigkeit und ein dauerhaft hohes Zuwachsniveau auszeichnet, starke Eingriffe zu einem umso deutlicheren Durchmesserzuwachseffekt führen, je früher sie erfolgen. Allerdings muss zuvor die angestrebte astfreie Schaftlänge erreicht sein.

5 Einfluss der Bestandesbehandlung auf Struktur, Qualitätsentwicklung und Ertrag von Buchenbeständen

5.1 Durchmesserdiversifizierung bei unterschiedlichen Eingriffsstärken

Viele Gründe sprechen dafür, den Strukturreichtum in unseren Wäldern zu erhöhen. Sie reichen von der Verbesserung der Stabilität und Elastizität der Bestände, der Erleichterung von Naturverjüngungen, über eine Erhöhung der Artendiversität bis hin zu ökonomischen Vorteilen hinsichtlich der Sortenstruktur und der Angebotsflexibilität. Es gibt jedoch mit Vertretern des Prozessschutzes eine kontroverse Diskussion darüber, inwieweit durch gezielte Pflegekonzepte die Strukturbildung gefördert werden oder der eigendynamischen Strukturentwicklung überlassen bleiben soll (SPELLMANN et al. 2004).

Durchforstungseffekte auf die strukturelle Diversität von Buchenbeständen wurden an der NW-FVA eingehend untersucht (MEYER 2000, SPELLMANN et al. 2004). Die Datenbasis für den Versuch Münden 2028 wurde für diesen Beitrag um die Daten einer weiteren ertragskundlichen Aufnahme im Jahre 2004 erweitert. In die Untersuchung wurden die Parzellen 2 (mäßige Hochdurchforstung), 4 (starke Hochdurchforstung), 6 (Nullfläche) und 8 (sehr starke Hochdurchforstung) des Buchen-Durchforstungsversuches Münden 2028 einbezogen. Nähere Angaben zu den standörtlichen Gegebenheiten der Versuchsfläche finden sich in Tabelle 2. Bei den Behandlungsvarianten handelt es sich, wie bereits näher erläutert (s. Kap. 4.1), um Z-Baum-orientierte Hochdurchforstungen verschiedener Eingriffsstärke und eine unbehandelte Nullfläche. Die Zahl der bei Versuchsanlage markierten Z-Bäume betrug 300 je ha bei mäßiger und starker Hochdurchforstung und 160 bei sehr starker Hochdurchforstung.

Die Datengrundlage der Diversitätsanalyse bildeten die BHD-Vollaufnahmen des nummerierten Bestandes (über 7 cm BHD) in den Bestandesaltern 44 Jahre (Durchforstungsbeginn) sowie 48, 53 und 58 Jahre. Die natürliche Mortalität wurde im Zuge der ertragskundlichen Aufnahmen in allen Parzellen erfasst. Es

handelt sich dabei um Eingriffsinventuren, d. h. in den behandelten Parzellen wurde im Zuge der Aufnahmen der ausscheidende Bestand ausgezeichnet, erfasst und kurz darauf entnommen bzw. die abgestorbenen Bäume getrennt festgehalten.

Die strukturelle Diversität von Wäldern ist sehr komplex, da sie von einer Vielzahl von Merkmalen bestimmt wird. Die vorliegende Analyse beschränkt sich auf die strukturelle Diversität der Brusthöhendurchmesser (BHD) des lebenden Derbholzbestandes. Viele andere Kenngrößen sind eng mit dieser Schlüsselgröße korreliert. Aus der Vielzahl der Diversitätsindizes wird der Shannon-Index (SHANNON u. WEAVER 1949) verwendet. In seine Berechnung gehen die Anzahl vorhandener absoluter Durchmesserklassen mit 4 cm Klassenbreite ab Derbholzgrenze und die Besetzung dieser Klassen ein. Als Bezugsgröße maximaler Durchmesserdiversität von Wäldern diene der Plenterwald. In Übereinstimmung mit diesem Maßstab wurden die BHD-Klassen mit der Grundfläche gewichtet. Die Vorgehensweise ist bei MEYER (2000) ausführlich beschrieben.

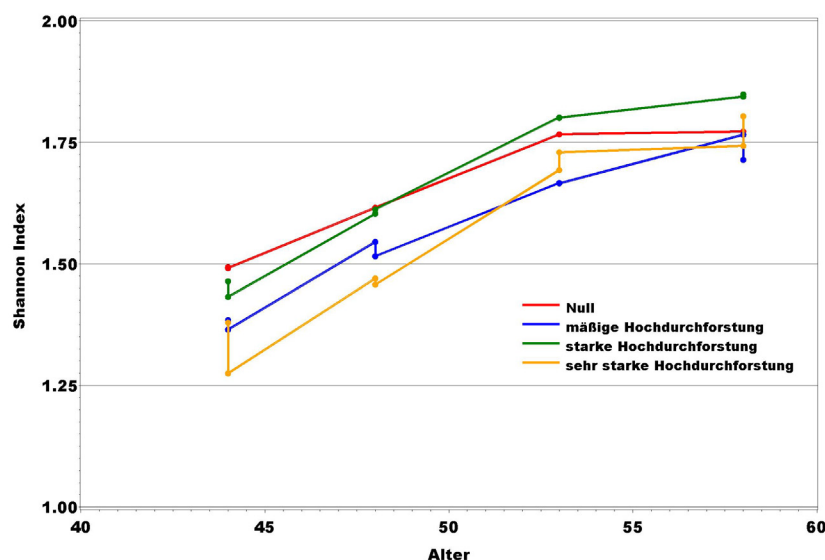


Abbildung 8: Entwicklung des Shannon-Index als Maß für die Durchmesserdiversität über dem Alter in Abhängigkeit von der Bestandesbehandlung (Buchen-Durchforstungsversuch Münden 2028; Nullfläche, mäßige, starke und sehr starke Hochdurchforstung)

Die durch den Shannon-Index ausgedrückte BHD-Diversität steigt für alle Eingriffsstärken bis zum Alter 53 Jahre deutlich an (s. Abb. 8). Die auftretenden „Sprünge“ zu den Aufnahmezeitpunkten sind unmittelbar auf die jeweils ausgezeichneten Durchforstungen zurückzuführen. Insgesamt fällt auf, dass sich die Durchmesserdiversität der einzelnen Parzellen während des Beobachtungszeitraumes nicht sehr stark voneinander unterscheidet. Der beträchtliche Rückgang des Shannon-Index bei der sehr starken Hochdurchforstung im Zuge des ersten

Eingriffs ist auf größere Hiebsschäden am Unterstand zurückzuführen. In der Folge zeigt die Diversitätsentwicklung der Behandlungsvarianten jedoch unterschiedliche Trends. So nimmt die Diversität in der stark und der sehr stark durchforsteten Variante am deutlichsten zu, während die anfangs führende Nullfläche zurückfällt und zuletzt stagniert. Dies lässt sich wie folgt erklären:

Der Shannon-Index hängt stark von der Durchmessersspannung ab (MEYER 2000, SPELLMANN et al. 2004) und erhöht sich mit steigender Anzahl der Durchmesserklassen. Eine Streckung der Durchmesserspannung ergibt sich zum einen aus der Erhöhung des BHD der dicksten Bäume und aus dem „Verharren“ dünner Bäume im unteren Durchmesserbereich. Eine maximale Differenzierung wird somit erreicht, wenn der Durchmesserzuwachs der herrschenden Bäume im Verhältnis zum unterständigen Baumkollektiv überproportional stark angeregt wird und zugleich ein Überleben der unterständigen Bäume gesichert ist. Ausdruck der unterschiedlichen Zuwachsverteilung bei unterschiedlicher Behandlung in Abhängigkeit vom Ausgangsdurchmesser sind die Lage und der Anstieg der Zuwachsgeraden (s. Abb. 7, Kap. 4.5). Daneben ist die Mortalität entscheidend für den Grad der Durchmesserdivergenz. Der stagnierende Shannon-Index der Nullfläche im Versuch Münden 2028 ist einerseits das Ergebnis des geringeren Durchmesserzuwachses der herrschenden Bäume, andererseits die Folge des zuletzt verstärkt einsetzenden Absterbens des Unterstandes. Ein Vergleich der ertragskundlichen Kennwerte des Unterstandes beider Versuchspartien verdeutlicht dies (s. Tab. 3).

Die Hochdurchforstung, die neben der Förderung des Durchmesserzuwachses der starken Bäume auch die Erhaltung eines vitalen Unterstandes gewährleistet, trägt danach am ehesten zur Differenzierung und Strukturierung in Buchenbeständen bei.

Tabelle 3: Einfluss der Behandlung auf den Unterstand nach vier Durchforstungen, Alter 58 Jahre, Durchforstungsbeginn mit 44 Jahren; Buchen-Durchforstungsversuch Münden 2028

Unterstand	Nullfläche	starke Hdf.
Grundfläche, lebend [m ² /ha]	4,7	5,4
Stammzahl, lebend [N/ha]	440	862
d _g verbleibend [cm]	11,7	8,9
d _g ausscheidend [cm] (Mortalität)	9,2	6,9

5.2 Möglichkeiten und Grenzen der positiven Beeinflussung der Qualitätsentwicklung

Die Optimierung der flächenbezogenen Wertleistung wurde bereits einleitend als eines der vorrangigen Ziele der Buchenwirtschaft herausgestellt. Diese Zielsetzung

leitet sich aus der starken Gütedifferenzierung des Buchenholzes und den bedeutenden Preisunterschieden zwischen den Güteklassen ab. Bei den besseren Qualitäten ist zumindest bis zur Stärkeklasse L 5 auch die Stärkeklasse des Stammholzes ein wichtiges wertbestimmendes Merkmal (s. Tab. 4).

Tabelle 4: Buchen-Stammholzerlöse in Abhängigkeit von Stärkeklasse und Güteklasse (durchschnittliche Erlöse in den Niedersächsischen Landesforsten im Jahre 2006)

stärkeklassenabhäng. Erlösentwicklung		güteklassenabhäng. Erlösentwicklung	
Stärkeklasse	Erlös für Buchenstammholz der Güte B [€/Fm]	Güteklasse	Erlös für Buchenstammholz der Stärkekl. L5 [€/Fm]
L 2a/b	39,-	A	205,-
L 3a	50,-	B	114,-
L 3b	62,-	BK	82,-
L4	93,-	C	57,-
L5	114,-		
L6	116,-		

Betrachtet man die Anteile der Güteklassen am gesamten Buchen-Stammholzeinschlag in den Niedersächsischen Landesforsten für den Zeitraum von 1995 bis 2004 (SPELLMANN 2006)¹, so wird die vergleichsweise starke Gütedifferenzierung des Buchenstammholzes ebenso deutlich wie der bescheidene Anteil des Stammholzes besserer Güte (s. Abb. 9). In der zehnjährigen Periode, die auch den Boom des Chinageschäftes zum Ende des letzten Jahrhunderts mit einschließt, wurden nur 6 % des Buchen-Stammholzes als Wertholz und 40 % als Stammholz der Güteklasse B sortiert, wobei dieses in Niedersachsen auch Stammholz der Güte „BK“ (Buchenstammholz mit Rotkernbildung von mehr als der Hälfte des Stammdurchmessers am stärkeren oder schwächeren Ende) umfasst. Demgegenüber liegt bei den Nadelhölzern der Anteil des Stammholzes der Güteklasse B und besser bei mindestens zwei Dritteln.

Angesichts der bereits seit über 100 Jahre andauernden Bemühungen um eine Verbesserung der Wertleistung von Buchenbeständen ist dieser Befund äußerst unbefriedigend. Er ist nicht nur im Zusammenhang mit den Behandlungskonzepten der Praxis, sondern auch mit den in der Vergangenheit oft weniger gelungenen Buchen-Naturverjüngungen, der starken Selbstdifferenzierung und der Plastizität

¹ Vergleichbare Güteklassenverteilungen weisen auch die Holzeinschlagsstatistiken anderer Bundesländer aus.

der Buchenkronen zu sehen. Darüber hinaus weisen u. a. KLEINSCHMITT u. SVOLBA (1996) und v. WÜHLISCH (2005) auf deutliche Herkunftsunterschiede in der Qualitätsentwicklung hin.

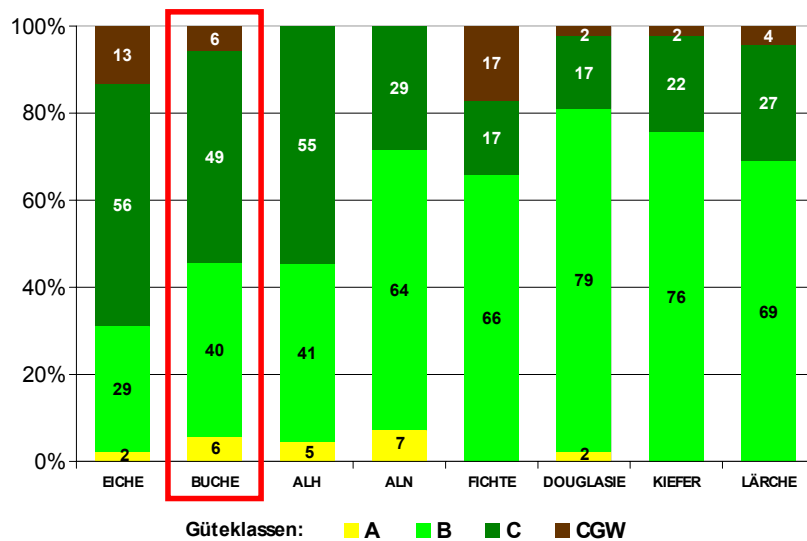


Abbildung 9: Güteklassen für den Gesamteinschlag Stammholz der Niedersächsischen Landesforstverwaltung im Durchschnitt der Jahre 1995 bis 2004 (Quelle: SPELLMANN 2006)

Dass Durchforstungen dennoch ein sehr wichtiges waldbauliches Mittel zur Beeinflussung der Qualitätsentwicklung von Buchenbeständen sind, soll am Beispiel der periodisch durchgeführten Schaft- und Kronenansprachen im Buchen-Durchforstungsversuch Paderborn 616/618 verdeutlicht werden (s. Abb. 10). Verglichen werden die Behandlungsvarianten schwache Niederdurchforstung, schwache Hochdurchforstung (ohne Z-Baum-Markierung) und starke Hochdurchforstung (mit Z-Baum-Markierung). Die Schaftmerkmale gerade, bogig, Drehwuchs, Zwiesel, Klebäste, Wasserreiser und Ästigkeit mit ihren verschiedenen Ausprägungen wurden dabei zu den Schaftgüteklassen gut, befriedigend und schlecht zusammengefasst und hinsichtlich der Kronenausbildung nach gut, einseitig, geklemmt und gering unterschieden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Hochdurchforstungen im Laufe der Zeit zu besseren Kronen- und Schaftqualitäten bei den Bäumen der herrschenden Schicht führen als die Selbstdifferenzierung bei der schwachen Niederdurchforstung. Betriebswirtschaftlich erhalten die Qualitätsunterschiede im Zusammenhang mit der deutlich besseren Durchmesserentwicklung (d_g) der Bäume der herrschenden Schicht ein noch größeres Gewicht (vgl. Tab. 4).

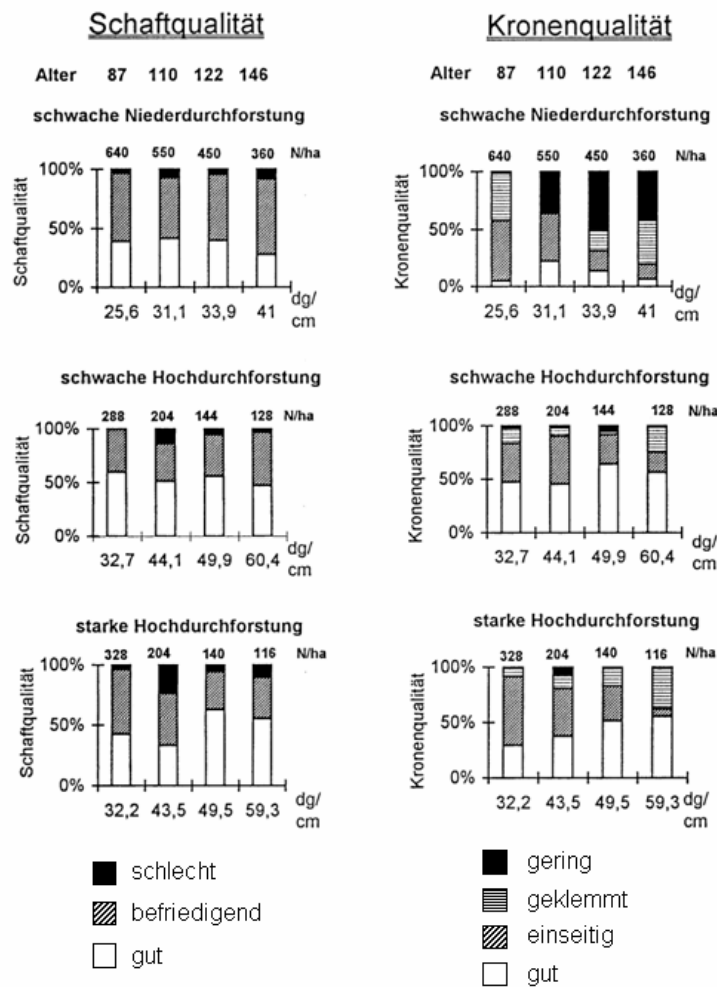


Abbildung 10: Entwicklung der Schaft- und Kronenqualitäten bei unterschiedlicher Durchforstung im Buchen-Durchforstungsversuch Paderborn 616/618 (aus SPELLMANN u. NAGEL 1996)

Der Wertetrug wird schließlich zu großen Anteilen von der Nutzung der hiebsreifen Bäume bestimmt. Die ökonomisch optimale Zielstärke lässt sich nach verschiedenen Verfahren herleiten (vgl. SPELLMANN 1995). Dabei gilt allgemein, je geringer der unterstellte Zinssatz, je höher der Zuwachs, je besser die Qualität und je geringer das Risiko, desto höher die Zielstärke und desto länger der Produktionszeitraum. Diese Zusammenhänge führen zu variablen Zielstärken, die insbesondere auch Qualitätsaspekte zu berücksichtigen haben.

Betrachtet man die Wertentwicklung eines 8 m langen Buchen-Erdstammstückes mit zunehmender Zielstärke von 61 cm über 67 cm auf 74 cm, so steigt der Wert bei B-Qualität von 226,- € über 292,- € auf 353,- €. Findet zwischenzeitlich eine Entwertung von B nach BK und schließlich durch Spritzkern nach C statt, so sinkt der Wert mit Dauer der Produktionszeit um 27,- € bzw. 59,- € (s. Abb. 11).

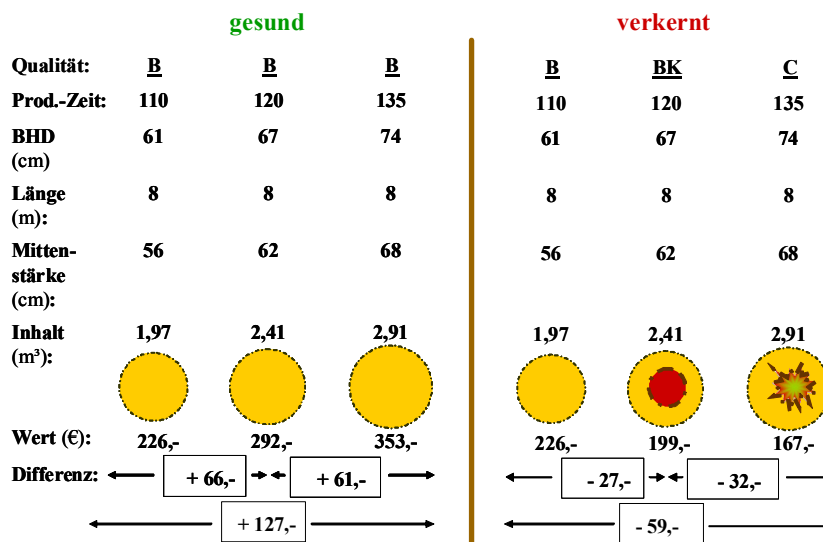


Abbildung 11: Auswirkungen von Zielstärke und Verkernung auf die Wertentwicklung bei Buche (aus SPELLMANN 2005)

5.3 Durchmesserentwicklung von Z-Baumkollektiven und die Frage nach der Z-Baum-Zahl

Die Auswahl von Z-Bäumen, ihre Markierung sowie der Zeitpunkt und die Stärke ihrer Freistellung sind wichtige Fragen einer wertertragsorientierten Steuerung von Buchenbeständen. Bereits im Kapitel 4.5 wurde der Einfluss des Alters und der Behandlung auf die Durchmesserentwicklung mit Hilfe von Zuwachsgeraden erläutert. Deren Anstieg ist umso steiler je früher die Durchforstungen einsetzen bzw. umso stärker sie geführt werden. Ähnlich sind die Versuchsergebnisse der vier jungen Buchen-Durchforstungsversuche Ahlhorn 106, Unterlüß 138 und Münden 2027 und 2028 zu interpretieren, wenn man den Einfluss der Durchforstungsstärke auf den Durchmesserzuwachs der jeweils 100 stärksten Z-Bäume je ha in den bisherigen drei Beobachtungsperioden betrachtet (s. Abb. 12). In der dritten Beobachtungsperiode nimmt jedoch der anfangs deutliche Vorsprung des Durchmesserzuwachses der sehr starken Durchforstung gegenüber demjenigen der starken Durchforstung wieder ab, was auf einen abklingenden Wuchsbeschleunigungseffekt schließen lässt.

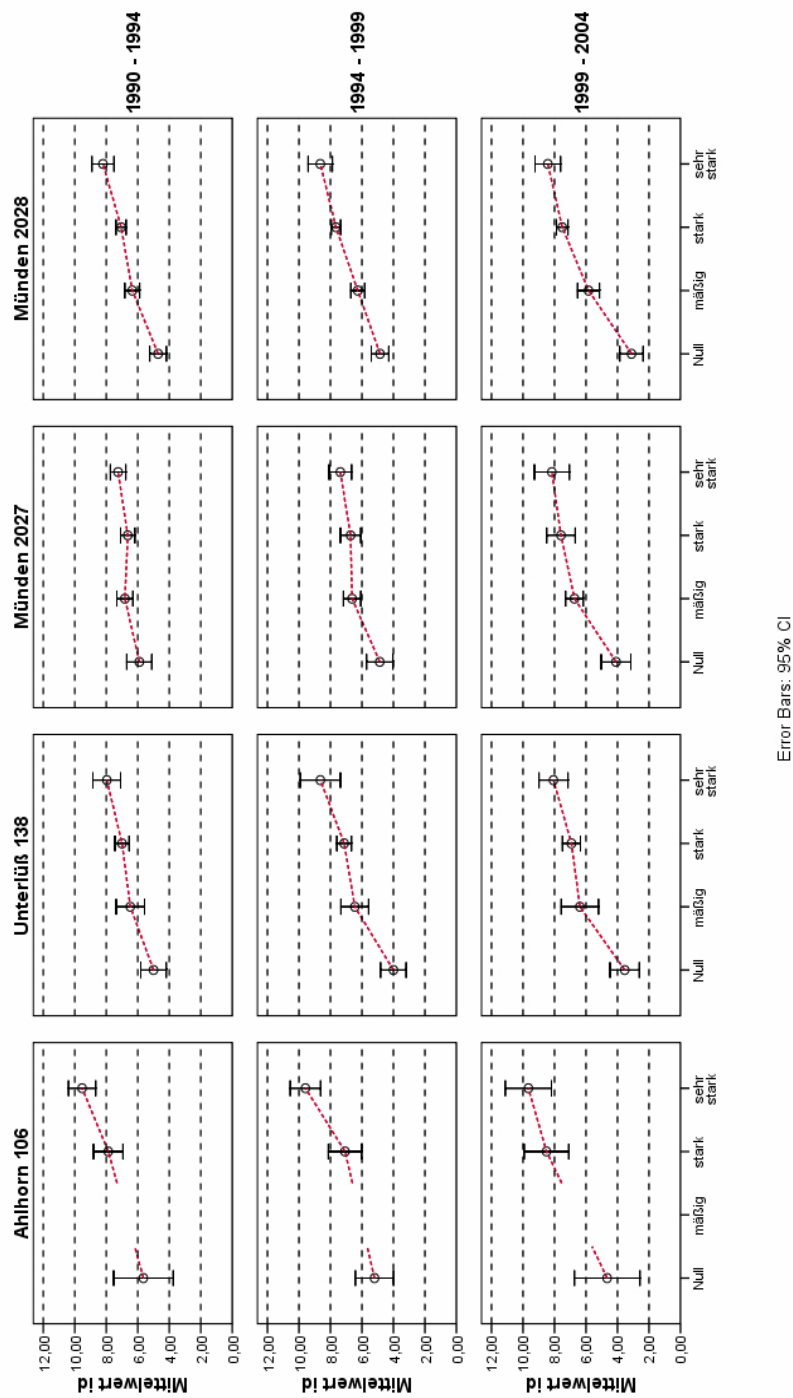


Abbildung 12: Durchschnittlicher Durchmesserzuwachs der 100 stärksten Z-Bäume je ha für vier ausgewählte junge Buchendurchforstungsversuche der NW-FVA nach der Eingriffstärke und der Beobachtungsperiode

Aufschlussreich sind auch die absoluten Beträge der durchschnittlichen jährlichen Durchmesserzuwächse der Z-Baumkollektive. Bei sehr starker Durchforstung und ab der zweiten Periode auch bei starker Durchforstung werden jährlich ca. 8 mm Dickenzuwachs erreicht, in dem besonders wüchsigen Versuch Ahlhorn 106 fast 10 mm. Der Durchmesserzuwachs der nicht freigestellten Z-Bäume auf den Nullflächen geht von 4-6 mm in der ersten Periode auf ca. 3-4,5 mm in der dritten Periode zurück.

Zu Durchforstungsbeginn hatten die Z-Bäume in den hier vorgestellten Versuchen astfreie Schaftlängen von durchschnittlich 8 m, in Münden 2027 von ca. 6,5 m. Während der 14-jährigen Beobachtungsdauer haben sich die Kronenansätze der Z-Bäume auf den undurchforsteten Nullparzellen um ca. 2,5 m nach oben verschoben. Daraus lässt sich ableiten, dass die Forderung nach einer astfreien Schaftlänge von ca. 10 m selbst in sehr wüchsigen Beständen eine Verzögerung der Erstdurchforstung um ca. 10 Jahre zur Folge hätte und den Verzicht auf 4-5 cm Dickenzuwachs der Z-Bäume bedeuten würde.

Versteht man unter Z-Bäumen im Anhalt an SCHÖBER (1988b) die möglichen „Elitebäume“ für den Endbestand, die nur einmalig ausgewählt, laufend überprüft und dann kontinuierlich freigestellt und gefördert werden, so spielt für die Bemessung ihrer Anzahl neben der möglicherweise zu berücksichtigenden Reserve, der benötigte Standraum bei Erreichen des Produktionsziels eine wichtige Rolle. Die hier wiedergegebenen Ergebnisse zum Standraumbedarf von Buchen beruhen auf den Auswertungen der Buchen-Durchforstungsversuche der NW-FVA durch GUERICKE (2002). Danach haben Altbuchen mit Bruthöhendurchmessern zwischen 60 und 70 cm Kronenradien zwischen durchschnittlich 5 m und maximal 9 m. Analog zur Beziehung zwischen BHD und Kronenbreite nimmt mit zunehmendem BHD auch die Kronenschirmfläche bis auf maximal 200 m² bei einer 90 cm starken Buche zu (s. Abb. 13). Die am oberen Rand des Datenfeldes verlaufende Funktion beschreibt die Entwicklung der maximalen Kronenschirmfläche in Abhängigkeit vom BHD. Diese Funktion wurde aus Untersuchungen in Buchen-Lärchen-Mischbeständen übernommen (GUERICKE 2001) und damit an unabhängigem Datenmaterial parametrisiert. Mit wenigen Ausnahmen umschließt die Funktion den Wertebereich der Kronenschirmflächen über den gesamten beobachteten Durchmesserbereich. Auf Grundlage dieser Funktion wurde in einem zweiten Schritt aus den maximalen Kronenschirmflächen die dazu gehörige „theoretische“ Stammzahlhaltung je ha Buchenreinbestand abgeleitet und über dem BHD aufgetragen. Ungeachtet der oft vorkommenden Kronenüberlappungen wurde vereinfachend ein Überschirmungsgrad von 1,0 unterstellt. Danach sinken die „potenziellen“ Stammzahlen von rd. 220 Buchen je ha bei einem BHD von 25 cm auf rd. 70 je ha bei einem BHD von 65 cm. Bei einer „finalen“ Betrachtung entsprechen die 70 Buchen je ha der nach dem Standraumbedarf theoretisch möglichen Z-Baumzahl unter der Annahme, dass alle Buchen zur selben Zeit einen

BHD von 65 cm aufweisen, ihre Kronen rund sind und es keine Kronenüberlappung gibt.

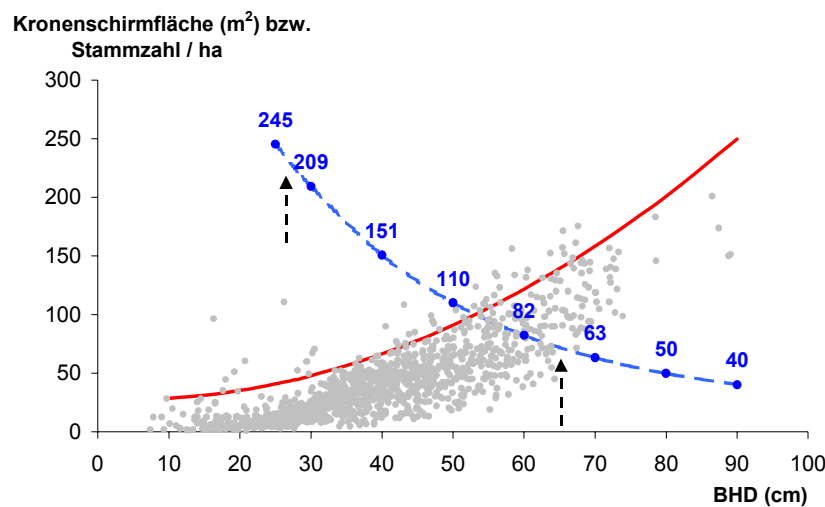


Abbildung 13: Beziehungen zwischen BHD, maximaler Kronenschirmfläche sowie der für vollständige, einfache Überschirmung abgeleiteten „theoretischen“ Stammzahlentwicklung (aus GUERICKE 2002)

Diese theoretisch hergeleitete Z-Baumzahl kann aber nur eine minimale Forderung für die Anzahl Z-Bäume zu Beginn der Durchforstungsphase darstellen, denn es sind während des langen Produktionszeitraumes auch Risiken für die Z-Bäume und soziale und qualitative Umsetzungsprozesse zu berücksichtigen. Betrachtet man die Durchmesserentwicklung der Z-Bäume auf der Versuchsparzelle Saarforst 1606, starke Hochdurchforstung, getrennt für drei nach ihrem anfänglichen Brusthöhendurchmesser stratifizierte Z-Baum-Kollektive, so ist zunächst ihre mit der Zeit zunehmende Durchmesserdivergenz auffallend (s. Abb. 14). Sie ist die Grundlage für die Umsetzung einer zeitlich gestreckten Zielstärkennutzung, welche anerkanntermaßen bei der Buche zahlreiche ökonomische und ökologische Vorteile bietet (HOLM 1974, BACHMANN 1990, MOOG 1990, SPELLMANN 1999, KNOKE 2003). Von den anfänglich 236 Z-Bäumen je ha im Alter 49 Jahre sind im Alter 159 Jahre nach den ersten Zielstärkennutzungen noch 68 Z-Bäume je ha vorhanden. Während der Bestandesentwicklung hat es ein positives und negatives Umsetzen zwischen den drei Z-Baum-Kollektiven gegeben. Es ist daher bei der Festlegung der anfänglichen Anzahl Z-Bäume die statische finale Standraumbeurteilung durch eine dynamische zu ersetzen, da deutlich mehr als 60-80 Buchen innerhalb eines 30-50-jährigen Nutzungszeitraums die Zielstärke erreichen können.

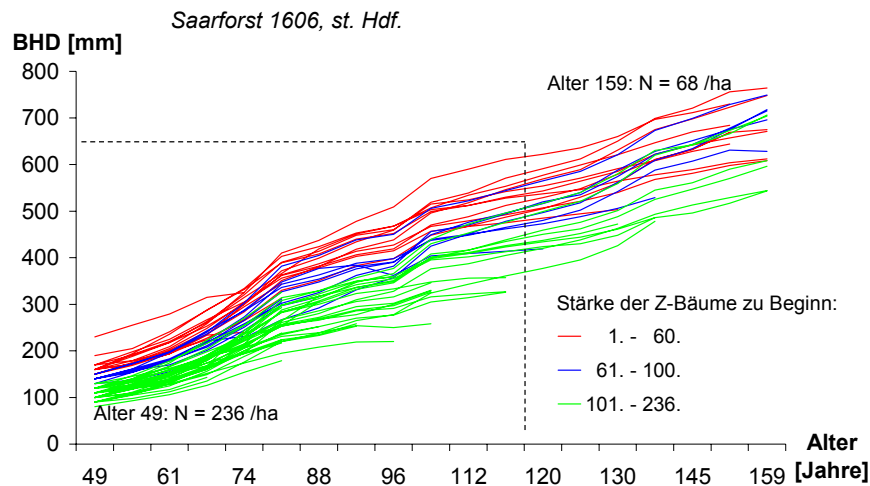


Abbildung 14: Durchmesserentwicklung eines zu Durchforstungsbeginn ausgewählten Z-Baumkollektivs (Buchen-Durchforstungsversuch Saarforst 1606, starke Hochdurchforstung)

Wie viele Z-Bäume bei laufender kritischer Überprüfung des anfänglichen Z-Baum-Kollektivs auszuwählen sind, hängt letztendlich auch von der Ausgangsqualität des jeweiligen Bestandes ab. In Beständen schlechterer Qualität dürfen dabei aber die Anforderungen an einen Z-Baum nicht zu hoch angesetzt werden. Auszuwählen sind die relativ besten Bäume in einer Anzahl, die auch unter diesen Umständen die höchstmögliche flächenbezogene Wertleistung sichert. Gerade in solchen Beständen mit geringerer oder sehr stark variierender Gesamtqualität ist die Entnahme besonders schlechter, konkurrenzstarker Bestandesglieder ab Beginn der Pflegephase auf der gesamten Bestandesfläche notwendig. Geschieht dies nicht und erfolgt die Pflege ausschließlich punktuell zur Förderung einer extrem geringen Z-Baumzahl (WILHELM et al. 1999a-d), bleiben dagegen in einer entscheidenden Entwicklungsphase größere Bestandespartien für eine längere Zeit ungepflegt und die Protzen setzen sich endgültig durch (s. Abb. 15).

Vergleichsweise niedrige Z-Baumzahlen zu Beginn der Durchforstungsphase im Anhalt an den erwarteten Endbestand oder noch darunter schränken auch die Möglichkeiten stark ein, Ausfälle vorgepflegter Wertträger z. B. durch Sturmwurf oder biotische Schäden zu kompensieren. Dies gilt erst recht, wenn der Füllbestand bis dahin völlig ungepflegt war. In den jüngeren Durchforstungsversuchen der NW-FVA traten in dem bisherigen Beobachtungszeitraum von 14 Jahren maximal Ausfälle in Höhe von 25 % auf (Münden 2028, sehr starke Durchforstung, 40 von 155 Z-Bäumen, meist durch Schleimfluss).

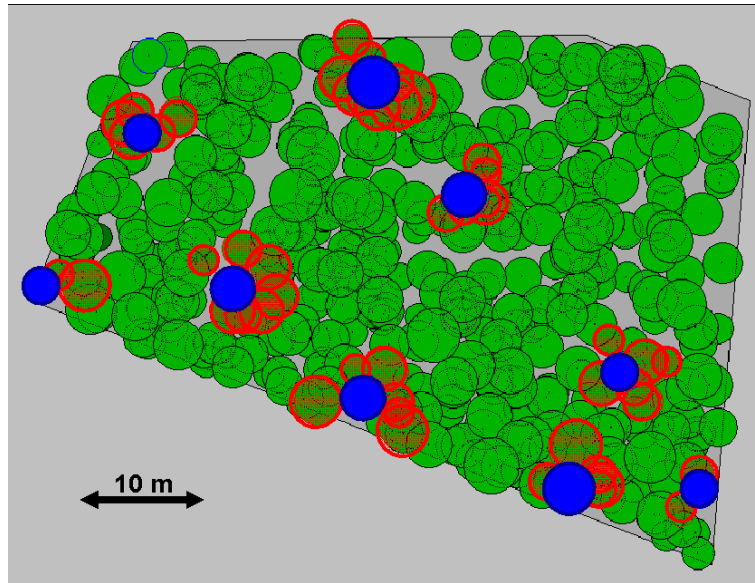


Abbildung 15: Erstdurchforstung in der Parzelle 12 des Buchen-Durchforstungsversuchs Labnstein 9a, Durchforstungsvariante „Dimensionierung“; blau: Z-Bäume (55 je ha), rot: ausscheidender Bestand, grün: verbleibender Füllbestand

5.4 Auswirkungen unterschiedlicher Durchforstungsstärken auf den Massenzuwachs von Buchenbeständen

Der Zusammenhang zwischen mittlerer Grundflächenhaltung und Volumenzuwachs bzw. Gesamtwuchsleistung von Buchenbeständen ist schon sehr lange Gegenstand der ertragskundlichen Forschung (u. a. WIEDEMANN 1932, ASSMANN 1950, 1953, 1956, 1965, SCHÖBER 1972, BRYNDUM 1987). Die Untersuchungen zeigen, dass es in Buchenbeständen eine zuwachsoptimale Grundflächenhaltung gibt, die über längere Beobachtungszeiträume am ehesten der mittleren Grundflächenhaltung einer mäßigen Durchforstung entspricht. Der Einfluss des Standorts und des Bestandesalters auf die Ausprägung und die Lage der Optimumbeziehung wurde ebenfalls in mehreren der genannten Veröffentlichungen deskriptiv herausgearbeitet. PRETZSCH (2004) entwickelte auf der breiten Datenbasis zahlreicher Versuchsflächen, die auch drei Buchen-Durchforstungsreihen der NW-FVA einschloss, ein Modell der Dichte-Zuwachs-Beziehung, das die bisherigen empirischen Befunde und vor allem den zeitlichen Aspekt der Beziehung mit dem sogenannten Wuchsbeschleunigungseffekt gut abbildet. Alle bisherigen Untersuchungen zeigen für die Buche eine höhere Gipfelung und eine breitere Wölbung der Dichte-Zuwachs-Beziehung als beispielsweise für die Fichte. Das spiegelt die

besondere Fähigkeit von Buchenbeständen wider, aufgrund ihrer Plastizität Zuwachsminderungen bei Dichteabsenkungen abzupuffern.

Auf der Grundlage der Daten einiger Versuchsflächen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt wurde diesen Erkenntnissen erneut nachgegangen. Die jungen Buchendurchforstungsversuche verfügen ausnahmslos über eine Nullfläche, die die standörtlich mögliche maximale Grundflächenhaltung repräsentiert und über die die Grundflächensteuerung der durchforsteten Parzellen erfolgt. Grundflächenabsenkungen auf 80 % (mäß. Df.), 65 % (starke Df.) bzw. 50 % (sehr starke Df.) der Oberstandsgrundfläche der Nullfläche ermöglichen einen systematischen Vergleich der Varianten innerhalb der Versuche, aber auch zwischen gleichen Varianten über die verschiedenen Versuche hinweg.

Tabelle 5 zeigt die laufenden Volumenzuwächse einiger junger Buchendurchforstungsversuche in Abhängigkeit von der Eingriffsstärke und der daran geknüpften relativen Grundflächenhaltung. Aufgeführt sind die Einzelwerte der bisherigen drei Beobachtungsperioden und der durchschnittliche laufende Volumenzuwachs für den gesamten 14-jährigen Beobachtungszeitraum. Bemerkenswert ist zunächst die absolute Höhe des laufenden Volumenzuwachses der beobachteten Versuche. Verglichen mit der Ertragstafel für den entsprechenden Altersbereich liegen die Zuwächse ca. 17 % bis 90 % über den Zuwachsangaben der Buchen-Ertragstafel von SCHÖBER (1967) für die I. Ertragsklasse, mäßige Durchforstung. Trotz der deutlich überdurchschnittlichen Bonitäten der Versuche ist dieses Zuwachsniveau sehr hoch. Im Mittel aller Parzellen und aller Beobachtungen der jungen Durchforstungsversuche (auch derjenigen, die in Tab. 5 fehlen) beträgt der durchschnittliche laufende Volumenzuwachs $14,5 \text{ Vfm ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, wodurch die zuvor getroffene Feststellung noch einmal unterstrichen wird.

Vergleicht man die laufenden Zuwächse der Varianten über den gesamten Beobachtungszeitraum, so leistet die mäßige Durchforstung in zwei Versuchen den höchsten Volumenzuwachs. Im Versuch Ahlhorn 106 wurde die mäßige Durchforstung aufgrund ihres 5 Jahre geringeren Bestandesalters nicht in den Vergleich einbezogen. Hier zeigt die Nullfläche von den verglichenen Varianten den höchsten Zuwachs. Im Versuch Münden 2027, wo die Durchforstung vergleichsweise früh bei einer Oberhöhe unter 14 m einsetzte, weist die starke Durchforstung den höchsten Volumenzuwachs auf. Die über den Gesamtzeitraum zuwachsschwächste Variante ist in allen Versuchen die sehr starke Durchforstung. Die Unterschiede zwischen der Variante mit dem höchsten laufenden Zuwachs und der sehr starken Durchforstung mit dem geringsten Zuwachs liegen für Ahlhorn 106 bei ca. 15 %, für die anderen Versuche zwischen 20 und 35 %. Die Werte für die erste und die zweite Beobachtungsperiode zeigen in mehreren Fällen noch ein besseres Abschneiden der starken und der sehr starken Durchforstung. Dies kann als Ausdruck eines temporären Wuchsbeschleunigungseffektes gewertet werden.

Tabelle 5: Einfluss der Eingriffsstärke auf den laufenden Volumenzuwachs junger Buchenbestände (ausgewählte Parzellen der Buchen-Durchforstungsversuche Ahlhorn 106, Unterlüß 138, Münden 2027 u. Münden 2028)

Versuch	Parz.	Df.	Alter 1990	laufender Volumenzuwachs [Vfm ha ⁻¹ a ⁻¹]			
				1990-1994	1994-1999	1999-2004	1990-2004
Ahlhorn 106	2b	ohne	31	18,5	21,0	22,2	20,7
	-	mäßig		-	-	-	-
	3	stark	31	16,0	21,6	20,0	19,4
	4	sehr stark	31	16,7	17,3	19,7	18,0
Unterlüß 138	2	ohne	35	13,9	12,7	13,7	13,4
	3	mäßig	35	13,0	17,7	14,1	15,1
	1	stark	35	13,6	12,5	13,3	13,1
	5	sehr stark	35	11,0	14,6	9,7	11,8
Münden 2027	2	ohne	36	12,3	14,9	16,0	15,1
	1	mäßig	36	14,2	15,3	16,3	15,4
	4	stark	36	11,2	14,5	19,6	16,0
	3	sehr stark	36	13,5	11,7	12,6	11,9
Münden 2028	6	ohne	44	14,3	17,9	9,4	13,8
	2	mäßig	44	12,0	16,8	14,4	14,6
	1	stark	44	11,1	14,8	14,9	13,8
	8	sehr stark	44	12,1	13,3	11,2	12,2

Am Beispiel von zwei Buchendurchforstungsversuchen in unterschiedlichen Altersphasen lässt sich die Altersabhängigkeit des Zusammenhangs zwischen relativer Grundflächenhaltung (Nullfläche = 100 %) und Zuwachs verdeutlichen (s. Abb. 16). Die Darstellungen sind allerdings aufgrund ihres Einzelbeobachtungscharakters vorsichtig zu interpretieren. Als Zuwachsgröße wird hier nicht der von der Höhen- und Formzahlentwicklung beeinflusste Volumenzuwachs, sondern der relative Grundflächenzuwachs betrachtet. Auffallend ist zunächst das hohe Niveau der positiven Zuwachsreaktion auf die Grundflächenabsenkung in dem jüngeren Bestand nach der hier in blau dargestellten dritten Durchforstung (Alter 53-58). Untereinander unterscheiden sich die drei durchforsteten Parzellen dabei relativ wenig. Unmittelbar nach der Erstdurchforstung (Alter 44-49) hatte es in dem betrachteten Versuch noch keinen klar erkennbaren Trend des Grundflächenzuwachses in Abhängigkeit von der Grundflächenhaltung gegeben. Erklärungsursachen dafür sind möglicherweise eine „Umstellungsphase“ in den durchforste-

ten Parzellen und die mit $29,6 \text{ m}^2 \text{ je ha}$ absolut gesehen noch nicht sehr hohe Grundflächenhaltung der Nullfläche. Für den Versuch Paderborn 616/618 sind in Bestandesaltern von 91 bzw. 136 Jahren bei Dichteabsenkungen auf unter 80 % der Nullfläche nur noch geringe positive bis negative Reaktionen im Grundflächenzuwachs gegenüber der Nullfläche zu verzeichnen. Damit scheint sich die Annahme eines Nachlassens der an sich plastischen Zuwachsreaktion der Buche auf Grundflächenabsenkungen im höheren Alter auch an den hier gemachten Beobachtungen zu bestätigen (vgl. SCHÖBER 1972).

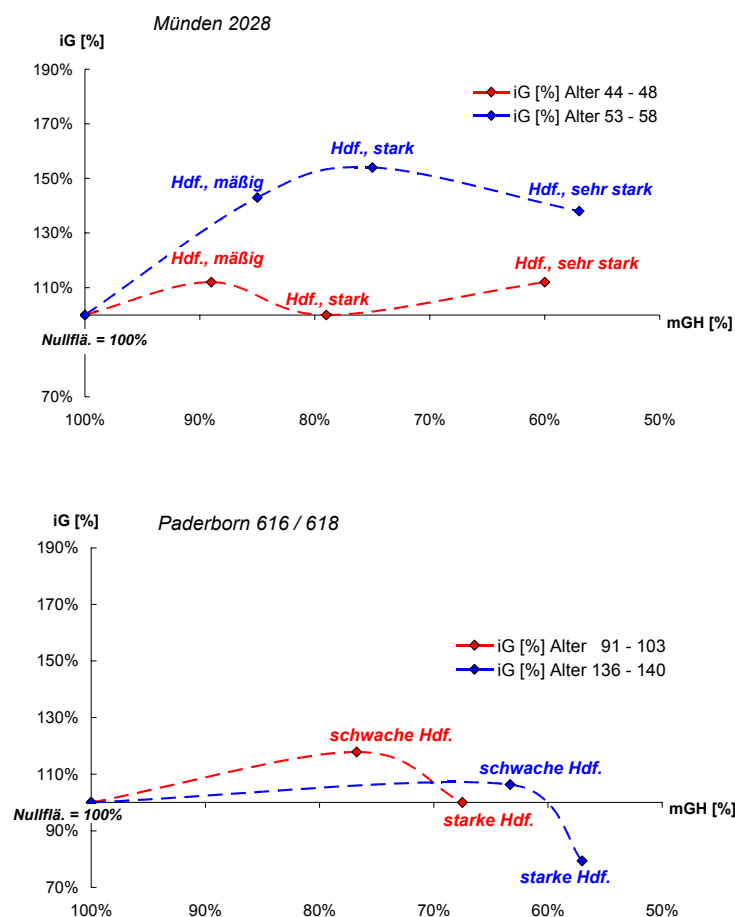


Abbildung 16: Relativer periodischer Grundflächenzuwachs von Buchenbeständen in Abhängigkeit von der mittleren Grundflächenhaltung in verschiedenen Bestandesaltern (Buchen-Durchforschungsversuche Münden 2028 (oben) und Paderborn 616/618 (unten))

5.5 Modellkalkulationen zur Überprüfung von Handlungsalternativen

Über die Frage der Bedeutung von Einzelbaum- bzw. Flächenproduktivität bei der Durchforstung von Buchenbeständen wird in jüngerer Zeit wieder kontrovers diskutiert. Einvernehmen herrscht darüber, dass Durchforstungen erst dann einsetzen sollen, sobald sie erste Deckungsbeiträge abwerfen. Umstritten sind hingegen die Zahl der Z-Bäume, der Grad ihrer Freistellung und die Behandlung der Zwischenfelder. Vereinfachend lassen sich zwei Gruppen unterscheiden. Auf der einen Seite werden niedrige Z-Baumzahlen und eine extreme Freistellung supervitaler Z-Bäume ohne Eingriffe in den übrigen Bestand befürwortet. Auf der anderen Seite werden anfänglich höhere Z-Baumzahlen, eine konsequente Hochdurchforstung und eine frühzeitige Entnahme schlecht veranlagter herrschender Bäume auf der gesamten Fläche empfohlen.

Die Auswirkungen beider Behandlungskonzepte auf den Massen-, Sorten- und Wertertrag von Buchenreinbeständen wurden mit Hilfe des Wachstumssimulators BWINPro 6.2 der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NAGEL 1999, NAGEL et al. 2002, DÖBBELER et al. 2003) im Rahmen einer Vergleichssimulation überprüft. Die Datengrundlage bildete der sehr wüchsige Versuchsbestand (Buchen-Durchforstungsversuch Münden 2028, Parzelle 8) mit einer 0,8. Ertragsklasse, der jedoch, wie eingangs gezeigt, das Leistungsvermögen jüngerer Buchenbestände auf besseren Standorten gut repräsentiert. Die astfreie Schaftlänge lag zum Zeitpunkt der Erstdurchforstung im Alter von 44 Jahren bei 8 bis 9 m. Der mittlere Bruthöhendurchmesser des Oberstandes (d_g) betrug 13,2 cm, die Oberhöhe (h_{100}) 17,6 m, die Grundfläche 30,0 m²/ha und das mittlere Kronenprozent 44 %.

Die Z-Baumauswahl für beide Simulationsvarianten wurde auf der Grundlage der in der Versuchsparzelle tatsächlich ausgewählten 155 Z-Bäume je ha zu Durchforstungsbeginn vorgenommen. Für die Variante „Einzelbaum“ wurden aus diesen die stärksten 50 je ha ausgewählt, die Variante „Flächenproduktivität“ bezog 120 Z-Bäume je ha des tatsächlich ausgewählten Z-Baumkollektivs mit ein. Auffällig ist, dass auch in der z-baum-reichen Variante die Zukunftsbäume aufgrund der inhomogenen Bestandesqualität nicht gleichmäßig verteilt sind (s. Abb. 17 oben rechts).

Die 50 Z-Bäume bei der auf die Einzelbaumleistung ausgerichteten Durchforstungsvariante wurden mithilfe des A-Wertes nach JOHANN (1982) von Beginn an sehr stark freigestellt (A-Wert = 3). Der A-Wert ist eine Verhältniszahl, die die Freistellungsstärke von Z-Bäumen ausdrückt. Der niedrige Wert wurde aufgrund der großen Kronenplastizität der Buche gewählt. Nach 35 Jahren wurde der A-Wert im Sinne einer „Ausreifungsphase“ (WILHELM 1999c) allmählich auf 4 angehoben. Die 120 Z-Bäume in der auf die flächenbezogene Wertleistung abzielenden Variante wurden nach einem ersten Eingriff, der die Z-Bäume mäßig freistellte (A-Wert 5,5) und vor allem der Entnahme starker, schlechter Bestandesglieder diente, 30 Jahre lang stark freigestellt (A-Wert = 4,5). Danach ging die Freistellungsstärke

allmählich auf mäßig zurück (A-Wert = 5 bzw. 5,5). Das Vorgehen entspricht in etwa dem Pflegemodell für Buche nach SPELLMANN et al. (1999). Die Simulation erstreckte sich für beide Varianten über 70 Jahre bis zum Bestandesalter 114 Jahre. Zu diesem Zeitpunkt erreichen in beiden Varianten die ersten Bäume die Zielstärke.

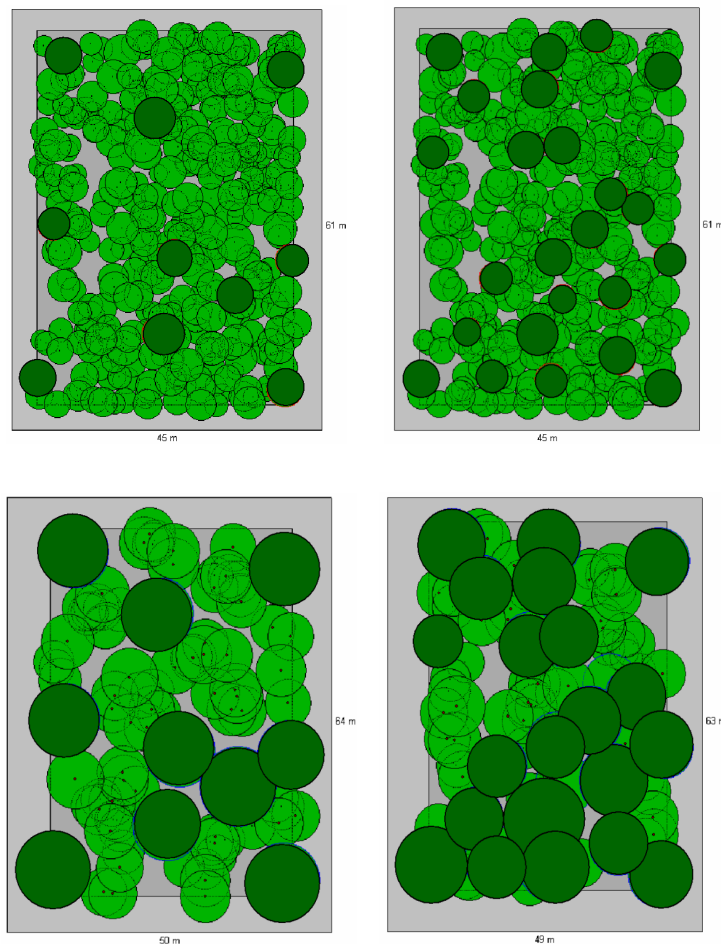


Abbildung 17: Stammverteilungspläne mit Kronenprojektionen, linke Seite: Variante 50 Z-Bäume je ha, rechte Seite: 120 Z-Bäume je ha; oben: Ausgangszustand zu Durchforstungsbeginn (Alter 44 Jahre), unten: nach 70-jähriger Simulation (Alter 114 Jahre)

Die anfallenden Vornutzungen und der Endbestand beider Varianten wurden mithilfe eines in BWINPro 6.2 integrierten Sortiertools nach folgenden Vorgaben sortiert:

Sortiervorgaben Stammholz:

Aushaltung verkaufsfähiger Sortimente bis zum Kronenansatz

Länge des Erdstammstücks: 7,5 m

Mindestzopf Stammholz: 21 cm m. R.

Mindestlänge weiteres Stammholzstück: 5 m + Zugabe

Längenübermaß Stammholz: 1 %

Wertholz: mindestens L 4

Sortiervorgaben Industrieholz:

Länge 3 m

Mindestzopf: 8 cm m. R.

Auf der Grundlage der durchschnittlichen Güteklassenanteile des Buchen-Stammholzeinschlages der Niedersächsischen Landesforsten (Zeitraum 1995 – 2004, s. Kap. 5.2) wurden die Holzmengen über die Stärkeklassen den Güteklassen zugeordnet und mit den durchschnittlichen, im Jahre 2006 erzielten Holzerlösen für die einzelnen Güte- und Stärkeklassen bewertet. Bei den mitgeteilten Erlösen handelt es sich somit um Bruttoerlöse ohne den Abzug von Holzerntekosten.

Die Varianten unterscheiden sich in ihrer Wirkung auf die Bestandesstruktur (s. Abb. 17 unten), die Massenleistung, die Höhe der Vornutzungen, den Vorrat der Z-Bäume und die Sortimentsstruktur (s. Tab. 6).

Tabelle 6: Auswirkungen einer extremen Auslesedurchforstung (Variante „Einzelbaum“) und einer starken Hochdurchforstung (Variante „Flächenproduktivität“) auf den Massenertrag und den Gesamterlös

Ertragskundliche Daten im Alter 114 Jahre	Variante „Einzelbaum“ (50 Z-Bäume/ha)	Variante „Flächenproduktivität“ (120 Z-Bäume/ha)
Gesamtwuchsleistung [m ³ /ha]	1.138	1.207
davon Restderbholz [m ³ /ha]	170	208
Vornutzungen [m ³ /ha]	283	356
Vorrat verbleib. Bestand [m ³ /ha]	685	643
Vorrat Z-Bäume [m ³ /ha]	185	350
Gesamterlös [€/ha]	37.800	39.600

In der Gesamtwuchsleistung, im Vorrat der Z-Bäume und im Gesamterlös gibt es einen Vorteil der Variante „Flächenproduktivität“, der jedoch bis zum Alter 114 Jahre mit 6 % bzw. 5 % nicht hoch ausfällt. Diese Variante hat im Alter 114 einen

leicht geringeren Bestandesvorrat, erbringt jedoch ca. 25 % höhere Vornutzungen, die auch höhere Stammholzanteile enthalten (s. Abb. 18).

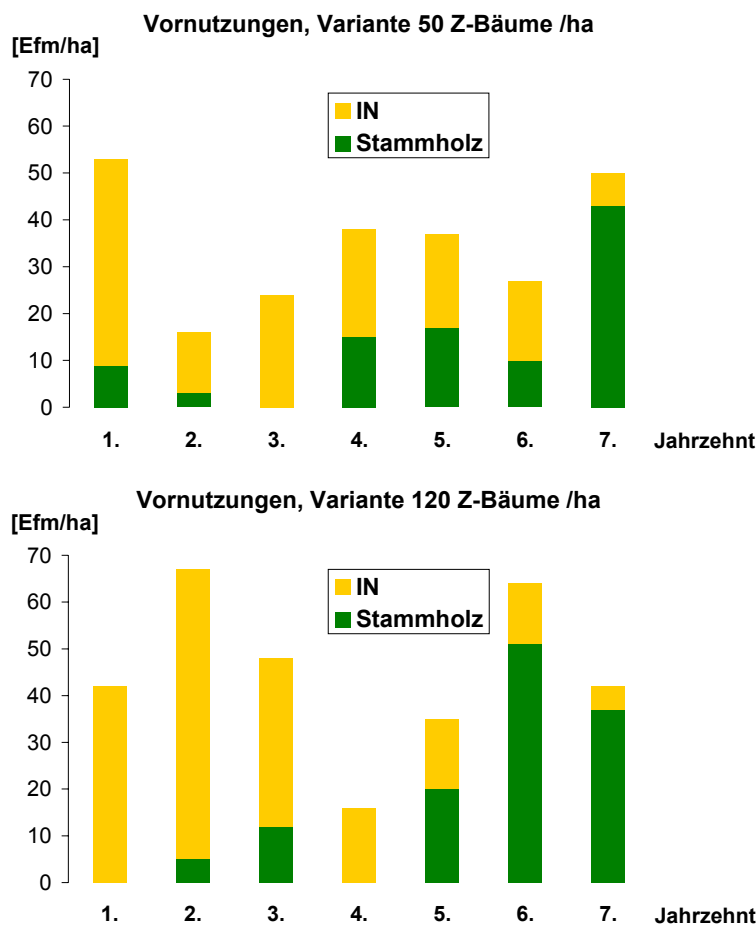


Abbildung 18: Auswirkungen einer extremen Auslesedurchforstung (Variante „Einzelbaum“, oben) und einer starken Hochdurchforstung (Variante „Flächenproduktivität“, unten) auf die Sortenstruktur und die zeitliche Verteilung der Vornutzungen

Deutlichere Vorteile der Variante „Flächenproduktivität“ sind mit dem Einsetzen der Zielstärkennutzung zu erwarten. Wie Abbildung 19 zeigt, ist die Stärkeklassenverteilung der wenigen Z-Bäume der „Einzelbaum“-Variante sehr eng. Fast der gesamte Z-Baumvorrat befindet sich in den Stärkeklassen L4 und L5. Damit wachsen diese Bäume aufgrund ihrer geringen Durchmesserdiversifizierung relativ zeitgleich in die Zielstärke und werden genutzt. Dagegen weist der größere Z-Baumvorrat der Variante „Flächenproduktivität“ eine deutlich größere Durchmesserdiversifizierung auf. Im Zuge der Zielstärkennutzung werden bei dieser

Variante mehr Bäume die Zielstärke erreichen, was angesichts des Bestandesalters noch ohne stark erhöhte Entwertungsfahr möglich sein sollte.

Nicht berücksichtigt ist in diesen Modellkalkulationen das Ertragsrisiko, dass sich aus dem Ausfall bzw. dem qualitativen Umsetzen einzelner Z-Bäume ergeben kann. Dieses Risiko würde sich in der Variante mit 50 Z-Bäumen je ha deutlich stärker negativ bemerkbar machen. Auch zugunsten dieser Variante wurde bei der Sortierung des Holzes die gleichen Güteklassenanteile wie bei der Variante „Flächenproduktivität“ unterstellt, obwohl zu erwarten ist, dass sich in den ungepflügten Zwischenfeldern die Protzen durchsetzen und die sehr stark freigestellten Z-Bäume oberhalb des Kronenansatzes sehr schlechte, grobastige Stammholzabschnitte und einen höheren Industrieholzanteil aufweisen werden.

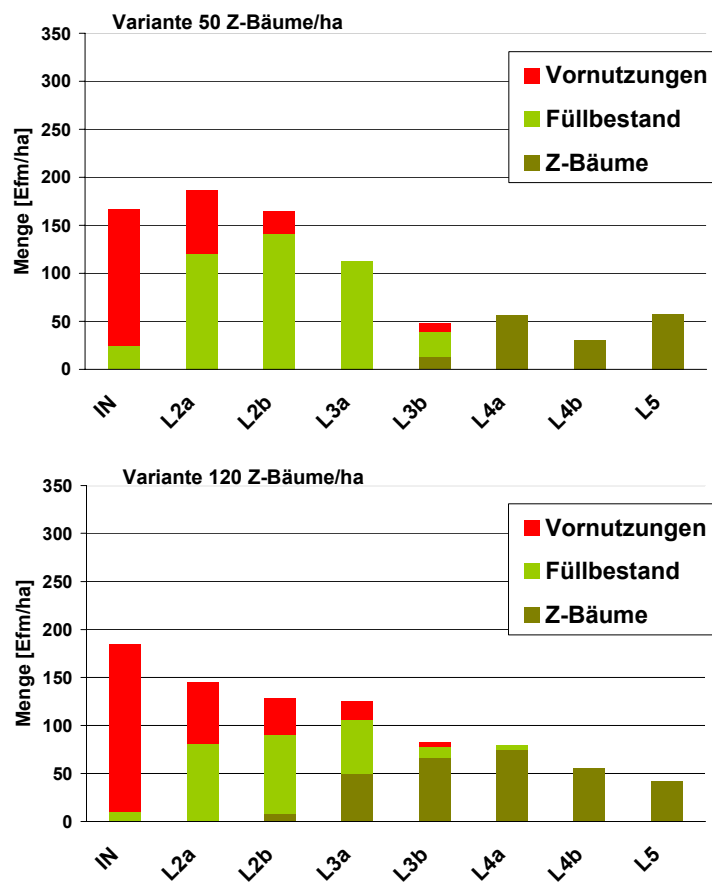


Abbildung 19: Auswirkungen einer extremen Auslesedurchforstung („Einzelbaumvariante“, oben) und einer starken Hochdurchforstung (Variante „Flächenproduktivität“, unten) auf die Sortenstruktur

6 Diskussion

Die Untersuchung von Wachstum, Behandlung und Ertrag der Rotbuche im Reinbestand zählt seit den Anfängen des forstlichen Versuchswesens zu den Kernaufgaben der ertragskundlichen Forschung. Während die abgesicherten Untersuchungsergebnisse Bestand haben, unterliegen ihre Bewertungen immer auch den Einflüssen, die sich aus dem Wandel der forstlichen Grundanschauungen, der wirtschaftlichen Zielsetzungen und der Ansprüche der Gesellschaft an den Wald ergeben. Vor dem Hintergrund der Verknappung fossiler Rohstoffe, steigender Holznachfrage und zunehmender Konkurrenz zwischen stofflicher und energetischer Nutzung einerseits (SPELLMANN et al. 2008) und der „Entdeckung“ des Buchenwaldes als europäisches Naturerbe durch den Naturschutz (BFN 2008) wird der Bewirtschaftung der Buchenwälder derzeit ein besonderes Augenmerk geschenkt.

Wie bei kaum einer anderen Baumart in Deutschland stehen bei der Buche die ökologischen Ansprüche und Eigenschaften im Einklang mit den Anbauschwerpunkten und den Behandlungskonzepten. Angesichts der großen Standortsamplitude ist die überwiegende Mehrzahl der Buchenwälder standortsgemäß und stabil (OTTO 1994, ELLENBERG 1996, HEINKEN 1996, LEUSCHNER 1998), aber nicht immer ertragreich (MÖHRING 2004). Die Ökologie der Buche war in den achtziger und neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts die Grundlage für die Entwicklung der Grundsätze eines naturnahen Waldbaus (z. B. OTTO 1991). Mit dem Klimawandel sind jedoch gravierende Veränderungen zu erwarten, die eine Neubewertung der standörtlichen Zuordnung der Buchenwälder und eine Anpassung ihrer Bewirtschaftung notwendig machen werden (V LÜPKE 2004, RENNENBERG et al. 2004, BOLTE 2005, BRÉDA et al. 2006, SPELLMANN et al. 2007, BOLTE u. IBISCH 2007, KÖLLING u. ZIMMERMANN 2007, MANTHEY et al. 2007). Ungeachtet dessen wird man auch in Zukunft darauf angewiesen sein, die hier aufgezeigten ökologischen Eigenschaften der Buche im Sinne einer biologischen Rationalisierung zu nutzen.

Für die Analyse von Wachstumstrends bilden echte Zeitreihen aus langfristig beobachteten Versuchsflächen die wichtigste Auswertungsgrundlage. Mit Dauerversuchsflächen lassen sich am besten Waldentwicklungen verfolgen und kurzfristige Effekte von langfristigen Trends trennen. Die für die jüngeren Buchen-Durchforstungsversuche festgestellte bessere Höhenwuchsleistung ist im Zusammenhang mit den erhöhten Stickstoffeinträgen seit Anfang der sechziger Jahre zu sehen (vgl. SPIECKER et al. 1996, GAUGER et al. 2002). Für die Forsteinrichtung ist die Aussage wichtig, dass die jungen Versuche in Nordwestdeutschland im Wachstumsgang aber auch dem extrapolierten Bonitätsfächer der Schober'schen Ertragstafeln weitgehend entsprechen.

Anders verhält es sich bei den Grundflächenentwicklungen. Die Schober'schen Ertragstafeln geben für die älteren Versuchsbestände über 60 Jahre in der Jugend deutlich zu hohe und im Alter zu geringe Grundflächenhaltungen vor, die

nicht den Entwicklungen der heute noch in Beobachtung befindlichen Buchen-Durchforstungsversuchsflächen entsprechen. Diese Abweichungen lassen sich u. U. dadurch erklären, dass SCHÖBER (1972) auf ein wesentlich größeres und räumlich breiter gestreutes Buchen-Versuchsflächennetz zurückgreifen konnte, als es für diese Auswertungen noch zur Verfügung stand. ASSMANN (1976) forderte allerdings schon früher höhere Grundflächenhaltungen für ältere Buchenbestände, während die DDR-Buchen-ertragstafel (DITTMAR et al. 1986) sich weitgehend an die Schöber'sche Ertragstafel für mäßige Durchforstung anlehnt.

Gänzlich unterschätzt werden die Grundflächenhaltepotenziale in den jüngeren Versuchen unter 60 Jahren (vgl. KLÄDKE 1997, UTSCHIG 2000, v. TEUFFEL 2002). Demgegenüber entsprechen die am natürlichen Bestockungsgrad (DÖBBELER 2004) orientierten Grundflächenhaltungen für eine summarische Nutzungsplanung von SPELLMANN et al. (1999) weitgehend der Grundflächenentwicklung auf den jüngeren Versuchsflächen. Sie heben in höheren Altern die Bestandesgrundflächen wieder an, um das Zuwachspotenzial der Buche voll auszuschöpfen. Diese gestaffelte Hochdurchforstung entspricht in etwa dem Durchforstungsmodell von ALTHERR (1971), während der Lichtwuchsbetrieb von FREIST (1962) zwar in der Jugend mit höheren Grundflächen als die Schöber'schen Ertragstafeln für mäßige und starke Durchforstung arbeitet, sich aber ab dem Alter 60 Jahre in Erwartung keiner größeren Minderleistungen der Schöber'schen Ertragstafel für starke Durchforstung weitgehend annähert.

Die in den letzten Jahrzehnten verbesserten Wachstumsbedingungen für Buchenbestände spiegeln sich auch in dem Durchmesserwachstums der jüngeren Buchen-Durchforstungsversuche wider. Die Durchmesserentwicklung verläuft schneller als in den älteren Versuchen. Wie an den Versuchen Herborn 1333 und Münden 2028 verdeutlicht, müssen zur wirksamen positiven Beeinflussung des Durchmesserzuwachses die ersten Durchforstungen früh einsetzen und zunächst stark geführt werden. Der dabei festzustellende, aber nur eine begrenzte Zeit wirkende Wuchsbeschleunigungseffekt kann dazu genutzt werden, den Zuwachs auf die bestveranlagten Bäume zu konzentrieren. Für die Praxis bedeutet dies, dass die Erstdurchforstung nach dem Erreichen einer astfreien Schaftlänge von einem Viertel der erwarteten Endhöhe, je nach Ertragsklasse sind das ca. 6-10 m, erfolgen sollte. Bei Beständen I. Ertragsklasse entspricht dies einer Oberhöhe von ca. 16 m und einem Alter von 40 bis 45 Jahren. Forderungen nach einer längeren astfreien Schaftlänge (z. B. FLEDER 1987) stehen der beschleunigten Durchmesserentwicklung der Z-Bäume entgegen. Dies kann durch den lang anhaltenden Durchmesserzuwachs der Buche, speziell den Lichtungszuwachs im höheren Alter, zwar teilweise kompensiert werden (ASSMANN 1965), führt aber zur Verlängerung der Produktionszeit und erhöht damit gleichzeitig das Entwertungsrisiko (SEELING 1998, KNOKE u. SCHULZ WENDEROTH 2001, KNOKE 2003, KOHNLE 2003).

Die starke Hochdurchforstung fördert auf Dauer die Durchmesserdifferenzierung in mehr oder weniger gleich alten Buchenbeständen, indem sie einen

lebensfähigen Unterstand erhält und das Durchmesserwachstum der am besten veranlagten Bäume steigert (ALBERT 1999, MEYER 2000, SPELLMANN et al. 2004). Demgegenüber führt der alleinige Selbstdifferenzierungsprozesses bei der Buche zu einer Homogenisierung der Durchmesserverteilungen und langfristig zu Hallenbeständen mit einer relativ geringen Artenvielfalt (WEINREBE 2004, ZERBE u. SCHMIDT 2006). Aus waldbaulicher Sicht kommt der Erhaltung eines vitalen Unterstandes eine besondere Bedeutung zu, weil er in Altbeständen die Steuerung der Naturverjüngung ermöglicht, die Schäfte der Altbuchen vor Sonnenbrand schützt und die Ausbildung einer starken Bodenvegetation mit hoher Verdunstung verhindert, wodurch die Wasserbilanz verbessert wird.

Als vorrangiges wirtschaftliches Ziel der Buchenwirtschaft muss die positive Beeinflussung der flächenbezogenen Wertleistung herausgestellt werden. Gerade weil die waldbaulichen Möglichkeiten der Qualitätsverbesserung aufgrund der genetischen Eigenschaften (KLEINSCHMIT u. SVOLBA 1996, HOSIUS et al. 2003), der Selbstdifferenzierung und des ungleichmäßigen Auflaufens der Naturverjüngung begrenzt sind, ist es umso wichtiger, die Möglichkeiten der Bestandespflege voll auszuschöpfen. In der Dickungsphase soll der Dichtschluss zur Förderung der Astreinigung und Streckung der Schäfte möglichst wenig unterbrochen werden (v. LÜPKE 1986). Je nach Gesamtqualität sind in der Stangenholzphase Läuterungen unterschiedlicher Intensität und Wiederkehr erforderlich, die sich aber in jedem Fall auf die Entnahme schlechter Vorwüchse (Protzen) konzentrieren und ansonsten den Dichtschluss erhalten sollen (u. a. RÖHRIG 1968, v. LÜPKE 1986). Das entscheidende waldbauliche Mittel zur Qualitätsverbesserung der Bestände sind die Durchforstungen. Angesichts der starken Gütedifferenzierung der Buche wird hierfür im Sinne der Empfehlungen von SCHOBER (1987, 1988a, b) die „frühe Auswahl, Markierung und Förderung einer größeren Anzahl von Auslesebaum-Anwärtern, als sie der geschätzten Endbaumzahl entspricht“ vorgeschlagen. SCHOBER gibt als groben Anhalt für die im Zuge der Erstdurchforstung auszuwählenden Z-Bäume im Laubholz etwa die doppelte Anzahl der zu erwartenden Endbaumzahl an, die nach den örtlichen Verhältnissen zu modifizieren ist. Dies entspräche nach den hier bestätigten Beziehungen zwischen BHD, maximaler Kronenschirmfläche und Stammzahlentwicklung von GUERICKE (2002) einer anfänglich auszuwählenden Z-Baumzahl in Buchenbeständen von 140-160 Stück je ha. Diese Zahlen liegen im oberen Bereich des Z-Baum-Rahmens für die Niedersächsischen Landesforsten (NDS. LANDESFORSTVERWALTUNG 2000), aber erheblich über den Angaben extrem einzelbaumorientierter Behandlungsprogramme anderer Bundesländer (LANDESFORSTEN RHEINLAND-PFALZ 2001, 2003, MLU BRANDENBURG 2004, SAARFORST 2004, AG „BUCHE“ LANDESBETRIEB WALD UND HOLZ NRW 2006). Die anfänglich höheren Z-Baumzahlen geben aber die Möglichkeit zu einer stufenweisen Auslese und berücksichtigen damit die Gefahren eines Umsetzens bzw. des Verlustes von Z-Bäumen. Gegenüber einer freien Auslesedurchforstung (SCHÄDELIN 1942) werden die Vorteile einer Markierung der Z-Bäume in einer dadurch konsequenteren Pflege und Frei-

stellung dieser Hauptwertträger und in ihrem besseren Schutz vor Fällungs- und Rückeschäden gesehen (vgl. BORT et al. 1993). Die bisher in der Forstpraxis oft fehlende konsequente Markierung der Z-Bäume in Buchenbeständen mag auch ein Grund dafür sein, dass der Anteil des Stammholzes besserer Güte bisher so gering ist (vgl. Abb. 9).

Ausgehend von der Beobachtung der ungleichmäßigen Verteilung guter Bäume entwickelten KATÓ u. MÜLDER (KATÓ 1973, KATÓ u. MÜLDER 1979, 1983, 1988, 1992) ihr Konzept der qualitativen Gruppendurchforstung mit dem Ziel der Ertragsverbesserung von Buchenbeständen mit einem knappen und unregelmäßig verteilten Vorrat guter Stämme. SPELLMANN u. NAGEL (1996) empfehlen in qualitativ unbefriedigenden Buchenbeständen ebenfalls die Förderung einzelner Gruppen guter Bäume im Rahmen einer starken Hochdurchforstung, allerdings mit der Einschränkung, dass dieses Prinzip genauso wenig schematisch gehandhabt werden darf, wie das Streben nach möglichst regelmäßigen Standräumen der Z-Bäume.

In der späteren Nutzungsphase gilt es, die Zielstärkennutzung so zu führen, dass größere Verluste durch Rot- oder Spritzkern vermieden werden. Auf die einschlägigen Arbeiten von MOOG (1990), MOOG u. KARBERG (1992) sowie KNOKE (2003) sei ebenso verwiesen wie insbesondere auf die umfangreichen Auswertungen von SCHMIDT et al. in diesem Band der Schriftenreihe.

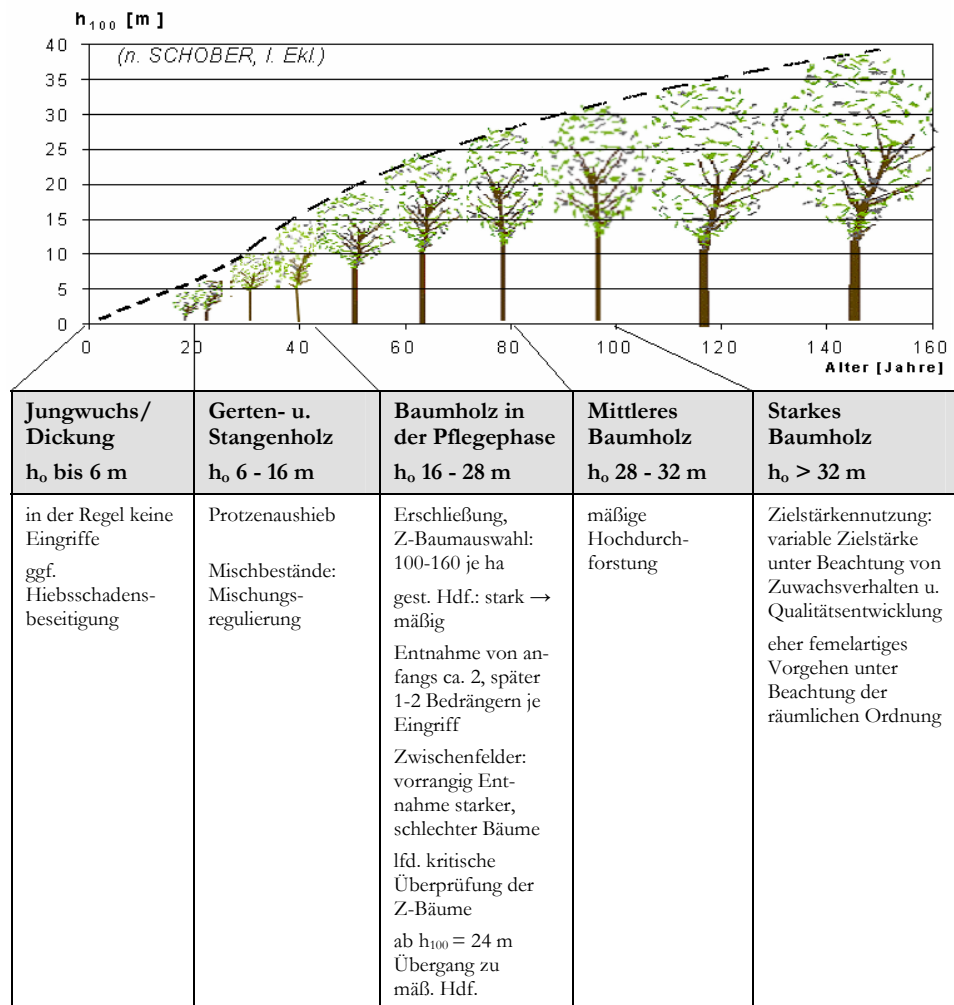
Die auf den jüngeren Versuchsflächen festgestellten hohen Massenzuwächse der Buche decken sich mit ähnlichen Befunden auf süddeutschen Versuchsflächen (UTSCHIG 2000, KENK 2002, NICKEL et al. 2007). Der anfängliche Wuchsbeschleunigungseffekt nach sehr starken bzw. starken Eingriffen klingt nach der dritten Durchforstung deutlich ab und die zuwachsoptimale Grundflächenhaltung nähert sich anschließend der mäßigen Durchforstung. PRETZSCH (2006) führt den Wuchsbeschleunigungseffekt nicht nur auf die unmittelbare Durchforstungswirkung zurück, sondern auch auf die schnelle ontogenetische Entwicklung der Einzelbäume im Zuge der Durchforstung, die eine Vorverlegung des Zeitpunkts ihrer höchsten Zuwachseffizienz bewirkt. Für die praktische Umsetzung empfiehlt sich hiernach eine gestaffelte Hochdurchforstung mit starken Eingriffen in der Jugend und einem Übergang zur mäßigen Hochdurchforstung nach dem dritten starken Eingriff. Dies stimmt auch mit den grundlegenden Untersuchungen von ASSMANN (1956) und SCHÖBER (1972) überein, die die „kritische Grundflächenhaltung“ (Grundfläche bei der noch 95 % des maximal möglichen Zuwachses geleistet wird) bei einem natürlichen Bestockungsgrad von 0,60 bis 0,70 sehen.

Die Modellkalkulationen zur Überprüfung der Handlungsalternativen Einzelbaum- und Flächenproduktivität zeigen, dass die starke Hochdurchforstung mit einer höheren Z-Baumzahl der extremen Auslesedurchforstung mit einer deutlich geringeren Z-Baumzahl nach 70 Jahren Simulation im Massen-, Sorten- und Wertertrag überlegen ist. Es ist davon auszugehen, dass sich dieser Vorsprung mit dem Einsetzen der Zielstärkennutzung weiter vergrößern wird. Bei dem „Q/D“-

Konzept werden die Möglichkeiten, den Durchmesserzuwachs durch sehr starke Freistellungen zu fördern, offensichtlich überschätzt, die naturale und finanzielle Bedeutung der Vornutzungen wird vernachlässigt, die geringen Z-Baum-Zahlen tragen den Risiken in den langen Produktionszeiträumen nicht angemessen Rechnung und die Forstbetriebe werden in ihren Möglichkeiten eingeschränkt, auf veränderte Rahmenbedingungen flexibel zu reagieren

Als Fazit dieses Beitrages lassen sich die vorgestellten Untersuchungsergebnisse zur Skizzierung eines Behandlungskonzepts für Buchenbestände zusammenfassen (s. Tab. 7).

Tabelle 7: Skizze eines Behandlungskonzepts für Buchenbestände



Literatur

- AG „BUCHE“ LANDESBETRIEB WALD UND HOLZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2006): Empfehlungen für eine naturnahe Bewirtschaftung von Buchenrein- und Mischbeständen in Nordrhein-Westfalen. 50 S.
- ALBERT, M. (1999): Analyse der eingriffsbedingten Strukturveränderung und Durchforstungsmodellierung in Mischbeständen. Dissertation Universität Göttingen, Hainholz Verlag, Göttingen, 131 S.
- ALTHERR, E. (1971): Wege zur Buchen-Starkholzproduktion. Bericht zur 15. Hauptversammlung des Baden-Württembergischen Forstvereins, 123-127
- ANONYMUS (1902): Anleitung zur Durchführung von Durchforstungs- und Lichtungsversuchen des Vereins Deutscher Forstlicher Versuchsanstalten.
- AREND, J.-P.; EISENBARTH, E. U. u. PETERCORD, R. (2006): Buchenkomplexkrankheit in Luxemburg und Rheinland-Pfalz – Schadsymptome, Ausmaß und Entwicklung der Schäden. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 59, 11-22
- ASSMANN, E. (1950): Grundflächen- und Volumenzuwachs der Rotbuche bei verschiedenen Durchforstungsgraden. Forstw. Cbl. 69, 257-286
- ASSMANN, E. (1953): Bestockungsdichte und Holzerzeugung. Forstw. Cbl. 72, 69-101
- ASSMANN, E. (1956): Bestockungsgrad und Zuwachs. Forstw. Cbl. 75, 257-265
- ASSMANN, E. (1965): Buchenlichtwuchsbetrieb. Forstw. Cbl. 84, 329-346
- ASSMANN, E. (1976): Behandlung und Produktionsmöglichkeiten der Rotbuche nach dem jetzigen ertragskundlichen Wissensstand. Forstw. Cbl. 95, 245-251
- BACHMANN, P. (1990): Produktionssteigerung im Wald durch vermehrte Berücksichtigung des Wertzuwachses. Ber. D. Eidgenöss. Forsch. Anst. F. Wald, Schnee u. Landschaft 327, 73 S.
- BFN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2008): Bonner Thesen zum „Naturerbe Buchenwälder“. Download unter http://www.bfn.de/6.html?&cHash=8affa1489b&tx_ttnews%5Btt_news%5D=1115
- BMVEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (2004): Die zweite Bundeswaldinventur - BWI2. Das Wichtigste in Kürze. Berlin
- BOLTE, A. (2005): Die klimatische Anpassungsfähigkeit der „Mutter des Waldes“. Zur Zukunft der Buche in Mitteleuropa. AFZ/Der Wald 60, 1077-1078
- BOLTE, A. u. IBISCH, P. L. (2007): Neun Thesen zu Klimawandel, Waldbau und Walddatenschutz. AFZ/Der Wald 62, 572-576
- BORT, U.; MAHLER, G. u. PFEIL, C. (1993): Mechanisierte Holzernte – Wechselwirkungen von Erschließungsdichte, Pfleglichkeit und Betriebserfolg. Forsttechn. Informationen, 121-124
- BRÉDA, N., HUC, R., GRANIER, A. u. DREYER, E. (2006): Temperate forest trees and stands under severe draught: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. Ann. For. Sci. 63, 625-644
- BRYNDUM, H. (1987): Buchendurchforstungsversuche in Dänemark. AFJZ 158, 115-121
- DIETER, M.; ENGLERT, H. u. KLEIN, M. (2001): Abschätzung des Rohholzpotenzials für die energetische Nutzung in der Bundesrepublik Deutschland, Hamburg: Institut für Ökonomie der BFH, Arbeitsbericht 2001/11, 40 S.
- DITTMAR, O.; KNAPP, E. u. LEMBCKE, G. (1986): DDR- Buchenertragstafel 1983. In: IFE-Berichte aus Forschung und Entwicklung 4/1986. Eberswalde
- DÖBBELER, H. (2004): Simulation und Bewertung von Nutzungsstrategien unter heutigen und veränderten Klimabedingungen mit dem Wachstumsmodell SILVA 2.2. Dissertation an der Georg-August-Universität. Göttingen
- DÖBBELER, H.; ALBERT, M.; SCHMIDT, M. u. NAGEL, J. (2003): BWINPro. Programm zur Bestandesanalyse und Prognose. Handbuch zur Version 6.2. Göttingen

- DOUNAVI, K. (2000): Familienstrukturen in Buchenbeständen (*Fagus sylvatica* L.). Dissertation an der Georg-August-Universität. Göttingen
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5. Aufl., Ulmer-Vlg., Stuttgart
- FLEDER, W. (1987): Erziehungsgrundsätze für Buchenbestände. Forst u. Holz 42, 107-111
- FREIST, H. (1962): Untersuchungen über den Lichtwuchszuwachs der Rotbuche und seine Ausnutzung im Forstbetrieb. Forstwiss. Forschungen, Beihefte z. Forstw. Cbl., Heft 17, 78 S.
- GAUGER, TH.; ANSHELM, F.; SCHUSTER, H.; ERISMAN, J.W.; VERMEULEN, A.T.; DRAAIJERS, G.P.J.; BLEECKER, A. u. NAGEL, H.-D. (2002): Mapping of ecosystem specific long-term trends in deposition loads and concentrations of air pollutants in Germany and their comparison with critical Loads and Critical Levels. Teil 1 Deposition Loads 1990-1999. Institut für Navigation der Universität Stuttgart und Umweltbundesamt (Final Report 299 42 210), 207 S.
- GERSTENGARBE, F.-W. (2008): Der Klimawandel – Ursachen und Veränderungen. Gartower Gespräche. Eigenverlag, 12-22
- GUERICKE, M. (2001): Untersuchungen zur Wuchsdynamik von Mischbeständen aus Buche und Europ. Lärche (*Larix decidua*, Mill.) als Grundlage für ein abstandsabhängiges Einzelbaumwachstumsmodell. Dissertation an der Georg-August-Universität. Cuvillier-Vlg., Göttingen
- GUERICKE, M. (2002): Untersuchungen zur Wuchsdynamik der Buche. Forst u. Holz 57, 331-337
- HEIN, S.; LENK, E.; KLÄDKE, J. u. KOHNLE, U. (2007): Z-Baum orientierte Auslesedurchforstung in Buche [*Fagus sylvatica* L.]: Auswirkungen auf Qualität, Sortenstruktur und Wertleistung. AFJZ 178, 8-20
- HEINKEN, T. (1996): Die naturnahe Waldvegetation grundwasserferner Standorte im niedersächsischen Tiefland – ein aktueller Überblick. Forst u. Holz 51, 429-435
- HOLM, M. (1974): Untersuchungen zur einzelstammweisen Nutzung nach Zieldurchmessern. Diss. an der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg
- HOLM, M. (1995): Naturnahe Buchenwirtschaft. AFZ/DerWald 50, 408-410
- HOSIUS, B.; LEINEMANN, L.; BERGMANN, F.; MAURER, W. D. u. TABEL, U. (2003): Genetische Untersuchungen zu Familienstrukturen und zur Zwieselbildung in Buchenbeständen. Forst u. Holz 58, 51-54
- JOHANN, K. (1982): Der „A-Wert“ – ein objektiver Parameter zur Bestimmung der Freistellungsstärke von Zentralbäumen. Berichte von der Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im DVFFA in Weibersbrunn, 146-158
- KAHN, M. u. PRETZSCH, H. (1997): Das Wachstumsmodell SILVA - Parametrisierung der Version 2.1 für Rein- und Mischbestände aus Fichte und Buche. AFJZ 168, 115-123
- KATÓ, F. (1973): Begründung der qualitativen Gruppendurchforstung. Habilitationsschrift an der Georg-August-Universität, Göttingen
- KATÓ, F. u. MÜLDER, D. (1979): Qualitative Gruppendurchforstung der Buche. Grundsätze, Wertentwicklung nach 10 Jahren, praktische Anleitung. AFJZ 150, 105-111
- KATÓ, F. u. MÜLDER, D. (1983): Qualitative Gruppendurchforstung der Buche - Wertentwicklung nach 15 Jahren. AFJZ 154, 139-145
- KATÓ, F. u. MÜLDER, D. (1988): Qualitative Gruppendurchforstung der Buche - Wertentwicklung nach 20 Jahren. AFJZ 159, 4-9
- KATÓ, F. u. MÜLDER, D. (1992): Qualitative Gruppendurchforstung der Buche - Wertentwicklung nach 25 Jahren. AFJZ 163, 197-203
- KENK, G. (2002): Variation der periodischen Zuwächse von Fichten und Buchen. AFZ/Der Wald 57, 300-302
- KLÄDTKE, J. (1997): Seit 25 Jahren nach Altherr: Buchen-Lichtwuchsdurchforstung. AFZ/Der Wald 52, 1019-1023
- KLÄDTKE, J. (2001): Konzepte zur Buchen-Lichtwuchsdurchforstung. AFZ/Der Wald 56, 1047-1050
- KLÄDTKE, J. (2002): Wachstum großkroniger Buchen und waldbauliche Konsequenzen. Forstarchiv 73, 211-217

- KLEINSCHMITT, J. u. SVOJBA, J. (1996): Ergebnisse der Buchenherkunftsversuche von Krahel-Urban. AFZ/Der Wald 51, 779-782
- KNOKE, T. (2003): Eine Bewertung von Nutzungsstrategien für Buchenbestände (*Fagus sylvatica* L.) vor dem Hintergrund des Risikos der Farbkernbildung- eine waldbaulich-forstökonomische Studie. Forstliche Forschungsberichte. München, 200 S.
- KNOKE, T. u. SCHULZ WENDEROTH, S. (2001): Ein Ansatz zur Beschreibung von Wahrscheinlichkeit und Ausmaß der Farbkernbildung bei Buche (*Fagus sylvatica* L.). Forstw. Cbl. 120, 154-172
- KRAMER, H. (1988): Waldwachstumslehre. Vlg. Paul Parey, Hamburg u. Berlin, S. 188
- KÖLLING, C.; WALENTOWSKI, H. u. BORCHERT, H. (2005): Die Buche in Mitteleuropa. Eine Waldbaumart mit grandioser Vergangenheit und sicherer Zukunft. AFZ/Der Wald, 696-701
- KÖLLING, C. u. ZIMMERMANN, L. (2007): Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 67, 259-268
- KOHNLE, U. (2003): Sortierungsrelevante Kernmerkmale bei Buche. AFZ/Der Wald 58, 210-213
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (2001): Richtlinie zur naturnahen Erzeugung von Wertholz bei den Baumarten Buche, Berg-, Feld-, Spitzahorn und Esche. Aktuelle waldbauliche Richtlinien u. Hinweise 9/2001, Az. 10524-5001, Mainz
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (2003): Z-Baum-orientierte Pflegeeingriffe in der Dimensionierungsphase. Aktuelle waldbauliche Richtlinien u. Hinweise 4/2003, Az. 10524-5001, Mainz
- LEONHARDT, B. u. WAGNER, S. (2006): Qualitative Entwicklung von Buchen-Voranbauten unter Fichtenschirm. Forst u. Holz 61, 454-457
- LEUSCHNER, C. (1998): Mechanismen der Konkurrenzüberlegenheit der Rotbuche. Ber. Reinh. Tüxen-Ges., 10, 5-18
- LÜPKE, B. v. (1986): Die Durchforstung, insbesondere Jungdurchforstung, von Buchenreinbeständen. Forst u. Holz 41, 54-61
- LÜPKE, B. v. (2004): Risikominderung durch Mischwälder und naturnaher Waldbau: ein Spannungsfeld. Forstarchiv 75, 43-50
- MANTAU, U.; SÖGEL, C. u. WIMAR, H. (2007): Holzrohstoffbilanz Deutschland, Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2010. Hamburg
- MANTHEY, M.; LEUSCHNER, C. u. HÄRDTE, W. (2007): Buchenwälder und Klimawandel. Natur und Landschaft 82, 441-445
- MEYER, P. (2000): Strukturelle Diversität und waldbauliche Eingriffe. Entwicklung der Durchmesserdiversität von Buchen- und Fichtenbeständen in Abhängigkeit von der Eingriffsstärke. Tagungsband der Jahrestagung 2000 der Sektion Waldbau im DVFFA in Sachsen-Anhalt, 3-48
- MITSCHERLICH, G. (1953/54) : Einzelstamm- oder Bestandeswirtschaft ? AFJZ 125, 179 -185
- MLU (MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES) BRANDENBURG (HRSG.) (2004): Waldbau-Richtlinie 2004 „Grüner Ordner“ der Landesforstverwaltung Brandenburg. Potsdam
- MÖHRING, B. (2004): Betriebswirtschaftliche Analyse des Waldumbaus. Forst u. Holz 59, 523-530
- MOOG, M. (1990): Überlegungen zur optimalen Zielstärke der Buche. AFZ 45, 1168-1160
- MOOG, M. u. KARBERG, B. (1992): Ökonomische Gesichtspunkte zur Zielstärke von Kiefern und Buchen. AFZ 47, 85-90
- NABUURS, G. J.; DE GOEDE, D. M.; MICHIE, B.; SCHELHAAS, M. J. u. WESSELING, J.G. (2002): Long-term international impacts of nature-oriented forest management on European forests - an assessment with the EFISCEN model. Journal of World Forest Resource Management, Bd.9, 101-129
- NAGEL, J. (1999): Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstumskundlichen Simulationssystems für Nordwestdeutschland. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, Band 128

- NAGEL, J.; ALBERT, M. u. SCHMIDT, M. (2002): Das waldbauliche Prognose und Entscheidungsmodell BWINPro 6.1. Forst u. Holz 57, 486-493.
- NDS. LANDESFORSTVERWALTUNG (2000): Z-Baumzahlen im Landeswald. RdErl. des ML, VORIS 79100000060061
- NICKEL, M.; KLEMMT, H.-J. u. H. PRETZSCH (2007): Unter optimalen Wuchsbedingungen in Bayern: Durchforstungsreaktionen der Buche. AFZ/Der Wald 62, 676-679
- NIESAR, M. (2007): Symptom- und Ursachenanalyse der aktuellen Buchenerkrankungen in höheren Lagen von Nordrhein-Westfalen. Diss. Universität Göttingen, 115 S.
- OTTO, H.-J. (1991): Langfristige ökologische Waldentwicklung in den Landesforsten. Programm der Landesregierung Niedersachsen v. 23.07.1991. Sonderdruck
- OTTO, H.-J. (1994): Waldökologie. Ulmer-Vlg., Stuttgart
- PETERCORD, R.; DELB, H. u. SCHRÖTER, H. (2007): Vermeintliche Dürreschäden an Buche entpuppen sich als Käferbefall: Schwere Schäden durch den Buchen-Prachtkäfer in Baden-Württemberg. AFZ/Der Wald 62, 686-690
- PRETZSCH, H. (2004): Gesetzmäßigkeiten zwischen Bestandesdichte und Zuwachs. Lösungsansatz am Beispiel von Reinbeständen aus Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) und Buche (*Fagus sylvatica* L.). AFJZ 175, 225-234
- PRETZSCH, H. (2006): Von der Standflächeneffizienz der Bäume zur Dichte-Zuwachs-Beziehung des Bestandes. Beitrag zur Integration von Baum- und Bestandesebene. AFJZ 177, 188-199
- PRODAN, M. (1965): Holzmesslehre. J D. Sauerländer's Vlg., Frankfurt a. M.
- RENNENBERG, H.; SEILER W.; MATYSSEK R.; GESSLER A. u. KREUZWIESER, J. (2004): Die Buche (*Fagus sylvatica* L.) – ein Waldbaum ohne Zukunft im südlichen Mitteleuropa? AFJZ 175, 210-224
- RÖHE, P. (2003): Naturnahe Buchenwirtschaft im Landeswald Mecklenburg-Vorpommern. Forst u. Holz 58, 440-445
- RÖHRIG, E. (1968): Probleme der Jungbestandspflege im Laubholz. Forst u. Holz 23, 409-412
- SAARFORST LANDESBETRIEB (2004): Richtlinie für die Bewirtschaftung des Staatswaldes im Saarland (WaldbauRL Saarland). Saarbrücken
- SCHÄDELIN, W. (1942): Die Auslesedurchforstung als Erziehungsbetrieb höchster Wertleistung. 3. Aufl.. Bern
- SCHOBER, R. (1967): Ertragstafeln für Rotbuche, mäßige und starke Durchforstung. In: Ertragstafeln wichtiger Baumarten, 3., neu bearbeitete u. erw. Auflage. Sauerländer's Vlg.. Frankfurt a. M.
- SCHOBER, R. (1972): Die Rotbuche. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, Band 43/44
- SCHOBER, R., (1987): Durchforstung nach Zahlen? AFJZ 158, 174-183
- SCHOBER, R., (1988a): Von der Niederdurchforstung zu Auslesedurchforstungen im Herrschenden. AFJZ 159, 208-213
- SCHOBER, R. (1988b): Von Zukunfts- und Elitebäumen. AFJZ 159, 239-2249
- SCHWAPPACH, A. (1911): Die Rotbuche. Neudamm Vlg.
- SEELING, U. (1998): Kerntypen im Holz – Konsequenzen für die Verwertung am Beispiel der Buche (*Fagus sylvatica* L.). Schweiz. Z. Forstwes. 149, 991-1004
- SHANNON, C. E. u. WEAVER, W. (1949): The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana
- SPEKAT, A.; ENKE, W. u. KREIENKAMP, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarien auf der Basis mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2; FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 204 41 138, Publikationen des Umweltbundesamtes
- SPELLMANN, H. (1995): Vom strukturalarmen zum strukturreichen Wald. Forst u. Holz 50, 35-44

- SPELLMANN, H. (1999): Überführung als betriebliche Aufgabe. Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Heft 8, 194-217
- SPELLMANN, H. (2005): Produziert der Waldbau am Markt vorbei? AFZ/Der Wald 63, 454-459
- SPELLMANN, H. (2006): Bestandespflege – Mittel zum Zweck – Entscheidungshilfen auf der Grundlage waldwachstumskundlicher Forschungsergebnisse. Deutscher Forstverein e. V., 62. Jahrestagung in Weimar, 126-136
- SPELLMANN, H. u. NAGEL, J., (1996): Zur Durchforstung von Fichte und Buche. AFJZ 167, 6-15
- SPELLMANN, H.; NAGEL, J. u. BÖCKMANN, T., (1999): Summarische Nutzungsplanung auf der Basis von Betriebsinventuren. AFJZ 170, 122-128
- SPELLMANN, H.; MEYER, P. u. ALBERT, M. (2004): Strukturbildung durch gezielte Pflegestrategien im Vergleich zur natürlichen Strukturentwicklung in Naturwäldern. In: Forschungszentrum Wald-ökosysteme (Hrsg.): Indikatoren und Strategien für eine nachhaltige, multifunktionelle Walddutzung - Fallstudie Waldlandschaft Solling. Abschlussbericht 1999-2003 zum BMBF-Verbundforschungsvorhaben. Teil 2: Ausführliche Teilvorhabenberichte, B 71/2004, 339-374
- SPELLMANN, H.; SUTMÖLLER, J. u. MEESENBURG, H. (2007): Risikovorsorge im Zeichen des Klimawandels. AFZ/Der Wald 52, 1246-1249
- SPELLMANN, H.; MANTAU, U. u. POLLEY, H. (2008): Nachhaltige Rohholzversorgung aus deutschen Wäldern. Positionspapier der Plattform Forst & Holz von DFWR und DHWR vom 05.06.2008. <http://www.dfwr.de/download/>, 10 S.
- SPIECKER, H.; MIELIKÄINEN, K.; KÖHL, M. u. SKOVGAARD, J. (1996): Growth Trends in European Forests: Studies from 12 Countries. Springer-Vlg. Berlin Heidelberg, 372 S.
- STERBA, H. (1975): Assmanns Theorie der Grundflächenhaltung und die „Competition-Density-Rule“ der Japaner Kira, Ando und Tadaki. Cbl. f. d. ges. Forstwesen 92, 46-62
- STERBA, H. (1981): Natürlicher Bestockungsgrad und Reinekes SDI. Cbl. F. d. ges. Forstwesen 98, 101-116
- STERBA, H. (1987): Estimating Potential Density from Thinning Experiment and Inventory Data. Forest Science 33, 1022-1034
- TEUFFEL, K. V. (2002): Aspekte zur Behandlung der Buche. AFZ/Der Wald 57, 851-853
- UTSCHIG, H. (2000): Wachstum vorherrschender Buchen in Abhängigkeit von Standort und Behandlung. Forst u. Holz 55, 44-50
- WAGNER, S. (1999): Ökologische Untersuchungen zur Initialphase der Naturverjüngung in Eschen-Buchen-Mischbeständen. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Uni Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt Göttingen, Sauerländer's Vlg., Frankfurt a. M.
- WEINREBE, H. (2004): Entwurf und Erprobung eines transektbasierten Methodensets zur Waldstrukturkartierung. Ergebnisse aus den Naturwäldern und Spechtkartierungsgebieten Limker Strang und Winterlieth im Solling. Diplomarbeit an der Universität Karlsruhe. 142 S.
- WIEDEMANN, E. (1932): Die Rotbuche 1931. Mitt. a. Forstwirt. u. Forstwiss. 3, 96-201
- WILHELM, G. F.; LETTER, H. A. u. EDER, W. (1999a): Zielsetzungen und waldbauliche Prinzipien. Konzeption einer naturnahen Erzeugung von starkem Wertholz. AFZ/Der Wald 54, 232-233
- WILHELM, G. F.; LETTER, H. A. u. EDER, W. (1999b): Die Phase der Qualifizierung. AFZ/Der Wald 54, 234-236
- WILHELM, G. F.; LETTER, H. A. u. EDER, W. (1999c): Die Phase der Dimensionierung. AFZ/Der Wald 54, 236-238
- WILHELM, G. F.; LETTER, H. A. u. EDER, W. (1999d): Die Phase der Reife. AFZ/Der Wald 54, 239-240
- WILLMANN, U.; MAHLER, G. u. WURSTER, M. (2001): Güteansprache am stehenden Stamm im Rahmen der Bundeswaldinventur II. AFZ/Der Wald 56, 1024-1026
- WÜHLISCH, G. VON (2005): Herkunft und wirtschaftlicher Ertrag bei Rotbuche. AFZ / Der Wald 60 1074-1076

ZERBE, S. u. SCHMIDT, I. (2006): Auswirkungen des Waldumbaus auf die biologische Vielfalt. In: Abschlussbericht 2003-2006 zum BMBF-Forschungsvorhaben „Biologische Vielfalt und deren Bewertung am Beispiel des ökologischen Waldumbaus in den Regionen Solling und Lüneburger Heide.“ Göttingen, S. 41-60

Korrespondierender Autor:

Ralf-Volker Nagel

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Grätzelstr. 2

37079 Göttingen

E-Mail: Ralf.Nagel@nw-fva.de

URL: www.nw-fva.de

Prof. Dr. Hermann Spellmann

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt