

Sonderdruck

aus „FORST und HOLZ“
55. Jahrgang, Heft Nr. 2/2000, Seiten 44–50

Verlag M. & H. Schaper, Borsigstraße 5, 31061 Alfeld (Leine)
Druck: Dobler-Druck GmbH & Co. KG, Alfeld (Leine)

Wachstum vorherrschender Buchen in Abhängigkeit von Standort und Behandlung

Von Heinz Utschig

Wachstum vorherrschender Buchen in Abhängigkeit von Standort und Behandlung

Growth Reactions of Dominant Beech Trees in Relation to Site Condition and Thinning Regime

Von Heinz Utschig

Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, TU München

1 Einleitung

Die Bestandesbehandlung der Buche ist in Diskussion, auf verschiedenen Ebenen hat ein angeregter Austausch von Ideen und Fakten über einen angemessenen Behandlungsrahmen für Buchenbestände begonnen. Ein Laubholz-Kolloquium in Göttingen (BARGE 1999), Diskussionen im Rahmen der Tagungen der Sektion Waldbau und der Sektion Ertragskunde (UTSCHIG 1999) und Diskussionsbeiträge in Fachzeitschriften (RICHTER 1999) zeigen, dass ein großes Interesse an der Optimierung der Bestandesbehandlung der Buche besteht. Inspiriert durch die Erfahrungen aus Frankreich, wo die Erziehung von Buchenstarkholz aus Mittelwaldbeständen eine lange Tradition hat, wurden und werden derzeit die Behandlungskonzepte einiger Landesforstverwaltungen für die Buche neu überdacht. Zu den Behandlungsvorschlägen von v. SEEBACH (1845), WIEDEMANN (1931, 1943), ASSMANN (1961, 1965), FREIST (1962), ALTHERR (1971), SCHOBER (1971) und FLEDER (1987) sind neue Varianten mit noch stärkerer Fokussierung auf die Dimension des Einzelbaumes dazugekommen. Dabei ist zu trennen zwischen den Autoren, die die Dimensionierung des Einzelbaumes durch eine einzelbaumbezogene Umtriebszeit im Sinne einer Zielstärkennutzung betreiben (REININGER 1992) und den Autoren, die in möglichst kurzer Zeit sehr starke Zieldurchmesser erreichen wollen (WILHELM, LETTER und EDER 1999, EBERT 1999, v. TEUFFEL 1999).

Letztlich motiviert sind diese Überlegungen durch den sehr guten Preis, der derzeit für das relativ neue Sortiment „Messerbuche“ erzielt wird. Qualitätskriterien für dieses Sortiment sind ein hoher Durchmesser (Mittendurchmesser > 50 cm) und damit verbunden breite und relativ gleichmäßige Jahringbreiten. Wichtig ist, dass das Holz frei von Spannungen ist. Zur Vermeidung von Eintrittspforten für holzentwertende Faktoren (Pilzbefall, Rotkernbildung) wird angestrebt, eine Zone mit starken Totästen zu vermeiden. Ziel ist eine lange grüne Krone, die über das ganze Bestandesleben erhalten bleibt.

Die Erzeugung wertvoller, d. h. dicker Einzelbäume mit BHD-Werten von 90 cm in 90 Jahren ist ein plakatives Ziel. Es stellt sich die Frage, welche Dimensionen sind bei der Buche erreichbar, welcher Zeitraum wird dafür benötigt und welche Wertewartung ist damit verbunden.

2 Aktuelle Wachstumstrends der Buche in Bayern

Die Auswertung der langfristigen Versuchsflächen in Bayern zeigt, dass auf mittleren bis guten Standorten die Buche ein hohes Ertragsniveau erreicht. Die Entwicklung der Grundflächenhaltung auf dem Buchen-Durchforstungsversuch Starnberg 91 verdeutlicht dies. Die A-Grad-Variante überschreitet bereits im Alter von 50 bis 60 Jahren Grundflächenwerte von 40 m²/ha.

Damit werden die Rahmenwerte der Ertragstafel SCHOBER (1967), mäßige Durchforstung, weit übertroffen. Die Kenntnis dieser Eckwerte für eine maximale Grundflächenhaltung auf gutem Standort sind wichtig, damit die Eingriffsstärke in den Beständen richtig eingeschätzt werden kann. Auf Abbildung 1 sind die Dichtespektren einiger gängiger Bestandesbehandlungsprogramme und Ertragstafeln im Vergleich zur Bestandesentwicklung der Versuchsfläche Starnberg 91 (A-Grad und Grundflächenabsenkung um 50 % im Vergleich zum A-Grad) eingetragen. Die Grundflächenhaltung beschreibt in charakteristischer Weise die Eingriffskonzeption der unterschiedlichen Behandlungsprogramme. Auffällig ist, dass alle Programme in einem Dichtebereich zwischen 18 und 30 m² Stammgrundfläche/ha operieren. Das in der Realität auftretende Dichtespektrum ist allerdings wesentlich größer. Das bedeutet in der Praxis, dass auf einem guten Standort eine Grundflächenhaltung im Bereich der Ertragstafel SCHOBER (1967), m. Df., durchaus das Ergebnis einer konsequenten Durchforstung ist. Die Grundfläche ist im Vergleich zu unbehandelten Beständen um 30–40 % abgesenkt, dieser Wert charakterisiert damit bereits eine mittlere bis hohe Eingriffsstärke.

In den Buchenbeständen ist selbst bei starker Durchforstung häufig mehr Masse akkumuliert, als nach Ertragstafelschätzung bei entsprechendem Behandlungsprogramm zu erwarten wäre. Bereits in 70-jährigen Beständen können Bestandesvorräte von 400 bis 600 VfmD/ha erreicht werden. Damit wird deutlich, dass bei der Buche auch der Mengeneffekt bei den Überlegungen zur Bestandeswertleistung nicht vollständig ausgeklammert werden darf.

Ein rasches Jugendwachstum und ein langanhaltender hoher laufender Zuwachs charakterisiert derzeit die Wuchsdynamik geschlossener Buchenbestände. Bei den beispielsweise auf der Versuchsfläche Starnberg 91 gemessenen Zuwachsleistungen wird deutlich, wie stark die Abweichung der Realität von den Erwartungswerten ist. Der laufende Volumenzuwachs liegt im Maximum ca. 70 % über der Ertragstafel SCHOBER (1967), m. Df., I.0 Bonität, Bestockungsgrad

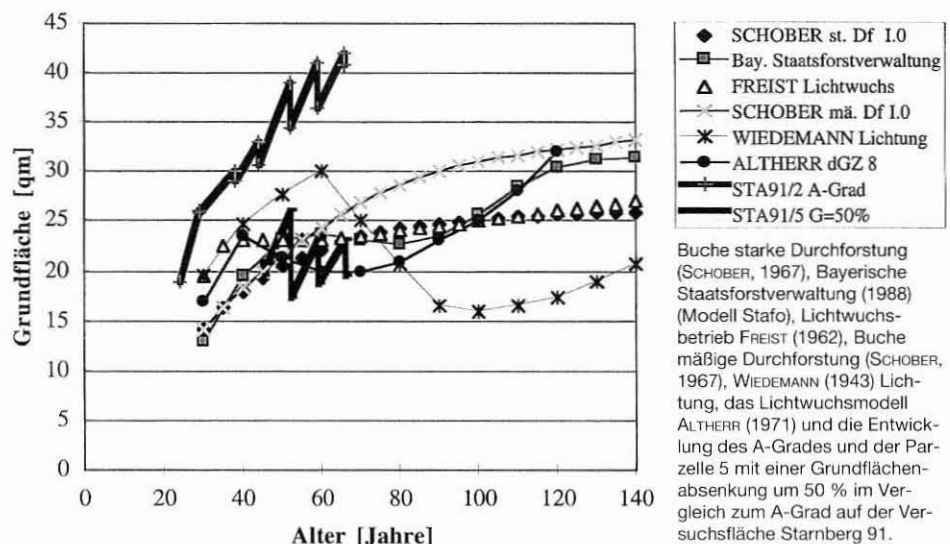


Abb. 1: Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsprogramme der Buche.

1.0. Auf den behandelten Parzellen bleibt zunächst mit stärker werdender Eingriffsstärke der Zuwachs mit 15 bis 20 VfmD/ha und Jahr relativ konstant. Nur die Parzelle mit der stärksten Grundflächenabsenkung auf 50 % des Wertes des A-Grades ist im laufenden Volumenzuwachs deutlich auf 10 VfmD/ha und Jahr zurückgefallen. Die im Jahr 1991 168-jährige Versuchsreihe Fabrikschleichach 015 ist ein typisches Beispiel dafür, dass das zu erwartende Absinken des laufenden Volumenzuwachs mit zunehmendem Alter nicht stattfindet. Er liegt im Alter von 140 bis 160 Jahren immer noch im Bereich von 11 VfmD/ha und Jahr auf einem sehr hohen Niveau (PRETZSCH 1999).

3 Das Datenmaterial

Aus dem Datenfundus des Ertragskundlichen Versuchswesens in Bayern wurden Buchenversuche ausgewählt, bei denen Stammfußkoordinaten, Kronenablotungen und wiederholte Durchmessererhebungen vorliegen (Tab. 1). Neben jungen Beständen sind ebenso mittelalte und alte Bestände und Buchen-Naturwald-Bestände mit einem Alter über 200 Jahren mit Durchmessern über 100 cm BHD erfasst. Das Datenmaterial spiegelt darüber hinaus ein breites Spektrum von Durchforstungsstrategien wider. Die Standorte, auf denen die Versuchsflächen stocken, sind durch eine gute Nährstoff- und Wasserversorgung gekennzeichnet, das obere Leistungsspektrum der Buche in Bayern wird dadurch beschrieben. Insgesamt wurden 5 Versuche mit 31 Parzellen und einer Messfläche von 14,7 ha in die Untersuchungen einbezogen.

Tab. 1: **Versuchsflächen, die in die Untersuchung einbezogen wurden.**

Angegeben ist die Versuchsbezeichnung, Anzahl der Parzellen, die Flächengröße, das Forstamt, die ausgewerteten Aufnahmezeitpunkte und die Art der Bestandesbehandlung (BU = Buche, DF = Durchforstungs-, Verj. = Verjüngung).

Versuch	Parz.	Fläche (ha)	Forstamt	Alter (Jahre)	Aufnahmezeitpunkte	Behandlung
FAB 015	6	2.2	Eltmann	158, 168	1981, 1991	A-, B- und C-Grad
EBR 133	8	8.0	Ebrach	135–172	1984, 1994, 1998	Verj. unter Schirm
GER 627	4	2.0	Gerolzshofen	207–219	1984, 1995	Bu-Naturw.-Best.
EBR 640	8	2.0	Ebrach	55–110	1988, 1996	Bu-DF-Wuchsreihe
STA 91	5	0.5	Starnberg	45–71	72, 80, 86, 94, 98	Bu-DF-Versuch

Die Versuchsfläche Fabrikschleichach 015 im Steigerwald wird seit dem Jahr 1871 beobachtet und zählt zu den ältesten Versuchsanlagen in Europa, die noch existent sind. Untersucht wird hier das Bestandeswachstum der Buche bei Behandlung nach klassischen Niederdurchforstungsgraden im Anhalt an die Klassifizierung nach VdFV (1902). Die Daten aus der Versuchsfläche Ebrach 133 (Steigerwald, Forstamt Ebrach) sind geprägt von z. T. bereits seit mehr als 20 Jahren andauernden Schirmstellungen. Hier können Daten über maximale Jahrringbreiten von Buchenaltbäumen gewonnen werden. Die Versuchsfläche Gerolzshofen 627 wird mit einem Bestandesalter von über 200 Jahren als Starkholz-Reliktbestand betrachtet. Die Baumdimensionen der Buche erreichen hier ein Maximum. Die Versuchsreihe Ebrach 640 bildet vier verschiedene Entwicklungsstadien von Buchenbeständen ab – vom Stangenholz bis zum Altholz, das in Verjüngung steht. Jede Altersphase ist durch zwei Parzellen repräsentiert, die unterschiedlich stark behandelt werden. Diese Flächen vermitteln einen Eindruck über die Leistungsfähigkeit von Buchenbeständen im gesamten Bestandesleben. Die Versuchsfläche Starnberg 91 ist gekennzeichnet durch ein breites Spektrum von Eingriffsstärken in jüngeren Buchenbeständen unter optimalen Wachstumsbedingungen.

4 Dimensionsgrößen für Einzelbäume

Das Zuwachsniveau und die Fähigkeit der Bestände Holzmasse zu akkumulieren haben sich in weiten Teilen Bayerns

in den letzten Jahrzehnten erheblich verbessert (PRETZSCH 1996, 1999). Es stellt sich die Frage, welche Auswirkung die hohe Flächenproduktivität auf die Entwicklung von Auslese- oder Zielbäume hat. Auf den 31 Versuchspartellen wurden die jeweils 10 stärksten Bäume jeder Versuchspartelle ausgewählt. Damit soll zunächst aufgezeigt werden, welche Dimensionsgrößen von vorherrschenden Buchen unter sehr verschiedenen Wuchsbedingungen erreicht werden können.

Höhen- und Durchmesserwerte:

Das Untersuchungsmaterial deckt den BHD-Bereich bis 100 cm dicht mit Werten ab. Der dickste in die Untersuchung einbezogene Baum hatte einen BHD von über 127 cm. In den untersuchten Beständen werden maximal Höhen von 45 m erreicht, dies scheint für die untersuchten Standorte eine echte Obergrenze zu sein. Insgesamt gibt es bei gleichen Durchmessern eine relativ breite Höhenstreuung, da bei dieser Betrachtung das Bezugsalter und die Behandlung nicht berücksichtigt werden.

Höhen-Durchmesserrelationen:

Die h/d-Werte der untersuchten Bäume liegen im Bereich zwischen 40 und 80 mit einem Schwerpunkt bei einem h/d-Wert von 60. Dieser h/d-Bereich zeigt, dass es sich bei den untersuchten Bäumen um die dicksten Bäume in den jeweiligen Beständen handelt. Die Durchmesser haben sich in Relation zur Höhe bereits sehr günstig entwickelt. h/d-Werte unter 40 treten im Untersuchungsmaterial kaum auf. Daraus kann rückgerechnet werden, dass für einen Zieldurchmesser

von 60 cm bei einem h/d-Wert von 40 mindestens eine Höhe von 24 m und für einen Zieldurchmesser von 90 cm mindestens eine Höhe von 36 m erreicht werden muss.

Kronendurchmesser:

Die Kronendurchmesser streuen bei gleichem BHD in einem weiten Bereich, zeigen aber eine deutliche Obergrenze in Abhängigkeit vom BHD. Maximalwerte des Kronendurchmessers liegen bei einem BHD von 100 cm bei 20 m und bei einem

BHD von 60 cm bei 15 m. Es zeigt sich aber auch, dass gleiche BHD-Werte mit recht unterschiedlichen Kronendimensionen erreicht werden können. Dies deutet darauf hin, dass die Standraumproduktivität von Bäumen durchaus sehr unterschiedlich sein kann.

Höhen und Kronenansatzhöhen:

Sehr dicke Bäume (BHD > 80 cm) haben Kronenansatzhöhen zwischen 10 und 25 m. Sie liegen damit in ähnlichen Wertebereichen wie vorherrschende Bäume, die BHD-Werte zwischen 30 und 40 cm aufweisen. Im Bereich 60 cm BHD streuen die Kronenansatzhöhen wesentlich stärker, es sind hier sowohl Bäume mit sehr niedrigen aber auch mit sehr hohen Kronenansatzhöhen zu finden. Im Datenmaterial sind sehr niedrige Kronenansatzhöhen häufig durch Zwieselbildung bedingt. Mittlere Werte für Kronenansatzhöhen liegen bei 15 bis 25 m, daraus lassen sich mittlere Bekronungsgrade von 40 bis 50 % ableiten.

BHD-Verteilung über dem Alter:

Von besonderem Interesse für die Abschätzung der Obergrenzen des Durchmesserwachstums ist die Frage, welche maximalen Durchmesser in welchem Alter erreicht werden können. Zunächst zeigt Abbildung 2 auf, dass zum jeweiligen Bezugsalter ein breites Durchmesserspektrum gegeben ist. Im Alter von 90 Jahren werden erstmals BHD-Werte von 60 cm überschritten. In der Altersphase 100 bis 150 Jahre ist nur ein geringer Anstieg der BHD-Werte mit zunehmendem Alter

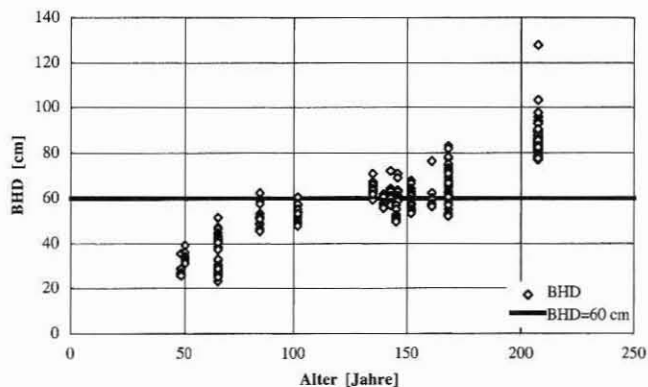


Abb. 2: Erreichter BHD der jeweils 10 dicksten Buchen auf den untersuchten Buchen-Versuchsflächen in Abhängigkeit vom Alter.

festzustellen. Hierbei muss beachtet werden, dass die betreffenden Bestände zielstärkenorientiert genutzt werden. Die Bestände über 160 Jahre dagegen sind nicht in Verjüngungsnutzung, Bäume mit Durchmessern über 80 cm sind in den Beständen vorhanden.

Durchmesserzuwachs:

Abbildung 3 zeigt die Punktwolke für den durchschnittlichen jährlichen Durchmesserzuwachs der 10 stärksten Stämme pro Versuchspartelle in einer Zuwachsperiode, die abhängig vom Aufnahmeturnus zwischen 5 und 10 Jahre umfasst. Waren mehrere Zuwachsperioden erfasst, so wurden die beiden aktuellsten Aufnahmen ausgewertet. Die Daten spiegeln die Zuwachsleistung der vorherrschenden Bäume im jeweiligen Untersuchungsbestand wider. Die jährlichen Zuwachsraten liegen zwischen 2 und 10 mm/Jahr. Mit zunehmendem BHD sinkt der Durchmesserzuwachs leicht ab. Liegen bei 30 cm BHD die Durchmesserzuwächse im Schnitt bei 6 mm/Jahr, so sinken sie bei 60 cm BHD im Durchschnitt auf 5 mm/Jahr ab. Die Streuung der Punktwolke ist relativ groß. Abbildung 3 verdeutlicht, dass die Buche eine lang anhaltende hohe Zuwachsleistung erbringen kann. Im Untersuchungsmaterial wird dieser Eindruck verstärkt, da in hohen BHD-Bereichen durch Umlichtung der Einzelbäume im Zuge der Verjüngungsnutzung Lichtungszuwachseffekte auftreten.

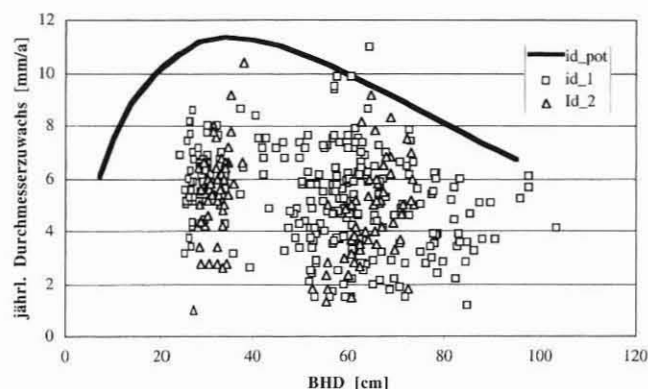


Abb. 3: Das Durchmesserzuwachspotential der Buche nach KAHN und PRETZSCH (1997) ist als schwarze Linie dargestellt. Zusätzlich eingezeichnet ist der jährliche Durchmesserzuwachs der jeweils 10 stärksten Bäume pro Versuchspartelle für zwei Zuwachsperioden (id_1 und id_2).

5 Wirkung von Einflussfaktoren auf die Dimensionsgrößen

Zur Untersuchung der Wirkung von Einflussfaktoren wie Alter, Konkurrenzsituation oder Behandlung auf die Dimensionsgrößen wurden alle Bäume (N= 3017) aus den untersuchten Parzellen in die Betrachtungen einbezogen.

Für die Berechnung der Kronengrößen in Abhängigkeit vom Alter und der individuellen Konkurrenzsituation wurden Altersklassen mit einer Klassenbreite von 25 Jahren gebildet. Bäume mit einem Alter bis 50 Jahre wurden in der Altersklasse 1 zusammengefasst.

Weiterhin wurde für die Einzelbäume der Konkurrenzwert KKL mit dem Wuchsmodell SILVA 2.2 errechnet (KAHN u. PRETZSCH 1997). Er ist ein Maß für die Beschreibung der Kronenkonkurrenz um Licht. Die Berechnung der Konkurrenzwerte vollzieht sich in zwei Schritten: erstens der Bestimmung der Konkurrenten, zweitens der Quantifizierung der Konkurrenz. Die Bestimmung der Konkurrenten beruht auf der sogenannten Lichtkegelmethode, bei der ein Nachbar als Konkurrent angesehen wird, wenn er mit seiner Spitze in den Lichtkegel hineinragt.

Für jeden Bezugsbaum werden zunächst alle Konkurrenten ermittelt. In einem zweiten Schritt wird die Konkurrenz, die diese Bäume auf den Bezugsbaum ausüben, quantifiziert. KKL-Werte von 1 bis 2 beschreiben Wuchskonstellationen geringer Konkurrenz, Maximalwerte für den KKL liegen für Bäume des Hauptbestandes bei 10 bis 20. Für diese Untersuchung wurde der KKL in Klassen mit einer Klassenbreite von 1 eingeteilt.

5.1 Kronendurchmesser in Abhängigkeit vom Alter und der Konkurrenzsituation

Für die Untersuchung der Abhängigkeit des Kronendurchmessers vom Alter und der Konkurrenzsituation sind nur die Altersbereiche 50–74 Jahre und 125–207 Jahre besetzt. Die Auswertungen zeigen zunächst, dass mit zunehmendem Alter die Kronendurchmesser deutlich ansteigen. Darüber hinaus haben in allen Altersklassen die Bäume mit niedrigem KKL, d. h. mit geringem Konkurrenzeinfluss, die relativ größten Kronen (Abb. 4). Die Staffelung der Kronendurchmesser über dem KKL bleibt in allen untersuchten Altersklassen erhalten. Ein deutlicher Sprung in den Kronendimensionen nach oben ist in den Beständen, die älter als 174 Jahre sind, zu beobachten. Die dort vorhandenen sehr dicken Bäume haben mächtige Kronen ausgebildet. In der Altersphase von 125 bis 174 Jahre bleiben die Kronengrößen relativ konstant. Durch die Zielstärkennutzung werden die hiebsreifen relativ großkronigen Bäume entnommen.

5.2 Durchmesserzuwachs in Abhängigkeit vom Alter und der Konkurrenzsituation

Der jährliche Durchmesserzuwachs innerhalb der Altersklassen ist deutlich nach den Wuchskonstellationen der Einzelbäume gestaffelt. Bäume mit sehr geringem bis geringem Konkurrenzdruck haben einen wesentlich höheren Durchmesserzuwachs als Bäume mit KKL-Werten über 2. Der Vergleich der verschiedenen Altersklassen zeigt, dass die Buche einen lang anhaltenden Zuwachs hat. Der jährliche Durchmesserzuwachs sinkt im Durchschnitt bei den Bäumen mit geringem Konkurrenzdruck von 5 bis 6 mm/Jahr im Alter bis 74 Jahren nur langsam auf Werte zwischen 4 und 5 mm/Jahr ab. Spitzenwerte im Durchmesserzuwachs von über 10 mm/Jahr sind nur selten zu beobachten. Zu berücksichtigen ist, dass die Durchmesserzuwächse aus den periodischen Durchmessererhebungen ermittelt wurden. Damit sind die durch Klimaeinflüsse oft starken jährlichen Schwankungen der Jahrringbreite geglättet.

5.3 Durchmesserzuwachs in Abhängigkeit von der Eingriffsstärke und dem Zeitpunkt des Eingriffes

Die Versuchsfläche Starnberg 91 ist ein interessantes Objekt, um die Auswirkung der Eingriffsstärke auf das Wachstum der Buche näher zu untersuchen. Seit 1972 werden die fünf Parzellen dieses Versuches nach einem grundflächengestaffelten Konzept durchforstet. Die unbehandelte A-Grad-Fläche

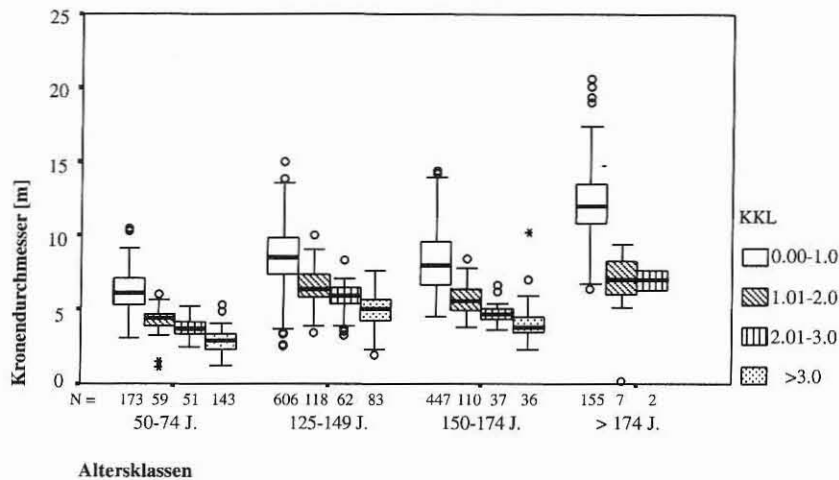


Abb. 4: Kronendurchmesser in Abhängigkeit vom Alter und von der Wuchskonstellation des Einzelbaumes, ausgedrückt durch den Konkurrenzwert KKL. Im Rahmen dieser Untersuchung sind nur die Altersbereiche 50–74 Jahre und 125–207 Jahre besetzt.

dient dabei als Referenz. Bei den fünf bisher durchgeführten Durchforstungen wurden die übrigen 4 Parzellen jeweils auf 80 %, 70 %, 60 % und 50 % der Grundfläche des A-Grades abgesenkt, um ein breites Spektrum von Eingriffsstärken auf den Parzellen zu verwirklichen. Insgesamt können auf diesem Versuch für 4 Zuwachsperioden, über insgesamt 27 Jahre, die Zuwachsreaktionen der Einzelbäume auf den Parzellen in Abhängigkeit von der Eingriffsstärke analysiert werden.

Abbildung 5 zeigt für die jeweils 10 stärksten Bäume jeder Behandlungsvariante den mittleren jährlichen Durchmesserzuwachs getrennt nach den 4 Zuwachsperioden. Im A-Grad sinkt der Durchmesserzuwachs im Beobachtungszeitraum von im Durchschnitt 6 mm/Jahr auf 5 mm/Jahr ab. Die Variante mit 80 % der Grundfläche des A-Grades hat einen im Beobachtungszeitraum eher gleichbleibenden Durchmesserzuwachs. Die Variante mit 70 % der Grundfläche des A-Grades reagiert auf die Durchforstung mit einem sprunghaften Anstieg des Durchmesserzuwachses in der 2. Zuwachsperiode. Dann sinkt der Durchmesserzuwachs wieder auf das Ausgangsniveau ab. Die Absenkung auf 60 % der Grundfläche des A-Grades bewirkt einen noch kräftigeren Anstieg des Durchmesserzuwachses auf Werte zwischen 7 und 8 mm/Jahr. Der Durchmesserzuwachs sinkt in der Folgezeit nur geringfügig ab. Ein ganz anderes Bild zeigt die Parzelle mit einer Grundflächenabsenkung um 50 %. Der Zuwachs liegt zu Beginn der Beobachtung relativ hoch, sinkt

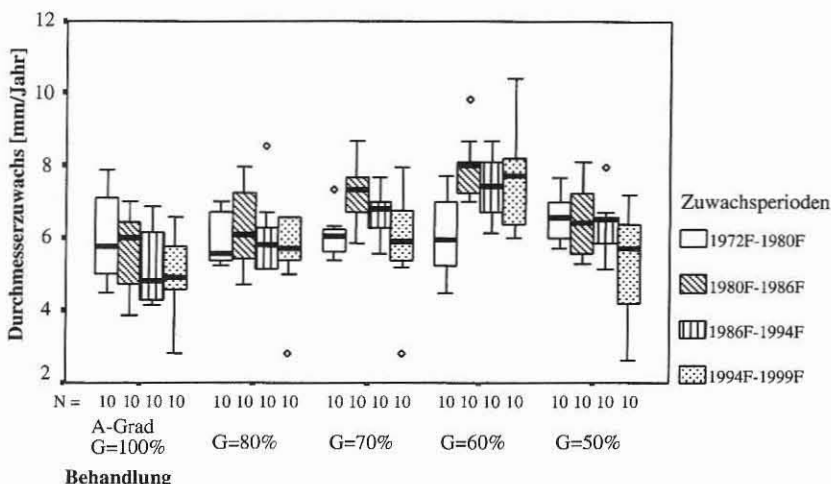


Abb. 5: Jährlicher Durchmesserzuwachs der 10 stärksten Bäume der jeweiligen Behandlungsvariante in Abhängigkeit von der Eingriffsstärke (Grundflächenreduktion im Vergleich zum A-Grad 80 %, 70 %, 60 % oder 50 %) und dem Zeitpunkt des Eingriffes auf der Versuchsfläche Starnberg 91.

dann langsam und in der letzten Beobachtungsperiode sehr deutlich ab. Auf dieser Parzelle wurde bereits vor 1972 stark eingegriffen, der Lichtwuchseffekt ist hier schon deutlich abgeklungen.

6 Vergleich der Einzelbaumdaten mit Elementen des Wachstumsmodells SILVA 2.2

Aus der Parametrisierung von SILVA 2.2 werden für die Größen Kronendurchmesser, Kronenansatzhöhe und Durchmesserzuwachs die Schätz- oder Potentialfunktionen vorgestellt, wie sie KAHN und PRETZSCH (1997) aus einem sehr umfangreichen Datenmaterial ermitteln konnten. Diese Funktionen werden mit den Werten auf den Versuchsflächen verglichen.

6.1 Schätzfunktion für den Kronendurchmesser

Zur Schätzung des Kronendurchmessers (F 1) wird von KAHN und PRETZSCH (1997) auf eine exponentielle Beziehung mit multiplem Variablensatz zurückgegriffen:

$$(F 1) \quad kd = e^{a_0 + a_1 \cdot \ln(bhd) + a_2 \cdot h + a_3 \cdot \ln\left(\frac{h}{bhd}\right)}$$

Es bedeuten:

- kd = Kronendurchmesser [m]
- h = Baumhöhe [m]
- bhd = Brusthöhendurchmesser [cm]
- a_0, a_1, a_2, a_3 = baumartenspezifische Funktionsparameter

Die Parameter dieser Schätzgleichung mit Standardfehlern, Bestimmtheitsmaßen und Stichprobenumfängen sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tab. 2: Parameter der Kronendurchmesserfunktion (Baumart Buche).

Parameter	Schätzwert	Standardfehler
a0	0.58564663	0.04825312
a1	0.42985194	0.02382340
a2	-0.00345519	0.00115336
a3	-0.32380843	0.02424823

R^2 (Bestimmtheitsmaß) = 0.61773

MSE (mittlerer quadratischer Fehler) = 2.93988

N (Stichprobenumfang) = 12733

Für das Kronendurchmessermodell wurde das gesamte zur Verfügung stehende Datenmaterial des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde zur Parametrisierung genutzt, was auch durch den hohen Stichprobenumfang von 12.733 Datensätzen bei der Buche belegt wird. Das Bestimmtheitsmaß ist hoch. Der mittlere quadratische Fehler ist relativ klein. Für die Buche ergibt die Schätzfunktion eine klare Schichtung der Kronendurchmesserkurven über dem BHD bei unterschiedlichen h/d-Werten.

Zunächst wurde verglichen, wie gut die Kronendurchmesser dieser 10 dicksten Bäume pro Versuchsparzelle mit den Schätzfunktionen übereinstimmen. Es zeigt sich, dass durch die Verwendung der individuellen h/d-Relationen in der Ausgleichsfunktion das reale Wertespektrum gut abbildbar ist. Mit dieser Funktion können bei

Kenntnis der Höhenentwicklung auf dem jeweiligen Standort auch Standraumansprüche von Zielbäumen abgeleitet werden. In Tabelle 3 sind die zu erwartenden Kronendurchmesser für definierte Zielbäume berechnet. Daraus lässt sich eine mittlere Kronengrundfläche pro Baum errechnen. Diese Überlegungen führen dann unter der Annahme, dass 70 % der Fläche durch die Zielbäume überschirmt werden, zu möglichen Zielstammzahlen/ha. Bei einem Zieldurchmesser von 50 cm sind mindestens 89, bei einem Zieldurchmesser von 70 cm noch 58 Zielbäume auszuwählen. Damit in der Phase der Endnutzung auch wirklich genügend Zielbäume vorhanden sind, muss ein bemessener Anteil von Reservebäumen eingeplant werden; so sind die Zielstammzahlen von Tabelle 3 mindestens um 10 bis 20 % zu erhöhen. Wird deren Anzahl nicht erreicht, so sinken die Grundflächenwerte/ha so stark ab, dass das Leistungspotential dieser guten Standorte nur unzureichend ausgenutzt wird.

Tab. 3: Mit der Kronendurchmesserfunktion (F 1) können für bestimmte Zieldurchmesser in Abhängigkeit von der Baumhöhe die Standraumverhältnisse abgeleitet werden.

Höhe (m)	BHD (cm)	KD/Baum (m)	KGFL/Baum (m ²)	N/ha (ÜB = 70 %)	G/ha (m ²)
32	50	10.0	78.3	89	18
35	60	11.0	95.3	73	21
35	70	12.4	120.2	58	22
35	80	13.7	147.0	48	24
35	90	15.0	175.6	40	25
35	100	16.2	205.8	34	27

KGFL = Kronengrundfläche pro Baum, N/ha = rückgerechnete Stammzahl/ha bei Unterstellung eines Überschirmungsprozentes von 70 (ÜB = 70 %) für die Zielbäume, G/ha = Stammgrundfläche/ha aus Stammzahl und BHD errechnet.

6.2 Durchmesserzuwachspotential

Für SILVA 2.2 wurde aus einem umfangreichen Datenmaterial für die Baumart Buche ein echtes Durchmesserzuwachspotential (F 2) in Abhängigkeit vom Baumdurchmesser abgeleitet (KAHN und PRETZSCH 1997). Eine wichtige Frage für die Anwendung eines Modells ist: Wie gut wird der aktuelle laufende Durchmesserzuwachs der Einzelbäume geschätzt? Dazu wurde die Funktion für das Durchmesserzuwachspotential der Buche aus SILVA 2.2 mit den realen jährlichen Durchmesserzuwachsdaten der 10 stärksten Stämme pro Versuchsparzelle verglichen (Abb. 3).

$$(F 2) \quad zd_{pot} = A \cdot (1 - e^{-k \cdot d})^p \cdot k \cdot p \cdot e^{-k \cdot d}$$

Es bedeuten:

zd_{pot} = potentieller Durchmesserzuwachs des Einzelbaumes [cm/5 Jahre]

d = Baumdurchmesser [cm]

A, k, p = Parameter (Tab. 4)

Tab. 4: Parameter der Durchmesser-Potentialfunktion (F 2).

Baumart	A	k	p
Buche	1508.9183	0.016363272	0.775173759

Die Potentialkurve steigt mit zunehmendem Alter rasch an, hat ihren Kulminationspunkt bei etwa 30 Jahren mit Durchmesserzuwachswerten knapp unter 12 mm/Jahr und sinkt dann langsam bis zum Alter 100 auf Werte zwischen 6 und 7 mm/Jahr ab. Die über das gesamte Altersspektrum reichenden realen Durchmesserzuwachswerte liegen selbst in den Maximalwerten unter der Potentialkurve, im Durchschnitt sogar deutlich darunter. Auf den Untersuchungsflächen bestehen sehr unterschiedliche, z. T. sehr extreme Wuchskonstellationen mit maximalem Lichtgenuss. Trotzdem bildet diese Potentialfunktion eine echte Obergrenze des Durchmesserzuwachses der Buche ab.

6.3 Potentielle Durchmesserentwicklung im Vergleich zu Modellberechnungen und realen Daten

Für die Definition einer Zielstärke ist es notwendig, dass die Durchmesserentwicklung auf dem jeweiligen Standort realistisch eingeschätzt wird. Die Summation der potentiellen Durchmesserzuwächse ergibt die auf Abbildung 6 durchgezogene Maximallinie. Sie erreicht im Alter 100 Jahre einen maximalen BHD von 85 cm und im Alter von 140 Jahren einen BHD von 110 cm. Größere Durchmesser sind selbst bei extremster Freistellung und bestem Standort nur in Ausnahmefällen zu erwarten.

Nach dieser Abschätzung des maximal möglichen Durchmessers stellt sich die Frage, welche Durchmesser sind wohl real in Buchenbeständen zu erreichen? Zur Beantwortung dieser Frage wurde ein Bestand, der im Alter von 41 Jahren eine Höhe von 16,1 m und einen Mitteldurchmesser von 29 cm hat und nur aus 25 Zielbäumen/ha besteht, über 145 Jahre mit dem Wuchsmodell SILVA 2.2 fortgeschrieben. Zusätzlich wurde definiert, dass alle Bäume die Umtriebszeit erreichen. Die Wachstumskurve für den Durchmesser des Grundflächenmittelstammes dieser 25 Bäume/ha wurde zum Vergleich auf Abbildung 6 eingetragen. Der Modellbestand überschreitet im Alter von 98 Jahren die Grenze von 60 cm BHD und erreicht im Alter von 140 Jahren 80 cm BHD. Mit zunehmendem Bestandesalter weicht die BHD-Entwicklung des Modellbestandes immer weiter von der Potentialkurve ab.

Zur Klärung der Frage, wie gut denn die Prognose im Vergleich zur BHD-Entwicklung einer stärker durchforsteten Buchen-Versuchsfläche ist, wurde noch die Wachstumskurve des Durchmessers der 100 stärksten Stämme der Versuchsfläche Fabrikschleichach 015 (C-Grad) eingetragen. Die aufgezeigte Durchmesserentwicklung ist das Ergebnis einer seit dem Alter von 60 Jahren durchgeführten, starken Niederdurchforstung. Sie repräsentiert nach mehr als 120 Jahren Versuchsbeobachtung eine sehr günstige Durchmesserentwicklung auf einem guten Standort. Der Vergleich zeigt, dass das Modell sehr wohl die Effekte einer wesentlich extremeren Freistellung nachbilden kann, als sie z. B. auf dieser Versuchsfläche auftraten. Gleichzeitig verläuft die Modellentwicklung auch bei völlig konkurrenzfreiem Wachs-

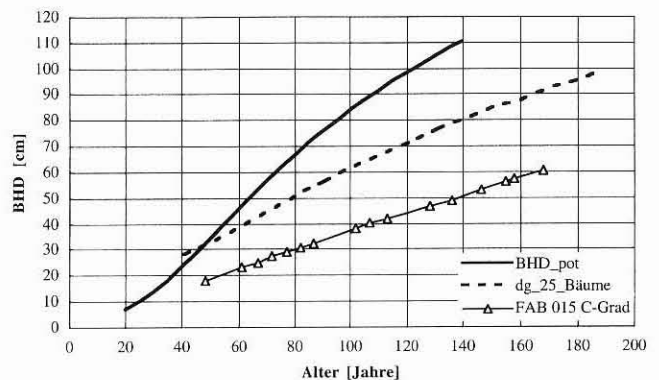


Abb. 6: Potentielle BHD-Entwicklung für die Buche, integriert aus der Funktion für das Durchmesserzuwachspotential der Buche (durchgezogene Linie) nach KAHN und PRETZSCH (1997). Zusätzlich eingezeichnet ist die mit SILVA 2.2 prognostizierte BHD-Entwicklung eines Bestandes mit 25 Bäumen/ha (gestrichelte Linie) vom Alter 41–185 Jahre. Zum Vergleich sind die realen Daten der Durchmesserentwicklung des C-Grades auf der Versuchsfläche Fabrikschleichach 015 eingefügt.

tum innerhalb plausibler Grenzen. Die Kurve des Modellbestandes mit 25 Bäumen liegt im Alter von 50 Jahren etwa 10 cm über der realen Entwicklung auf der Versuchsfläche FAB 015 C-Grad, im Alter von 160 Jahren beträgt der Vorsprung bereits 30 cm. Der Durchmesser Vorsprung im Prognosezeitraum beträgt somit 20 cm, das ist im Vergleich zu den erwarteten Effekten einer Bestandesbehandlung sehr viel (ASSMANN 1961). Andererseits führt allein das Fehlen von Konkurrenz noch lange nicht zu maximalem Wachstum. Restriktionen, wie der höhere Respirationsanteil durch sehr große Kronen oder die fehlenden Wachstumsimpulse durch Durchforstungen, führen zu einer deutlichen Reduktion des Zuwachspotentials.

6.4 Potentielle Wertentwicklung in Modellbeständen

Auf der Basis des Standraumbedarfs des Einzelbaumes bei definiertem Zieldurchmesser erfolgt eine Kalkulation der potentiellen Wertentwicklung/ha für Abtriebsbestände. Dabei wird optimistisch unterstellt, dass alle Zielbäume A-Qualität erreichen. Zusätzlich gehen noch folgende Prämissen ein: Je dicker der Stamm, um so kürzer ist das verwertbare Stammstück, je stärker der Stamm um so höher ist der Erlös/Fm. Dünnere Stämme erlauben die Aushaltung eines weiteren Stammstückes mit B-Qualität. Damit wird dem längeren astfreien Schaft bei schwächerer Durchforstung Rechnung getragen.

Die aus den Kronengrößen abgeleiteten Zielstammzahlen liegen deutlich unter den bisher in verschiedenen Waldbaurichtlinien vorgeschlagenen Stammzahlen (BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG 1988; NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTVERWALTUNG 1997). Die Kalkulation der potentiellen Wertentwicklung (Tab. 5) unterschiedlicher Zielbestände zeigt, wie wichtig eine ausreichende Anzahl von Zielbäumen ist. Werden beispielsweise nur 20 maximal dicke Bäume erzeugt, bleibt der Wert deutlich hinter stammzahlreicheren Varianten zurück. Insgesamt sinkt die Werterwartung mit abnehmendem Zieldurchmesser.

Die Berechnung der Anzahl der Erntebäume aus den zu erwartenden Kronengrößen (Tab. 2) ist eine sehr statische Methode. Sie lässt völlig außer acht, dass die Buche aus einem geschlossenen Altholz in einem Zeitraum von 20 bis 40 Jahren mit Femelstellungen im Altbestand verjüngt wird. Durch die Zielstärkennutzung werden bisher benachteiligte Bäume stark gefördert. Daher können z. B. bei einem Zieldurchmesser von 65 cm mehr als 68 Bäume (vgl. Tab. 5) die Zielstärke erreichen. Bereits ab einem Alter von 100 Jahren kann mit der Zielstärkennutzung systematisch begonnen werden. Während der Verjüngungsphase können noch Durchmesserzuwachsleistungen von im Durchschnitt 6 mm/Jahr erzielt werden. Das bedeutet, dass auch Stämme, die im Alter von 100 Jahren erst 40 cm BHD erreicht haben, bis zum Alter von 140 Jahren noch – mit einem geringen Risiko zur Rotkernbildung – in eine Zielstärke von 65 cm BHD hineinwachsen können. Gelingt das zusätzlich auch nur bei 22 Bäumen/ha, erhöht sich damit die Wertleistung bei einem relativ geringerem Zieldurchmesser deutlich (vgl. Tab. 5).

7 Bewertung der Ergebnisse

Die Untersuchung zeigt Rahmenwerte für maximale Dimensionsgrößen der Baumart Buche auf. Aus der vorgestellten Kronendurchmesserfunktion ist der mittlere Standraum von Zielbäumen ableitbar. Damit ist die Überprüfung von vorgeschlagenen Zielstammzahlen auf der Basis der Kronengröße möglich.

Die Analyse des Durchmesserzuwachses der Einzelbäume erlaubt eine Abschätzung der Produktionszeiträume für bestimmte Zieldurchmesser. Es zeigt sich, dass bis zum Alter von 100 Jahren ein Teil des Zielbaum-Kollektives bereits BHD-Werte von 60 cm erreichen kann. Das ist jedoch nur bei einem frühzeitigen Beginn der Auslesedurchforstung im Alter von 30 bis 40 Jahren möglich.

Die aus den Kronengrößen abgeleiteten Zielstammzahlen liegen deutlich unter den bisher in verschiedenen Waldbaurichtlinien vorgeschlagenen Stammzahlen. Diese Anzahlen sind als Minimalanzahl zu verstehen. Die Kalkulation der potentiellen Wertentwicklung (Tab. 5) unterschiedlicher Zielbestände verdeutlicht, wie wichtig eine ausreichende Anzahl von Zielbäumen ist.

Die Behandlung der Buche muss in einem Gesamtsystem von Verjüngung, Pflege und Nutzung gesehen werden. Wird in dem relativ langen Verjüngungszeitraum der Buche Zielstärkennutzung betrieben, kann eine erhebliche zusätzliche Wertschöpfung erzielt werden. Dazu müssen aber ausreichend viele Bäume vorhanden sein. Wegen des steigenden Risikos der Rotkernbildung mit zunehmendem Alter sollten alle Altbäume – abhängig von regionalen Erfahrungen – bis zu einem Alter von 140 bis 160 Jahren genutzt sein.

Insgesamt zeichnet sich ein breiter Handlungsrahmen für die Erziehung von Buchenbeständen ab. Es können in den Beständen durch die Bestandesbehandlung wesentlich höhere Zieldurchmesser als bisher erreicht werden. Es zeichnet sich aber auch eine deutliche Obergrenze ab. Konzentriert sich die Werterwartung nur auf sehr wenige Bäume, so ist zu bedenken, dass der Verlust einzelner Zielbäume bereits mit hohen Wertverlusten verbunden ist (SCHÖBER 1988).

8 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird anhand von Messungen von Einzelbaummerkmalen auf langfristigen Versuchsflächen aufgezeigt, welche Dimensions- und Reaktionsgrößen von der Baumart Buche erreicht werden können. Die Datengrundlage umfasst dabei junge Bestände ebenso wie mittelalte Bestände oder Buchen-Naturwald-Bestände mit einem Alter über 200 Jahren und Durchmessern über 100 cm BHD. Das Datenmaterial spiegelt ein sehr breites Spektrum von Durchforstungsstrategien, von A-Grad über Lichtwuchs bis Lichtung in frühem oder spätem Bestandesalter wider. Die vorgestellten Existenzspektren zeigen maximale Kronendimensionen und Zuwachsleistungen der Buche auf guten Standorten auf.

Tab. 5: Kalkulation der potentiellen Wertentwicklung von Beständen bei unterschiedlichen Zieldurchmessern und Zielstammzahlen. Für das Erdstammstück (L_1) sinkt der Erlös bei geringen Durchmessern (dm_1). Die Länge des daran anschließenden B-Stückes (L_2) steigt mit sinkendem Durchmesser (dm_2).

N/ha	BHD (cm)	L_1 (m)	dm_1 (cm)	V/Stück	V/ha	Preis (DM/Fm)	Erlös (DM/ha)	L_2 (m)	dm_2 (cm)	V/Stück	V/ha	Preis (DM/Fm)	Erlös (DM/ha)	Gesamterlös (DM/ha)
20	90	7	88.9	4.35	87	600	52140							52140
42	90	7	88.9	4.35	182	600	109494							109494
46	85	8	82.3	4.26	196	600	117460							117460
55	75	9	71.8	3.64	200	500	100211	3	70.4	1.17	64	200	12845	113056
68	65	9	61.8	2.70	184	400	73431	4	60.2	1.14	77	200	15458	88889
90	65	9	61.8	2.70	243	400	97188	5	59.9	1.41	127	200	25362	122550

N = Stammzahl/ha, BHD = Brusthöhendurchmesser, L = Länge des Stammstückes, V/Stück = Volumen des Stückes.

Die Ergebnisse aus diesen Einzelbaumauswertungen werden mit einigen im Rahmen der Parametrisierung des Wachstumsmodells SILVA abgeleiteten Schätz- oder Potentialfunktionen verglichen. Damit kann zum einen beurteilt werden, welche Standraumsituationen durch das Wachstumsmodell SILVA bei der Baumart Buche abgedeckt sind. Zum anderen ist es möglich, aus den beschriebenen Zusammenhängen eine Abschätzung von erreichbaren Baumdimensionen und des benötigten Produktionszeitraumes vorzunehmen.

Abschließend wird an Beispielsrechnungen gezeigt, welche ökonomischen Auswirkungen die vorgestellten Behandlungsvarianten haben.

Abstract

This paper presents results from long-term trials, which indicate the potential dimensions and growth rates that beech trees can actually reach on these sites. The data are obtained from young, middle aged, and very old stands. In the oldest stands, which are more than 200 years in age and are close to natural forests, diameters in breast height of more than 100 cm can be found. The stands within the investigation experienced very different thinning practices, reaching from no thinning at all to very intensive thinnings, which were performed either as thinning from above or from below. It is assumed that these forests represent a maximum performance of beech with respect to crown dimensions and growth rates, because they have developed under very good nutrient and water supply conditions.

The results of this investigation are compared with regression equations and functions used for parameterisation of the growth simulator SILVA. This comparison shows to which extent SILVA is capable to describe the potential growth of beech trees. Founded on the presented findings, the description of final tree dimensions and the spacing area in dependence on stand density is discussed.

Finally some model calculations are presented which demonstrate the economic effects of management variations.

Literatur

- ALTHER, E. (1971): Wege zur Buchen-Starkholzproduktion. Bericht 15. Hauptversammlung des Baden-Württembergischen Forstvereins und 100-Jahr-Feier der FVA Baden-Württemberg, S. 123–127. – ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde, BLV Verlagsgesellschaft München, Bonn, Wien, 490 Seiten. – ASSMANN, E. (1965): Buchenlichtwuchsbetrieb. FwCbl, **84**, 11/12, S. 329–346. – BARGE, U. (1999): „Mehr Laubholz im Waldbau – Probleme bei der Verwertung?“ Ein Kolloquium am 23. April 1999 in Göttingen, Forst und Holz, **54**, 14, S. 437–439. – BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG (1988): Pflegegrundsätze für Buche und sonstige Laubbaumarten. 17 Seiten. – EBERT, H.-P. (1999): Lenkung forstlicher Produktion orientiert am einzelnen Baum. AFZ/DerWald, **54**, 8, S. 402–405. – FLEDER, W. (1987): Erziehungsgrundsätze für Buchenbestände. Forst und Holz, **42**, S. 107–112. – FREIST, H. (1962): Untersuchungen über den Lichtungszuwachs der Rotbuche und seine Ausnutzung im Forstbetrieb. Beih. z. FwCbl. Heft 17, 78 Seiten. – KAHN, M. u. H. PRETZSCH (1997): Das Wachstumsmodell SILVA – Parametrisierung der Version 2.1 für Rein- und Mischbestände aus Fichte und Buche. AFJZ, **168**, 6/7, S. 115–123. – NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTVERWALTUNG (1997): Entscheidungshilfen zur Behandlung und Entwicklung von Buchenbeständen. Merkblatt Nr. 33, 22 S. – PRETZSCH, H. (1996): Growth trends of forests in Southern Germany. In: Growth trends in European forests, Springer-Verlag, Berlin, S. 107–131. – PRETZSCH, H. (1999): Waldwachstum im Wandel. FwCbl, **118**, 4, S. 228–250. – REININGER, H. (1992): Zielstärken-Nutzung. Österreichischer Agrarverlag, Wien, 5. Aufl., 163 Seiten. – RICHTER, J. (1999): Stellungnahme zu Konzeption einer naturnahen Erzeugung von starkem Wertholz. AFZ/Der Wald, **54**, 10, S. 524–525. – SCHÄDELIN (1936): Die Durchforstung. Bern. – SCHOBER, R. (1967): Rotbuche, mäßige Durchforstung und starke Durchforstung in Ertragstafeln wichtiger Baumarten. J. D. Sauerländer's Verlag Frankfurt a. M. 1975. – SCHOBER, R. (1971): Die Rotbuche. Schriftenr. der Forstl. Fak. Göttingen, Band 43/44, 333 S. – SCHOBER, R. (1988): Von Zukunfts- und Elitebäumen. AFJZ, **159**, 11/12, S. 239–249. – V. SEEBACH, Ch. (1845): Der modifizierte Buchen-Hochwaldbetrieb. Pfeils Kritische Blätter, Bd. 21, H. 1. – V. TEUFFEL, K. (1999): Waldentwicklungstypen in Baden-Württemberg. AFZ/Der Wald, **54**, 13, S. 627–676. – UTSCHIG, H. (1999): Entwicklung von Dimensionsgrößen der Buche unter dem Einfluß von Standort, Behandlung und Konkurrenz. Tagungsbericht der Sektion Ertragskunde, 1997, Volpriehausen, S. 173–185. – VdFV (1902): Arbeitsplan des Vereins der Forstlichen Versuchsanstalten von 1902. In: ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde. – WIEDEMANN, E. (1931): Die Rotbuche. M. u. H. Schaper, Hannover, 191 Seiten. – WIEDEMANN, E. (1943): Lichtungsbetrieb und ungleichaltrige Bestandesformen im reinen Buchenbestand, Zeitschr. f. Forst- und Jagdw. – WILHELM, G. J., H.-A. LETTER und W. EDER (1999): Konzeption einer naturnahen Erzeugung von starkem Wertholz. AFZ/DerWald, **54**, 5, S. 223–240.

FDK: 53 : 56

FOR Dr. HEINZ UTSCHIG ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter an den Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TU München abgeordnet.