

Ökonomische Aspekte der Holzproduktion in ungleichaltrigen Wäldern: einführende Untersuchungen zur Forstbetriebsplanung im Kreuzberger Gemeindewald

Economic aspects on timber production in uneven-aged forests:
preliminary studies on forest management planning at the Kreuzberg Municipal Forest

TH. KNOKE

Zusammenfassung

Der aus Schlagregistern für eine Periode von 31 Jahren erfaßte Sortimentsanfall der Betriebsklassen Schlagweiser Hochwald und Plenterwald des Kreuzberger Gemeindewaldes (Innerer Bayerischer Wald) wird verglichen. Außerdem werden Aspekte der Wertentwicklung einzelner Bäume präsentiert, die an 41 Stämmen einer Plenterung abgeleitet werden.

Das im Plenterwald signifikant niedrigere Einschlagsvolumen an schwachen Sortimenten verbunden mit einem wesentlich größeren Einschlag an starken Stammstücken führt dazu, daß die kalkulatorische Bewertung eines durchschnittlichen Efm aus dem Plenterwald eine Nettoeinzahlung von 134 % bezogen auf einen Durchschnitts-Efm aus dem Schlagwald ergibt.

Der relative Wertzuwachs einzelner Stämme sinkt erwartungsgemäß mit ansteigendem BHD, seine Variation ist jedoch erheblich. Eine unterstellte Änderung der in der Verordnung über gesetzliche Handelsklassen für Rohholz (HKS) festgesetzten Wertrelationen zeigt kaum Einfluß auf den relativen Wertzuwachs von Bäumen starker Dimension.

Summary

Results of a study on the differences in assorted logs between an uneven-aged and an even-aged management unit are reported. They are recorded for a period of 31 years through the book keeping system of the Kreuzberg Municipal Forest (located in the "Innerer Bayerischer Wald", Germany). Furthermore, aspects on the value development of individual trees are presented based on a sample of 41 trees.

A significantly lower cut of small logs combined with a higher cut of big logs leads to that an average cubic meter from uneven-aged management achieves a calculated net income of about 134 % compared to one under even-aged management.

The relative value increment decreases with increasing tree-dbh. However, due to the variation in diameter increment value increment also varied greatly. The impact of a change in value relation between assorted logs fixed in the Grading Scheme for Trade Classes on Roundwood (Handelsklassen für Rohholz) is shown to be rather of small relevance to the relative value increment of large-dimension-trees.

1 Einleitung

Für viele große Forstverwaltungen ist die „naturnahe Waldwirtschaft“ zu einer Art Unternehmensleitbild geworden (z.B. Bay. Staatsministerium ELF 1990). Ein solches Leitbild stellt ganz neue Anforderungen an die Forstbetriebsplanung: Langfristige Verjüngungsgänge und kleinflächige, auf den Einzelstamm ausgerichtete Wirtschaftsweisen führen auf Dauer zu einer mehr- bis ungleichaltrigen Zusammensetzung der Bewirtschaftungseinheiten. Daraus ergeben sich erhebliche Probleme bei der Anwendung des bislang üblichen Altersklassenverfahrens

(Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung 1995). Schwierigkeiten solcher Art machen sich bereits heute im Zuge der praktischen Forstbetriebsplanung bemerkbar (WALDHERR 1995).

Die Forstbetriebsplanung ist zukunftsorientiert und langfristig. Man kann sie deshalb in den Bereich der strategischen Betriebsplanung einordnen, deren Aufgabe nach WÖHE und DÖRING (1990) die Analyse von Erfolgspotentialen des Unternehmens ist. Faßt man die naturnahe Waldbewirtschaftung als ein solches Erfolgspotential auf, so ergibt sich daraus die wichtige Aufgabe der Forstbetriebsplanung, diese Form der Waldbewirtschaftung zu untersuchen. Zwar existieren in diesem Zusammenhang bereits Hinweise insbesondere für den Plenterwald (z.B. AMMON 1951; SIEGMUND 1973; SCHÜTZ 1989; BIEHL 1991 und SCHULZ 1993). Aufgrund fehlender oder unzureichender Daten konnte aber bislang noch keine Untersuchung an einem existierenden Betrieb¹ unter wirklich vergleichbaren Bedingungen durchgeführt werden. Der Kreuzberger Gemeindewald gliedert sich in zwei hinsichtlich des Standortes, der Baumartenzusammensetzung und des Durchschnittsvorrats sehr ähnliche Betriebsklassen (KÖSTLER 1973), von denen eine plenterartig, die andere schlagweise bewirtschaftet wird. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit in einer Fallstudie zwei waldbauliche Betriebsformen zu vergleichen und daraus Hinweise für die Forstbetriebsplanung in Wäldern abzuleiten, die sich aus altersmäßig ungleich aufgebauten Beständen zusammensetzen. Die vorliegende Studie soll daher der Vorbereitung eines Projektes zur Forstbetriebsplanung in kleinflächig altersdifferenzierten Wäldern dienen, das durch die Bayerische Staatsforstverwaltung gefördert wird.

Es werden dazu zunächst folgende zwei Hypothesen geprüft:

A. Der aus dem Plenterwald resultierende Einschlag unterscheidet sich zumindest hinsichtlich bestimmter Sortimenten wesentlich von dem des Altersklassenwaldes.

B. Die Unterschiede im Holzeinschlag führen im Plenterwald zu einer durchschnittlich höheren Nettoeinzahlung je Erntefestmeter (Efm)².

Untersuchungen zu Wertentwicklung und -zuwachs an Einzelstämmen können wichtige Hinweise zu möglichen Zieldurchmessern, die bislang im Plenterwald intuitiv festgelegt werden (AMMERER et al. 1972; FUCHS 1994) und damit auch zu möglicherweise anzustrebenden Durchmesserverteilungen geben. Unter Berücksichtigung bereits existierender grundlegender Ergebnisse (z.B. SOMMER 1963; HOLM 1974; MOOG 1990 und GÖTTLEIN 1994) werden daher zwei weitere Hypothesen formuliert:

C. Das Wertzuwachsprozent einzelner Bäume läßt sich anhand einfach zu messender Größen gut schätzen. Es ist zum einen zur Bestimmung des optimalen Einschlagszeitpunktes gut geeignet. Zum anderen kann die Berechnung des Wertzuwachsprozentes eine wichtige Hilfe zur Festlegung der anzustrebenden Durchmesserverteilungen für den Plenterwald sein.

D. Es kann aus ökonomischer Sicht sinnvoll sein, starkes, hochwertiges Holz zu produzieren.

Die Meßzahlen der derzeit noch geltenden Verordnung über die gesetzlichen Handelsklassen für Rohholz (HKS) spiegeln die Wertrelationen zur Zeit der letzten staatlichen Preisbindung für Rohholz zu Beginn der 50er Jahre wider (KROTH und BARTELHEIMER 1993). Die Wertverhältnisse haben sich jedoch aufgrund der technischen Entwicklung in der Holzwirtschaft geändert. Mancherorts wird deswegen sogar von einer „Starkholzproblematik“ gesprochen (z.B. SCHÜTZ 1996). Es soll deshalb im Rahmen dieser Arbeit abschließend folgende Hypothese bearbeitet werden:

¹ Zwar zeigt SELING (1996) einige Tendenzen für einen naturgemäß bewirtschafteten Betrieb auf. Die Interpretation der von ihr präsentierten Daten ist aber „problematisch und mit zahlreichen Unsicherheiten verbunden“ (SELING 1996).

² Dazu wird zunächst unterstellt, daß Holz derselben Sorte und Güteklasse aus dem Plenterwald denselben Preis erzielt, wie solches aus dem schlagweise bewirtschafteten Wald.

E. Wird für Holzsortimente stärker als Heilbronner Klasse 4 bzw. Mittenstärke Klasse 3 a ein Anstieg der Meßzahl ausgeschlossen, so sinken die ökonomisch sinnvollen Zieldurchmesser erheblich.

2 Material und Methoden

2.1 Das Untersuchungsobjekt

Die standörtlichen Verhältnisse und Besonderheiten des Kreuzberger Gemeindewaldes sind bereits vielfach beschrieben (SAUKEL 1959; SOMMER 1961; 1962; 1963; v. PECHMANN und LIPPEMEIER 1975; PRETZSCH 1985; VÖLKELE 1995; CASADO REBOLLO 1996 und FUCHS 1996). Im folgenden wird daher nur auf einige zentrale Aspekte eingegangen.

Der Wald wird durch eine Gemeinschaft aus Nutzungsberechtigten³ bewirtschaftet. Für ihn wurde erstmals 1855 ein primitiver Wirtschaftsplan erstellt (EGER 1929), um eine Übernutzung durch „wilde Plenterung“ zu verhindern. 1972 erfolgte eine Trennung in zwei Betriebsklassen (KÖSTLER 1973). Die Fläche der Plenterwald-Betriebsklasse (im folgenden Plenterwald) umfaßte damals 153,3 ha, die der Betriebsklasse Schlagweiser Hochwald (im folgenden Schlagwald) 340 ha. Diese Flächen haben sich bis 1993 kaum geändert (PLEDL 1994). Der im Rahmen einer Inventur 1993 (PLEDL 1994; FUCHS 1996) ermittelte Vorrat beider Betriebsklassen ist sehr ähnlich (378 bzw. 387 Efm/ha). Die Tanne hat jedoch im Plenterwald einen etwa sechsmal höheren Anteil. Während die Durchmesservertelung im Plenterwald 1972 beinahe ideal war (KÖSTLER 1973), konnte weder 1972 (AMMERER et al. 1972) noch 1993 (PLEDL 1994) eine normale Altersklassenvertelung im Schlagwald festgestellt werden: Wie die hohen Flächendurchschnittsalter (77,5 bzw. 85 Jahre) zeigen, dominieren ältere Bestände. 1993 wurde eine deutliche Überausstattung des Plenterwaldes mit Bäumen zwischen BHD 40 und 80 cm offenkundig (FUCHS 1996). Dagegen ist die Zahl der Bäume in schwächeren Durchmesserklassen gesunken.

2.2 Analyse des Sortimentsanfalls

Die Sortendaten wurden für einen Zeitraum von 31 Jahren (1963 bis 1993) aus Schlagregistern⁴ entnommen. Solche Unterabteilungen des Schlagwaldes, die Bestände mit Plenterwaldcharakter enthalten, wurden aus der Untersuchung herausgelassen.

2.2.1 Flächenbezug

Im Zuge der Forstbetriebsplanung 1972 wurden vor allem im Schlagwald Änderungen der Unterabteilungsgrenzen, der Abteilungsnummern und Unterabteilungsbuchstaben vorgenommen. Die Änderung der Bestandesbezeichnungen wurde durch Vergleich der Forstbetriebskarten 1928, 1972 und 1994 berücksichtigt, die Änderung der Holzbodenfläche durch Forststraßenbauten wurde anhand der genauen Bauzeitpunkte hergeleitet. Daten deren Flächenbezug wegen der Verlegung von Unterabteilungsgrenzen nicht sicher ist, wurden nicht in die vorliegende Auswertung einbezogen.

2.2.2 Grundlagen der finanziellen Kalkulation

Um die Größenordnung und die Relationen der mit Holzeinschlag und Verkauf eines durchschnittlichen Efm direkt verbundene Ein- und Auszahlungen beider Betriebsklassen zu er-

³ In diesem Zusammenhang sei Herrn SEIDEL aus dem Vorstand der Rechtlergemeinschaft und der Rechtlergemeinschaft selbst ganz herzlich dafür gedankt, daß die Untersuchung im Gemeindewald Kreuzberg stattfinden kann.

⁴ Die Schlagregister wurden von Herrn Forstwart MEIER, dem ehemaligen Revierleiter des Kreuzberger Gemeindewaldes, äußerst sorgfältig geführt. Ohne sie wäre die vorliegende Arbeit nicht möglich gewesen.

fassen, wurden die naturalen Einschlagsergebnisse mit Hilfe von Holzpreisen gemäß Tab. 1 und nach dem Erweitereten Sortentarif (EST) berechneten Auszahlungen für die Aufarbeitung bewertet (Tab. 2). Grundlage dafür bildete die Auswertung von Hieben, die im angrenzenden ehemaligen Bayerischen Forstamt Mauth Ende 1995 ausgeführt wurden⁵. Im Falle des Brennholzes wurde unterstellt, daß es nach den Vorgabezeiten für X-Holz aufgearbeitet und dann an Selbstwerber abgegeben wird, wie es z.B. in Mauth üblich ist (PAULI, mündlich). Die Auszahlungen für Rückarbeiten wurden nach einem von RIEGER (1984; 1986) entwickelten Tarif⁶ berechnet (Tab. 2).

2.3 Methodik der stammweisen Erhebungen

2.3.1 Grundsätzliche Überlegungen

Im Zuge des Auszeichnens von Hiebsmaßnahmen ist für jeden einzelnen Baum zu entscheiden, ob er genutzt werden oder weiterwachsen soll. Verbleibt ein Baum im Bestand, so muß auf eine Einnahme verzichtet werden. Diese Entscheidung ist zwar nicht ausgabewirksam. Weil die Bindung von Kapital im Baum eine alternative Verwendung desselben ausschließt, entstehen jedoch Kosten: die sogenannten Opportunitätskosten. Diese Art von Kosten kann man auch als einen entgangenen Nutzen auffassen (KROTH 1968), dessen Höhe sich nach der internen Verzinsung der besten, dem Waldbesitzer wirtschaftlich möglichen Alternative richtet (WÖHE und DÖRING 1990). Die auf diese Weise kalkulierbaren Kosten der Alternative „Stehenlassen“ müssen mit dem von dem Baum noch zu erwartenden Nutzen verglichen werden, damit ein Maximum an Nutzen erzielt werden kann. Der Nutzen ist jedoch ein subjektiver Begriff (KROTH 1968). Damit eine Investition in Wald mit anderen Investitionsmöglichkeiten verglichen werden kann, müssen zum einen die immateriellen Komponenten des Nutzens (Besitzerstolz, Naturverbundenheit, Tradition, Sicherheit bei Währungsschwankungen) bewertet werden, was zu Problemen führt (WOHLERT 1993). Zum anderen bleibt bei der Betrachtung von Opportunitätskosten ein etwaiges Risiko der Anlagealternative außer Betracht (WÖHE und DÖRING 1990). Da das langfristige Risiko einer Investition in Wald gering ist (WILLIAMS 1981), müßten aber entweder Risikozuschläge für die Anlagealternativen berücksichtigt oder Investitionsmöglichkeiten mit vergleichbarem Risiko zur Kalkulation der Opportunitätskosten herangezogen werden (WOHLERT 1993). Aufgrund dieser Probleme⁷ erschien es im Rahmen dieser Arbeit sinnvoll, sich bei der Kalkulation der Opportunitätskosten auf forstliche Alternativinvestitionen zu beschränken. Solche Alternativen können z.B. sein: Zukauf von Waldflächen, Vorratsaufbau in vorratsarmen Beständen, Forststraßenbau, Ästung, Pflegemaßnahmen zur Stabilisierung und Qualitätserhöhung, Einbringung von Laubholz oder Tanne zur Verbesserung des Standortes, Schaffung von Vertikalstrukturen zur Stabilisierung und ähnliches.

Die Einschätzung des möglichen Nutzens forstlicher Alternativinvestitionen ist zum Teil aber deshalb problematisch, weil sie sehr langfristig wirken und das Ausmaß ihres Erfolges nur schwer vorherzusehen ist. Eine Größenordnung für den zu erwartenden Nutzen (die interne Verzinsung) der Investitionsalternative: Zukauf eines Plenterbestandes, kann man durch die Betrachtung der naturalen Zuwachsprozente erhalten. KÖSTLER (1956) gibt für Allgäuer Plenterbestände einen Rahmen von 0,91 bis 2,74 % an. Der Waldbesitzer allein legt jedoch

⁵ Die hierfür notwendigen Unterlagen wurden freundlicherweise von Herrn Forstoberrat PAULI zur Verfügung gestellt.

⁶ Die zur Anwendung des Tarifes erforderlichen Stückmassen der Sorten stammen aus einer Stichprobe (170 Sortenstücke) einer Plenterung.

⁷ Zudem sind die für Forstbetriebe geltenden steuerlichen Sonderregelungen für den Privatwald beim Vergleich mit außerforstlichen Alternativen zu beachten, die auf die Vorteilhaftigkeit der Vermögensanlage Wald ganz erheblichen positiven Einfluß haben können. So berechnet MÖHRING (1994) an einem Beispiel, daß ein reales Wertzuwachsprozent eines Waldbestandes von 1,3 % unter Berücksichtigung der Inflations- und Steuerwirkungen einer Finanzanlage mit einer nominalen Verzinsung von 10 % gleichwertig sein kann.

fest, welcher in Zukunft zu erwartende Nutzen das Wachsenlassen eines Baumes rechtfertigt. Dabei wird er durchaus auch Leistungen des Baumes berücksichtigen, die neben dem monetären Wertzuwachs erbracht werden (z.B. Einsparen von Maßnahmen zur Pflege der Nachwuchsschicht, Bodenpflege, Strukturverbesserung, Stabilität, Ästhetik). Im Rahmen dieser Arbeit wird beispielhaft ein Kalkulationszinsfuß von 2 % verwendet, der sich an dem Zuwachsprozent von Plenterbeständen orientiert. Dieser Wert erhebt aber keinesfalls den Anspruch objektiver Richtigkeit.

Der zu erwartende Nutzen eines Baumes läßt sich quantitativ in erster Annäherung durch sein Wertzuwachsprozent messen. Theoretisch wäre dann der günstigste Zeitpunkt zur Nutzung des Baumes erreicht, wenn das zu erwartende Wertzuwachsprozent der internen Verzinsung der besten Investitionsalternative (Opportunitätskosten) entspricht. Bäume mit bereits geringerem Wertzuwachsprozent wären besser zu nutzen, vorausgesetzt sie erbringen keine zusätzlichen Leistungen, die diesen Umstand aufwiegen. Das aus ihrer Nutzung resultierende Kapital ist effektiver alternativ zu investieren, z.B. um den Vorrat in anderen Beständen zu erhöhen oder um Flächen zuzukaufen (vgl. KROTH 1967 [b]; 1968).

2.3.2 Berechnungen

Die Berechnungen des Wertes einzelner Bäume basieren auf der Kalkulation der mit Verkauf und Aufarbeitung verbundenen Nettoeinzahlung (Einzahlungen durch Verkauf der Sortimente minus Auszahlungen für Aufarbeitung und Rückung). Dazu wurden im Zuge einer Hiebsmaßnahme 41 Fichten und Tannen zufällig ausgewählt, deren tatsächlich angefallenen Sortimente, BHD und Höhen direkt nach der Fällung stammweise erfaßt wurden (CASADO REBOLLO 1996). Die Kalkulation basiert auf den in Tab. 1 und 2 angegebenen Grundlagen.

Um den zu erwartenden Wertzuwachs zu kalkulieren, wurde eine von LOETSCH (1954) zur Berechnung des Massenzuwachses beschriebene Methode angewandt. Ausgangspunkt der Überlegungen ist, daß der Wertzuwachs hauptsächlich durch die Änderung der Dimensionen⁸ des Baumes innerhalb einer bestimmten Zeit gesteuert wird. Dadurch ergeben sich zwei Komponenten des Wertzuwachses: die eine ist die erwartete Veränderung einer Dimension pro Zeiteinheit (i_x), die andere die dadurch hervorgerufene Wertveränderung. Grundlage für die Herleitung des Wertzuwachses ist eine Beziehung zwischen Wert und Dimension (x) eines Baumes, die sich näherungsweise durch folgende Gleichung beschreiben läßt:

$$\text{Wert} = b_0 + b_1 x^z \quad (1)$$

Bei starker Qualitätsdifferenzierung innerhalb einer Gruppe von Bäumen gleicher Dimension kann durch Gleichung (1) jedoch eine erhebliche Reststreuung verbleiben. Um den Wert des Baumes besser zu erfassen, kann z.B. eine Dummy-Variable (Z)⁹ (vgl. BORTZ 1985; EL KATEB 1991) verwendet werden, durch die die Qualität des Baumes beschrieben wird. Die Gleichung zur Berechnung des Wertes des Baumes erhält dadurch folgende Form:

$$\text{Wert} = (b_0 + b_2 Z) + (b_1 + b_3 Z) x^z \quad (2)$$

Der Differentialquotient $\frac{d\text{Wert}}{dx}$ ist ein Steigungsmaß der Wertkurve. Er gibt für eine bestimmte Dimension x die laufende Veränderung des Baumwertes an, den der Stamm für die Veränderung von x um eine Einheit aufweist. Der Quotient läßt sich anhand der ersten Ableitung der Gleichung (2) nach x berechnen:

$$\frac{d\text{Wert}}{dx} = z (b_1 + b_3 Z) x^{z-1} \quad (3)$$

⁸ Die Dimensionen des Baumes können z.B. der BHD, die Höhe oder sein Volumen sein.

⁹ Z ist im Falle hochwertiger Bäume 1, bei normaler Qualität dagegen -1.

Aus der Kombination der jährlichen Veränderung von x (hier i_x) und Gleichung (3) kann der Wertzuwachs pro Jahr berechnet werden:

$$i_{\text{Wert}} = i_x \frac{d\text{Wert}}{dx} \quad (4)$$

Der so berechnete Wertzuwachs läßt sich als Wertzuwachsprozent ausdrücken, indem man ihn auf den Wert des Baumes (berechnet nach Gleichung (2)) bezieht.

2.4 Statistik

2.4.1 Analyse des Sortimentsanfalls

Der Einschlag im Plenterwaldteil ist tendenziell immer dann hoch, wenn im Schlagwaldteil wenig eingeschlagen wird und umgekehrt. Deshalb kann hinsichtlich des Sortimentsanfalls in beiden Betriebsklassen Unabhängigkeit nicht zweifelsfrei unterstellt werden. Daher wurde die Differenz des Holzeinschlags zwischen Plenter- und Schlagwald für jedes Jahr und jede Holzsorte berechnet. Der so organisierte Datensatz wurde dann mit für abhängige Beobachtungen geeigneten Teststatistiken geprüft, die nach der Art der Verteilung der Differenzen (normal oder nicht) ausgewählt wurden (SCHLOTZHAUER und LITTELL 1991).

2.4.2 Stammweise Analysen

Die nachfolgend beschriebenen Regressionsrechnungen wurden mit Hilfe des Statistikprogramms SAS 608 durchgeführt (Proc Reg). Die „am besten“ geeigneten unabhängigen Variablen wurden durch Einsatz der Option SELECTION=STEPWISE im Anhalt an MUSSONG (1989) gesucht. Zur Auswahl des „besten“ Regressionsmodells war nicht allein das Bestimmtheitsmaß, sondern vor allem die Bewertung der Homogenität der Residuen entscheidend (FREESE 1964; HRADEZKY 1978; KLEINBAUM et al. 1988; EL KATEB 1991). Alle im Zuge der jeweiligen Regressionsrechnungen verwendeten Y-Werte sind unabhängig voneinander. Auf eine normale Verteilung der Residuen wurde Wert gelegt. Im Rahmen einer Ausreißersuche wurden alle Wertepaare eliminiert, deren standardisierte Residuen erheblich aus dem Rahmen von $\pm 1,96$ herausfielen. Zusätzlich wurde Cook's D berechnet, um einflußreiche Beobachtungen zu erkennen und zu beseitigen (FREUND und LITTELL 1991).

3. Ergebnisse

3.1 Analyse der in beiden Betriebsklassen angefallenen Sortimente

Im Durchschnitt ergab sich ein jährlicher Einschlag von 4,90 Efm/ha/J im Schlagwald (40091 Efm insgesamt) und von 4,58 Efm/ha/J im Plenterwald (22742 Efm insgesamt). Diese Werte liegen sehr nahe am durch den Forstwirtschaftsplan 1972 festgesetzten Hiebssatz (5,1 Efm/ha/J für den Schlagwald; 4,3 Efm/ha/J für den Plenterwald (AMMERER et al. 1972)). Die geringen Abweichungen kommen dadurch zustande, daß sich der festgesetzte Hiebssatz und die vorgestellten Daten nicht auf dieselben Perioden beziehen.

3.1.1 Struktur des Einschlags nach Sortimenten

Die sortimentsweise Zusammensetzung des Einschlags wird am Beispiel des Fichten- und Tannenholzes beschrieben, da das Buchenholz zu etwa 79 % (5534 von 7032 Efm) als Brennholz genutzt wird. Die überwiegende Menge des im Schlagwald anfallenden Fichten/Tannenstammholzes wird nach der Mittenstärken- bzw. Abschnittssortierung klassifiziert (Abb. 1, oben), die eine Ansprache der Holzgüte beinhaltet. Während hier schwache Stammstücke dominieren (Mittendurchmesser 20-24 cm), verteilen sich die Langholzsortimente (Heilbronner Sortierung) annähernd normal auf die Langholzklassen. Im Schlagwald fallen

etwa 0,06 Efm/ha/J Stammwerkholz¹⁰ an. Einen erheblichen Teil des eingeschlagenen Holzvolumens nimmt Brenn- und Industrieholz ein (25,9 %; Tab. 3).

Die Verteilung des Holzeinschlags auf Sortimente unterscheidet sich im Plenterwald grundlegend von der im Schlagwaldes (Abb. 1, unten): zunächst ist der Anteil des nach der Mittenstärke sortierten Holzes noch erheblich höher als im Schlagwald, der des Langholzes dagegen deutlich geringer. Insbesondere das nach der Mittenstärke sortierte Holz ist wesentlich durch starke Sortimente geprägt. Es dominieren Stammstücke der Stärkeklasse L/HL 4 (Mittendurchmesser 40-49 cm) mit einem Einschlag von etwa 0,39 Efm/ha/J (im Schlagwald sind es dagegen nur 0,18 Efm/ha/J). Die Einschlagsmasse an Stammwerkholz fällt mit etwa 0,25 Efm/ha/J (5,5 % vom Gesamteinschlag) rund viermal so hoch aus wie im Schlagwald. Zwar ist das eingeschlagene Volumen an Brenn- und Industrieholz erheblich (23,8 %, vgl. Tab. 3), es liegt jedoch nicht über dem des Schlagwaldes. Die Zusammensetzung des Holzanfalls nach Güteklassen unterscheidet sich nur unwesentlich, sieht man von dem deutlich höheren Anteil an Wertholz im Plenterwald ab.

Die Unterschiede im Einschlag schwacher (Mittendurchmesser 10-24 cm und Stangen) und starker Stammstücke (Mittendurchmesser 40-69 cm und Stammwerkholz) sind nicht gut durch Zufall zu erklären, d.h. sie können im statistischen Sinne als erheblich (signifikant) bezeichnet werden (Abb. 2). Die beobachteten Unterschiede im Anfall an Lang-, Brenn- und Industrieholz dagegen lassen sich nicht statistisch absichern (eine Ausnahme bildet lediglich die Heilbronner Klasse 4).

3.1.2 Finanzielle Bewertung

Durch den hohen Anteil an geringwertigen Sortimenten (Brenn- und Industrieholz) sind die durchschnittlichen Holzpreise für einen Efm in beiden Betriebsklassen relativ niedrig (Tab. 3). Zwischen den beiden Betriebsklassen zeigen sich jedoch deutliche Unterschiede:

Auf der einen Seite werden im Plenterwald um etwa 14 % höhere Bruttopreise erreicht (119,24 gegenüber 104,92 DM/Efm), auf der anderen Seite liegen die Auszahlungen für Holzernte- und Rückarbeiten um etwa 9 % niedriger (44,43 gegenüber 48,86 DM/Efm). Alle Komponenten zusammen bewirken eine um 34 % höhere durchschnittliche Nettoeinzahlung durch einen aus dem Plenterwald stammenden Efm (74,80 gegenüber 56,05 DM, Tab. 3).

3.2 Ergebnisse für Einzelstämme

Im Zuge der Plenterung muß für jeden einzelnen Stamm entschieden werden, ob er geerntet werden soll oder nicht. Diese Entscheidung sollte nicht allein auf waldbaulicher Intuition, sondern auch auf fundierten ökonomischen Grundlagen fußen.

3.2.1 Wertentwicklung in Abhängigkeit von der Baumdimension

Die Beziehung zwischen dem Wert je Baum und dem BHD zeigt einen relativ engen positiven Zusammenhang der beider Größen (Abb. 3). Das Wertniveau von Bäumen, die Stammwerkholzsortimente enthalten, ist bei vergleichbarem Durchmesser jedoch deutlich höher als dasjenige von Bäumen normaler Qualität. Es ist deshalb zweckmäßig, eine zweite Variable zu verwenden, die die Holzqualität berücksichtigt.

Es wird deshalb eine Dummy-Variable Z eingeführt, die für Stämme mit Wertholz = 1, für normale Stämme = -1 gesetzt wird (vgl. 2.3.2). Da sich zwischen Fichte und Tanne kein signifikanter Unterschied ergab, basieren die Gleichungen sowohl auf Fichten als auch auf Tannen (35 Bäume insgesamt).

¹⁰ Es handelt sich dabei um die Sorte Stammwerkholz W der HKS, also um Holz, das statistisch der Güteklasse A (EWG) zugerechnet wird. Mindestdimension ist 35 cm (Mittendurchmesser). Es muß geradschaftig, ohne Druckholz, ohne Wurzelanlauf, äußerlich astrein sowie beulenfrei oder fast beulenfrei und gut spaltbar sein sowie einen gleichmäßigen, nicht grobringigen Jahrringbau aufweisen.

Die Regressionsgleichung bei Meßzahlen nach der HKS lautet¹¹:

$$\text{Wert}_{\text{HKS}} = (136,19713717 + 177,24977335 Z) + 0,03839611 \text{ BHD}^{2,3} \quad (4)$$

Die Verteilung der Residuen (ein Beispiel zeigt Abb. 4) gibt keine Hinweise darauf, daß das verwendete Regressionsmodell durch eine Transformation zu verbessern wäre oder daß eine weitere Variable in das Modell aufgenommen werden sollte. Es wird daher angenommen, daß die Voraussetzungen für die Regressionsrechnung nicht verletzt sind.

Wechselwirkungen zwischen den Variablen $\text{BHD}^{2,3}$ und Z sind nicht signifikant. Deshalb ergeben sich aus der Regressionsgleichung zwei Kurven mit derselben Steigung (Abb. 3): eine für Holz normaler, die andere für solches hoher Qualität. Die Kurven verlaufen im Überlappungsbereich (BHD 60 bis 73 cm) in einem *konstanten* Abstand von 382 DM zueinander. Verglichen mit qualitativ normalem Holz kann eine stärkere Wertzunahme der werkholzhaltigen Stämme bei steigendem BHD anhand dieses Datenmaterials nicht nachgewiesen werden.

Die Regressionsgleichung bei Unterstellung konstanter Meßzahlen (also konstanter Preises je Efm) für die Stärkeklassen ab H4, L/HL 3a lautet¹²:

$$\text{Wert}_{\text{mod.}} = (202,69691467 + 218,87608853 Z) + 0,02921164 \text{ BHD}^{2,3} \quad (5)$$

Regressionsgleichung (5) hat dieselbe Struktur wie Gleichung (4). Die Parameter haben sich jedoch deutlich geändert: Während die Preise je Baum bis zu einem BHD von etwa 44 cm für beide Varianten im wesentlichen identisch sind (Sorten stärker als H4 und L/HL 3a kommen i.d.R. erst bei höheren BHD vor), sinken ab diesem BHD die Werte im Vergleich zu denen bei Verwendung von Meßzahlen nach der HKS um bis zu 200 DM je Baum (Abb. 3). Dadurch fällt die Steigung der Wertkurve von 0,03839611 auf 0,02921164 ab.

Wegen der zufriedenstellenden Ergebnisse der Regressionsanalysen wurde die Charakterisierung der Baumdimensionen lediglich durch den BHD als ausreichend angesehen.

Die durch eine Zunahme des BHD um einen cm hervorgerufene laufende Wertveränderung eines Baumes läßt sich jeweils anhand der ersten Ableitung der Wertkurven nach dem BHD berechnen:

$$\frac{d\text{Wert}(\text{HKS})}{dBHD} = 0,088311053 \text{ BHD}^{1,3} \quad (6)$$

$$\frac{d\text{Wert}(\text{mod.})}{dBHD} = 0,067186772 \text{ BHD}^{1,3} \quad (7)$$

Demnach ist der laufende Wertzuwachs für einen cm BHD-Zunahme, den ein Baum von BHD 50 cm aufweist, 14,27 DM (bzw. 10,86 DM im Fall der Gleichung (7)); das ist der Wertunterschied zwischen BHD 49,5 und 50,5 cm.

3.2.2 Wertzuwachs

Um den Wertzuwachs pro Jahr angeben zu können, ist zusätzlich die Kenntnis des Durchmesserzuwachses (i_d) notwendig. Für dessen Schätzung wurde vom Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der LMU München Datenmaterial von drei im Kreuzberger Gemeindewald gelegenen ertragskundlichen Versuchsflächen (PRETZSCH 1985) zur Verfügung gestellt. Es konnte jedoch nur ein sehr loser Zusammenhang zwischen BHD und Durchmesserzuwachs festgestellt werden. Ein Absinken des Durchmesserzuwachses von Bäumen mit großen Dimensio-

¹¹Der BHD wird als fehlerfrei gemessen unterstellt. Alle drei Parameter sind signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,001$ ($R^2 = 0,9653$; durchschnittlicher mittlerer Fehler $\pm 62,91$ DM).

¹²Alle drei Parameter sind signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,001$ ($R^2 = 0,9741$; durchschnittlicher mittlerer Fehler $\pm 48,88$ DM).

nen, wie von AMMERER et al. (1972) in Kreuzberg festgestellt, ist bis zu einem BHD von fast 90 cm nicht nachweisbar.

Es ergeben sich folgende Regressionsgleichungen:

$$\text{Für Fichte}^{13}: \ln(i_d) = -1,61717915 + 0,1906549 \ln(\text{BHD}) \quad (8)$$

$$\text{Für Tanne}^{14}: \ln(i_d) = -1,06587387 - 62169,00333691 \text{BHD}^{-3,5} \quad (9)$$

Die durchgeführten Regressionsanalysen lassen den weit überwiegenden Anteil der Streuung des Durchmesserzuwachses unerklärt. Deshalb wurden für die Berechnung des Wertzuwachses zusätzlich die Durchmesserzuwächse des oberen und unteren 95 % Konfidenzbandes (für einzelne Beobachtungen) verwendet. Wie Abb. 5 zeigt, erhält man durch dieses Vorgehen für das Wertzuwachsprozent (Wertzuwachs/Wert des Baumes * 100) ein von zwei Extremkurven (sehr hoher und sehr niedriger Durchmesserzuwachs) eingeschlossenes Feld. Das aktuelle Wertzuwachsprozent eines Baumes ist irgendwo innerhalb dieses Feldes zu suchen.

Wie zu erwarten (z.B. MOOG 1990) sinkt das Wertzuwachsprozent mit steigendem BHD deutlich, da der Wert der Bäume (Gleichung (4) und (5)) gegenüber dem Wertzuwachs überproportional steigt. Die anhand des durchschnittlichen Durchmesserzuwachses berechnete Kurve des Wertzuwachsprozentes für Fichte schneidet die 2 %-Gerade bei einem BHD von etwa 55 cm. Allerdings erreichen sehr vitale Bäume bei diesem BHD (mit Durchmesserzuwachsen bis 0,7 cm je Jahr) noch Wertzuwachsprozente von weit über 3 %. Ein BHD von 55 cm kann deshalb bei einem Kalkulationszinsfuß von 2 % keinesfalls als schematische Größe eingesetzt werden, um den günstigsten Einschlagszeitpunkt für Bäume ohne Wertholzerwartung zu bestimmen. Bei vitalen Bäumen kann es durchaus gerechtfertigt sein, einen wesentlich höheren Durchmesser anzustreben.

Die Kurve des Wertzuwachsprozentes bei Unterstellung gleichbleibender Meßzahlen ab H 4 und HL/L 3a verläuft für Bäume mit geringem BHD wesentlich niedriger als die Kurve bei Verwendung von Meßzahlen nach der HKS (Abb. 5). Die Kurve des Wertzuwachsprozentes bei nicht HKS-gemäßen Meßzahlen nähert sich jedoch der auf Meßzahlen der HKS beruhenden Kurve an. Der BHD, bei dem ein durchschnittliches Wertzuwachsprozent von 2 % erreicht wird (53 cm) liegt nur geringfügig unter dem für die echten Meßzahlen berechneten (55 cm).

Das Wertzuwachsprozent von Stämmen, die Stammwerkholz enthaltenden, ist etwa 1 % und verändert sich mit zunehmendem BHD kaum (Abb. 5, oben). Das relativ niedrige Wertzuwachsprozent ergibt sich trotz der absolut hohen Wertzuwächse, weil in diesen wertvollen Bäume ein großes Kapital gebunden ist (Nettowerte einzelner Stämme bis über 1300 DM).

Wegen des deutlich niedrigeren Durchmesserzuwachs-niveaus der Weißtanne wird ein Wertzuwachsprozent von 2 % im Durchschnitt bereits mit einem BHD von etwa 43 cm erreicht (Abb. 5, unten). Der Streubereich des Wertzuwachsprozentes der Tanne ist jedoch erheblich breiter als der der Fichte, weil die Durchmesserzuwachswerte für Bäume mit gleichem BHD stärker variieren. Sehr vitale Tannen können sogar höhere Wertzuwachsprozente erreichen als vergleichbare Fichten.

Bäume hoher Qualitätserwartung (feinästig, gerade, rund) erzielen nur Preise von Holz normaler Qualität, wenn sie die für Stammwerkholz notwendige Dimension¹⁵ noch nicht erreicht haben. Deshalb ist damit zu rechnen, daß solche Bäume bei Erreichen der erforderlichen Dimension sprunghaft in ihrem Wert ansteigen. Der Wert eines 66 cm dicken

¹³ $R^2 = 0,06$; F-Wert der Regression 6,07 (Irrtumswahrscheinlichkeit $0,001 < \alpha < 0,01$).

¹⁴ $R^2 = 0,15$; F-Wert der Regression 189,53 (Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha < 0,001$).

¹⁵ Der schwächste Baum der Stammwerkholz enthielt hatte einen BHD von 61 cm. Das Stammwerkholz war jedoch eher geringer Güte (geeignet für Klaviatur).

Baumes kann beispielsweise um mehr als $2/3$ (Wertzuwachs von ca. 70 %) ansteigen, wenn der Holzkäufer sich bei dieser Dimension dafür entscheidet, den Preis für Stammwerkholz zu zahlen. Sobald jedoch ein solcher Baum Stammwerkholz enthält, sinkt sein Wertzuwachsprozent auf ein Niveau von etwa 1 %.

4. Diskussion und Schlußfolgerungen

Zu Beginn dieser Arbeit wurden fünf Arbeitshypothesen aufgestellt, die in diesem Kapitel im Zusammenhang mit den vorgestellten Ergebnissen diskutiert werden sollen.

4.1 Analysen auf Ebene der Betriebsklassen

Arbeitshypothese A lautet: Der aus dem Plenterwald resultierende Einschlag unterscheidet sich zumindest hinsichtlich bestimmter Sortimente wesentlich von dem des Altersklassenwaldes.

Die Analyse der in einer Periode von 31 Jahren angefallenen Holzsortimente ergibt für den Plenterwald einen signifikant niedrigeren Einschlag je Jahr und ha an schwachen Sorten (Mittendurchmesser 10-24 cm). Starke Holzsortimente (Mittendurchmesser 40-69 cm) und Stammwerkholz dagegen werden signifikant mehr eingeschlagen. Damit kann Arbeitshypothese A akzeptiert werden.

Dieses Ergebnis ist vordergründig betrachtet unplausibel wenn man unterstellt, daß die „... Baumzahlverteilung nach Durchmesserklassen im Plenterwald ... derjenigen überraschend ähnlich“ ist, „die sich ergibt, wenn aus Ertragstafeln die durchschnittlichen Baumzahlen je Durchmesserklasse und Hektar für eine ganze Betriebsklasse entnommen werden ...“ (BURSCHEL und HUSS 1996). Diese Überlegung hat bereits ASSMANN (1961) unter Zuhilfenahme der Daten des württembergischen Plenterversuchsbestandes Schömberg angestellt. Der Versuchsbestand Schömberg enthält jedoch keine Durchmesser in Brusthöhe über 64 cm. Nach Ergebnissen von SCHÜTZ (z.B. 1992; 1994; 1996) zeigt der Plenterbetrieb aber gerade im starken Durchmesserbereich eine verglichen mit dem Schlagwald um 60 % höhere Stammzahl. Seine Ergebnisse belegen auch, daß der Plenterbetrieb durch eine frühe Individualisierung der Produktion (SCHÜTZ 1992) im schwächeren Durchmesserbereich (bis BHD 50 cm) mit 33 % weniger Stämmen auskommen kann als der gleichförmige Hochwald (SCHÜTZ 1992). Die Tendenz für die geringe Ausstattung des Plenterwaldes mit schwächeren Stämmen bestätigt im übrigen auch der oben zitierte Vergleich einer theoretischen Betriebsklasse mit dem Plenterbestand Schömberg (ASSMANN 1961).

Die von SCHÜTZ (1989) hervorgehobene frühe Individualisierung der Produktion im Plenterwald macht eine gänzlich andere Art waldbaulicher Eingriffe möglich. Während in mittelalten und alten Fichten-Beständen des Schlagwaldes aus Gründen der Stabilität lediglich schwächere Bäume der herrschenden Schicht bzw. zurückfallende oder unter- und zwischenständige Bäume entnommen werden können (BURSCHEL und HUSS 1996), geschieht im Plenterwald häufig genau das Gegenteil: Schon FLURY (1933) beschreibt, daß Starkholz hier in der Nutzungsmasse meist stärker vertreten ist als im verbleibenden Bestand. Nach SCHÜTZ (1989) fallen 80 % des im Plenterwald geernteten Holzvolumens in Form von Starkholzbäumen (BHD über 50 cm) an.

Die aufgezeigten, sich mit den Ergebnissen von SCHÜTZ deckenden deutlichen Unterschiede im Sortimentsanfall zwischen Plenter- und Schlagwald sind vermutlich auch nicht auf den erwähnten „unnormalen“ Aufbau des Schlagwaldes zurückzuführen: Die hohen Flächendurchschnittsalter (77,5 (AMMERER et al. 1972) bzw. 85 Jahre (PLEDL 1994)) deuten darauf hin, daß ältere Bestände dominieren, aus denen relativ starke Sortimente hervorgehen. Die Unterschiede beruhen offensichtlich auf Verschiedenheiten des Gefüges beider Wald-

bausysteme. Sie sind diesen waldbaulichen Betriebsformen eigene, wichtige Charakteristika, die durch den vorliegenden Vergleich herausgearbeitet werden sollten.

Hypothese B lautet: Die Unterschiede im Holzeinschlag führen im Plenterwald zu einer durchschnittlich höheren Nettoeinzahlung je Efm.

Die finanzielle Bewertung für einen im Plenterwald eingeschlagenen Efm ergibt verglichen mit dem Schlagwald eine um durchschnittlich 34 % höhere Nettoeinzahlung. Dieses Ergebnis kommt durch den um durchschnittlich etwa 14 % höheren Bruttoholzerlös und die deutlich niedrigeren Auszahlungen für Aufarbeitung und Rückung zustande. Damit kann auch Arbeitshypothese B angenommen werden.

Wenn sich die aufgezeigte Tendenz erhärten läßt, so sagen die erzielten Ergebnisse noch nichts über die Leistungsfähigkeit der Holzproduktion der beiden Waldbausysteme aus. Dazu müßte zunächst der langfristig nutzbare (nachhaltige) Hiebssatz bekannt sein. Unterstellt man, daß im Zuge der Forstbetriebsplanung 1972 der nachhaltig mögliche Hiebssatz festgelegt wurde, so könnte man folgende Rechnung aufstellen:

Plenterwald: 4,3 fm/ha/J x 74,45 DM/fm = 320,14 DM/ha oder 113 %

Schlagwald: 5,1 fm/ha/J x 55,60 DM/fm = 283,56 DM/ha oder 100 %

Daß der 1972 festgesetzte Hiebssatz wirklich dem nachhaltigen Nutzungspotential entspricht, ist jedoch unwahrscheinlich. So ergaben neuere Untersuchungen im Kreuzberger Plenterwald (FUCHS 1996) für den Zeitraum von 1971 bis 1993 einen periodischen Zuwachs von 8 Efm/ha/J. Der nicht eingeschlagene Anteil des Zuwachses muß im Rahmen der weiteren Untersuchungen berücksichtigt werden.

Außerdem wurde bei den vorgestellten Ergebnissen nur die Ertrags- und Kostenstelle Holzernte betrachtet. Innerhalb der Bayerischen Staatsforstverwaltung machen jedoch alleine die Verwaltungskosten etwa 38 % des Betriebsaufwandes aus (Bay. Staatsministerium ELF 1995). Sie stellen damit nach den Kosten für die Holzernte den größten Posten dar. Aufgrund der hohen Stückmasse der bei der Ernte anfallenden Stämme sinken die Kosten für das Auszeichnen im Plenterwald je Efm erheblich. Kulturarbeiten und deren Kontrolle entfallen im Plenterwald praktisch ganz, die Sturmwurfauflistung tritt in den Hintergrund. Es wäre folglich denkbar, daß die Verwaltungskosten für einen Plenterwald geringer sind als für einen Schlagwald. Dieses gilt jedoch nur für einen Wald, der bereits eine plenterartige Verfassung aufweist, nicht dagegen für Wälder, die in Plenterwälder überführt werden sollen.

Im Zuge der Überführung von schlagweise erwachsenen Beständen in Plenterwald können erhebliche Investitionen notwendig sein (z.B. Verzicht auf die Nutzung der dicksten Stämme). In diesem Zusammenhang muß untersucht werden, ob eine vielleicht erst in 100 oder mehr Jahren erreichte wirtschaftliche Überlegenheit solche Investitionen rechtfertigt (MOOG 1996). Zwar ist die Kalkulation über einen so langen Zeitraum hinweg sehr problematisch. HAIGHT und GETZ (1987) stellen jedoch einen in diese Richtung zielenden Ansatz vor, der auch auf den Kreuzberger Gemeindewald angewendet werden kann.

4.2 Untersuchungen an einzelnen Stämmen

Arbeitshypothese C lautet: Das Wertzuwachsprozent einzelner Bäume läßt sich anhand einfach zu messender Größen gut schätzen. Es ist zum einen zur Bestimmung des optimalen Einschlagszeitpunktes gut geeignet. Zum anderen kann die Berechnung des Wertzuwachsprozentes eine wichtige Hilfe zur Festlegung der anzustrebenden Durchmesserverteilungen für den Plenterwald sein.

Mit Hilfe der ersten Ableitung der berechneten Wertkurven und einer Schätzfunktion für den Durchmesserzuwachs läßt sich der durchschnittliche absolute Wertzuwachs und damit auch das Wertzuwachsprozent berechnen. Bei der Berechnung der Regressionsgleichungen zur

Schätzung des Durchmesserzuwachses wurde lediglich der BHD (leicht zu messen) als Regressor verwendet. Der BHD allein erklärt aber nur einen geringen Anteil der Streuung des Durchmesserzuwachses. Schätzmaße für das Wertzuwachsprozent eines Baumes in Abhängigkeit vom BHD lassen sich deshalb nur in einem sehr weiten Rahmen angeben. Der erste Teil der Arbeitshypothese C kann deshalb nur bedingt akzeptiert werden. Das Wertzuwachsprozent kann nicht allein anhand des BHD eingeschätzt werden. Vitalität und Konkurrenzsituation des Baumes sind - neben anderen - entscheidende Größen, die sich jedoch im Zuge des Auszeichnens oft gut einschätzen lassen. Es ist deshalb schwierig für den optimalen Einschlagszeitpunkt einen statischen Zieldurchmesser anzugeben. Somit ist auch der zweite Teil von Arbeitshypothese C nicht voll zu akzeptieren.

Durch die Betrachtung des Wertzuwachsprozentes kann die Aufstellung einer Rangfolge der Erntemaßnahmen jedoch erleichtert werden: Stellt sich die Frage welcher von zwei Bäumen in der Oberschicht besser entnommen werden sollte, so ist es bei sonst gleichen Eigenschaften aus ökonomischer Sicht sinnvoll den dickeren vor dem dünneren Baum zu ernten, wie das im Plenterwald üblich ist. Denn zur Produktion des gleichen Wertzuwachses ist weniger Holzvorratskapital erforderlich, wenn das durch dünnere Bäume geschieht.

Als Hilfsmittel zur Fixierung einer angestrebten Durchmesservertelung ist das durchschnittliche Wertzuwachsprozent geeignet: Über die Kurve des Wertzuwachsprozentes in Abhängigkeit vom BHD läßt sich derjenige Durchmesser einfach ermitteln, der gerade noch einen der besten möglichen Investitionsalternative vergleichbaren Nutzen erwarten läßt. Durch das Festlegen der stärksten Durchmesserklasse der anzustrebenden Durchmesservertelung in der Größenordnung des so ermittelten Durchmessers ist gewährleistet, daß im Durchschnitt die letzte in einen Baum getätigte Investition - und auf die kommt es an (KROTH 1968) - gerade noch den Nutzen der besten Alternativenanlage erbringt. Der so ermittelte maximale Durchmesser der angestrebten Durchmesservertelung ist eine notwendige Information um - z.B. nach einem von MITSCHERLICH (1961) beschriebenen Verfahren - die „optimale“ Durchmesservertelung herzuleiten. Der letzte Teil von Arbeitshypothese C kann also bestätigt werden.

Ein Problem birgt jedoch die Berücksichtigung der Bäume, von denen Wertholz erwartet werden kann. Würde man die stärkste Durchmesserklasse nach dem oben beschriebenen Verfahren für die Fichte im Bereich von etwa 55 cm festlegen, so würden die meisten Fichten bereits geerntet, bevor sie die für Stammwerkholz notwendige Dimension erreicht haben. Um diese Bäume bei der Fixierung der anzustrebenden Durchmesservertelung zu berücksichtigen, sind Informationen darüber notwendig, wie wahrscheinlich ein Baum einmal Stammwerkholz enthalten wird. Dieses Problem könnte dadurch umgangen werden, daß die werkholzhaltigen Stämme zusammen mit denen normaler Qualität in eine kontinuierliche Wertkurve integriert werden. Diese Möglichkeit muß in Zukunft noch eingehender geprüft werden.

Der konsequente Vergleich des berechneten Wertzuwachsprozentes mit der internen Verzinsung einer bestimmten Investitionsalternative (hier beispielhaft 2 %) führt zu einem weiteren Problem: Die Tanne müßte im Durchschnitt bereits mit Erreichen eines BHD von 43 cm eingeschlagen werden, während die Fichte etwa 12 cm dicker werden sollte (normale Holzqualität vorausgesetzt). Eine solche Maßnahme hat waldbaulich unerwünschte Konsequenzen. Der Tannenanteil würde weiter abgesenkt, denn die starken, volumenreichen Durchmesserstufen würden nur noch von der Fichte besetzt. Dadurch würde zum einen das Naturverjüngungspotential der Tanne geschwächt. Zum anderen kann es durch die Reduzierung der für das Gefüge wichtigen Tanne zu einer Gefährdung der Nachhaltsstruktur kommen. Die hohe Variabilität des Wertzuwachses der Tanne weist aber darauf hin, daß ihr Wertzuwachs waldbaulich beeinflußbar ist. Durch konsequente Pflege der Tanne v. a. in niedrigen Durchmesserklassen (insbesondere durch Auflösung von Trupps) kann die Kronenform der Tanne, die in einem engen Zusammenhang zu ihrem Durchmesserzuwachs steht (SOMMER

1961), günstig beeinflusst werden. Daneben müssen die bislang noch nicht monetär quantifizierbaren Nutzen der Tanne (z. B. Bodenpflege, günstige Auswirkungen auf die Struktur) berücksichtigt werden. KROTH (1967 [b]) empfiehlt im Rahmen einer analogen Fragestellung sich in solchen Fällen mit einer bescheideneren Zinsforderung zu begnügen.

Arbeitshypothese D lautet: Es ist aus ökonomischer Sicht sinnvoll, starkes, hochwertiges Holz zu produzieren.

Es konnte an einem Beispiel gezeigt werden, daß der Wert eines Baumes mit günstigen Qualitätseigenschaft zu dem Zeitpunkt, zu dem sich der Holzkäufer aufgrund der erreichten Dimension des Baumes dazu entscheidet, für das untere Stammstück den Stammwerkholzpreis zu zahlen, um etwa 70 % zunehmen kann. Es wäre deshalb ökonomisch nicht sinnvoll solche Bäume zu entnehmen, bevor diese Dimension erreicht ist. Arbeitshypothese D kann damit angenommen werden.

Es zeigte sich jedoch auch, daß das Wertzuwachsprozent auf etwa 1 % sinkt, wenn die Bäume bereits Stammwerkholz enthalten. Ist also aufgrund der äußerlichen Qualitätsansprache und der Dimension eines Baumes sehr wahrscheinlich damit zu rechnen, daß Stammwerkholz ausgehalten werden kann, so hat dieser Baum sein Produktionsziel erreicht und sollte in den kommenden Jahren geerntet werden¹⁶. Diese Ansprache ist jedoch nicht immer eindeutig möglich.

Die letzte Arbeitshypothese E lautet: Wird für Holzsortimente stärker als Heilbronner Klasse 4 bzw. Mittenstärke Klasse 3 a ein Anstieg der Meßzahl ausgeschlossen, so sinken die ökonomisch sinnvollen Zieldurchmesser erheblich.

Am Beispiel der Fichte wurde berechnet, daß ein durchschnittliches Wertzuwachsprozent von 2 % unter Berücksichtigung der in Arbeitshypothese E gemachten Vorgabe mit einem BHD von etwa 53 cm gerade noch erreicht wird. Dieser BHD liegt lediglich um 2 cm niedriger als der unter Vorgabe „HKS-gemäßer Meßzahlen“ berechnete BHD. Obwohl die im Rahmen dieser Hypothese gemachte Unterstellung extrem ist, unterscheidet sich der so berechnete BHD für Holz normaler Qualität nur wenig von dem für einen Meßzahlanstieg laut HKS berechneten. Das Wertzuwachsprozent von Bäumen starker Dimension ist offensichtlich auch bei Änderungen des Preisgefüges relativ stabil. Arbeitshypothese E wird deshalb in ihrer krassen Form nicht akzeptiert.

Zudem ist es auf lange Sicht fraglich, ob diese Hypothese Relevanz behält: So ermöglicht die moderne Schnittholzsortierung durch Maschinen eine erhebliche Steigerung der Ausbeute aus starkem Rohholz (GLOS und TRATZMILLER 1996). Auch nach SCHÜTZ (1996) muß die weitere Entwicklung des Starkholzmarktes nicht unbedingt pessimistisch gesehen werden.

Eine Reihe neuer wissenschaftlicher Beiträge (z. B. SCHÜTZ 1989; 1992; 1994; BIEHL 1991; BUONGIORNO et al. 1994; 1995 und SEYDACK 1995) bestätigt das große Interesse am Plenterwald und dem „originellen“ (SCHÜTZ 1989) Prinzip der Plenterung. Zudem deuten Ergebnisse von KÖNIG (1995) sowie SPELLMANN und v. LÜPKE (1996) darauf hin, daß gleichaltrig aufgebaute, nadelholzdominierte Bestände durch beigemischtes Laubholz nur wenig stabilisiert werden können. Deshalb erscheint es sinnvoll, unsere Kenntnisse in der planmäßigen Bewirtschaftung kleinflächig ungleichaltrig aufgebauter Wälder zu vertiefen, auch wenn ihre flächenmäßige Ausdehnung nur äußerst gering ist (SCHÜTZ 1989; BURSCHEL und HUSS 1996).

¹⁶ Auch dieser Grundsatz ist natürlich nicht schematisch anzuwenden: Gründe der Wertholznachhaltigkeit, die Funktion dieser Bäume als jederzeit realisierbare stille Rücklage die größere Wahrscheinlichkeit der stärker dimensionierten Bäume auch wirklich Werkholz zu enthalten und andere Dinge können dazu führen, die Bäume durchaus dicker werden zu lassen.

5. Literatur

- ASSMANN, E., 1961: Waldertragskunde. München, Bonn, Wien: BLV, 490 S.
- AMMERER, W.; KOCH, H.; REICHENBERGER, S. und SCHREYER, G., 1972: Forsteinrichtungswerk Gemeindewald Kreuzberg. Unveröffentlicht.
- AMMON, W., 1951: Das Plenterprinzip in der Waldwirtschaft. 3. Auflage. Stuttgart: Paul Haupt.
- Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung - Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung, 1995: Bericht der Arbeitsgruppe „Forsteinrichtung in Strukturreichen Wäldern“. Unveröffentlicht.
- Bay. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1990: Naturnahe Forstwirtschaft: Schutz und Pflege des Waldes. München: Esta Druck.
- Bay. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1995: Jahresbericht 1994. München.
- BIEHL, R., 1991: Buchenplenterwirtschaft - dargestellt am Beispiel des Forstreviers Langula. Diplomarbeit Forstw. Fak. Techn. Univ. Dresden. Unveröffentlicht.
- BORTZ, J., 1985: Lehrbuch der Statistik: Für Sozialwissenschaftler. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer.
- BUONGIORNO, J.; DAHIR, S.; LU, H.-C. und LIN, C.R., 1994: Tree Size Diversity and Economic Returns in Uneven-Aged Forest Stands. *Forest Science* 40, 83-103.
- BUONGIORNO, J.; PEYRON, J.-L.; HOULLIER, F. und BRUCIAMACCHIE, M., 1995: Growth and Management of Mixed-Species, Uneven-Aged Forests in the French Jura: Implications for Economic Returns and Tree Diversity. *Forest Science* 41, 397-429.
- BURSCHEL, P. und HUSS, J., 1996: Grundriß des Waldbaus: Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Pareys Studentexte. 2. Aufl. Berlin, Wien: Blackwell. Im Druck.
- CASADO REBOLLO, A.B., 1996: Application of the sorting and cubing program BDAT on all-aged trees: A case study for spruce and fir on the Kreuzberg Municipal Forest. Diplomarbeit Forstw. Fak. LMU München. Unveröffentlicht.
- EGER, A., 1929: Erörterungen zur Waldstandsrevision im Gemeindewald "Kreuzberg" 1929/48. Unveröffentlicht.
- EL KATEB, H., 1991: Der Einfluß waldbaulicher Maßnahmen auf die Sproßgewichte von Naturverjüngungspflanzen im Bergmischwald. *Forstliche Forschungsberichte München* Nr. 111.
- FLURY, P., 1933: Über die Wachstumsverhältnisse des Plenterwaldes. *Mitt. Eidg. Anst. forstl. Versuchswesen* 18, 55-152.
- FREESE, F., 1964: Linear Regression Methods for Forest Research. U.S. Forest Service Research Paper FPL 17.
- FREUND, R.J. und LITTELL, R.C., 1991: SAS System for Regression. SAS series in statistical applications. Cary: SAS Institute Inc.
- FUCHS, A., 1994: Forsteinrichtung im Kreuzberger Gemeindewald. Betriebsklasse II: Plenterwald. Unveröffentlicht. In: *Forstwirtschaftsplan für den Rechtlerwald Kreuzberg 1994-2013*. PLEDL, A. Regen.
- FUCHS, A., 1996: Forsteinrichtung im Kreuzberger Plenterwald. *Forstw. Cbl.* 115, 51-62.
- GLOS, P. und TRATZMILLER, M., 1996: Höherwertige Starkholznutzung durch verbesserte Einschnitt- und Sortierverfahren. Abschlußbericht 94506 über das Projekt „X 25“ des BayStMELF. Unveröffentlicht.
- GÖTTLEIN, A., 1994: Der Einfluß von Baumdimension, Standort und Holzqualität auf den Versteigerungserlös von Furniereichen. *Forstw. Cbl.* 113, 354-366.
- HAIGHT, R.G. und GETZ, W.M., 1987: Fixed and Equilibrium Endpoint Problems in Uneven-Aged Stand Management. *Forest Science* 33, 908-931.
- HOLM, M., 1974: Modelluntersuchungen zur einzelstammweisen Nutzung nach Zieldurchmessern. Dargestellt am Beispiel der Buche. Diss. Forstw. Fak. Freiburg.
- HRADETSKY, J., 1978: Das Bestimmtheitsmaß: Kritische Bemerkungen zu seiner Anwendung im forstlichen Versuchswesen. *Forstw. Cbl.* 97, 168-181.
- KLEINBAUM, D.G.; KUPPER, L.L. und MULLER, K.E., 1988: Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods. 2nd Edition. Boston: PWS-KENT Publishing Company.

- KÖNIG, A., 1995: Sturmgefährdung von Beständen im Altersklassenwald: Ein Erklärungs- und Prognosemodell. Frankfurt a.M.: Sauerländer's.
- KÖSTLER, J.N., 1956: Allgäuer Plenterwaldtypen. *Forstw. Cbl.* 75, 423-458.
- KÖSTLER, J.N., 1973: Einige Bemerkungen zum Forsteinrichtungswerk Gemeindewald Kreuzberg. Stand 1. Januar 1972. Ramsau. Unveröffentlicht.
- KROTH, W., 1967 [a]: Die Holzartenwahl unter markt- und betriebswirtschaftlichem Aspekt. *Allgem. Forstz.* 22, 31-32.
- KROTH, W., 1967 [b]: Die betriebswirtschaftlich optimale Bestockungsdichte. *Forstw. Cbl.* 86, 53-60.
- KROTH, W., 1968: Der forstliche Produktionszeitraum. In: *Möglichkeiten optimaler Betriebsgestaltung in der Forstwirtschaft*. Hrsg.: SPEIDEL, G. und STEINLIN, H. München, Basel, Wien: Bayerischer Landwirtschaftsverlag, 173-184.
- KROTH, W. und BARTELHEIMER, P., 1993: *Holzmarktlehre*. Pareys Studentexte 77. Hamburg, Berlin: Parey, 210 S.
- LOETSCH, F., 1954: Das Tariffdifferenzverfahren zur Massenzuwachsermittlung. *Schweiz. Z. Forstwes.* 105, 207-233, 276-296.
- MITSCHERLICH, G., 1961: Untersuchungen in Plenterwäldern des Schwarzwaldes. Die Versuchsflächen Wolfach 3/II und Freudenstadt, Plenterwald 5. *Allg. Forst u. J Ztg.* 132, 61-73, 85-96.
- MÖHRING, B., 1994: Über ökonomische Kalküle für forstliche Nutzungsentscheidungen. *Schriften zur Forstökonomie Band 7*. Frankfurt a.M.: Sauerländer's.
- MOOG, M., 1990: Überlegungen zur optimalen Zielstärke der Buche. *Allgem. Forstz.*, 45: 1158-1160.
- MOOG, M., 1996: Forstwirtschaft: Wirtschaften mit naturnahen Ökosystemen. Vortrag im Rahmen des Rundgespräches "Forstwirtschaft im Konfliktfeld Ökologie - Ökonomie", 22./23.4.1996 der Kommission Ökologie der BADW in München. Im Druck.
- MUSSONG, M., 1989: Multiple Regressionsmodelle maximaler Treffsicherheit für die Anwendung im SAS-System. *Forstarchiv*, 60: 236-238.
- PECHMANN, H. von und LIPPEMEIER, P., 1975: Untersuchungen über die Schmittholzqualität von Tannen- und Fichtenholz aus Plenterbeständen. *Forstw. Cbl.* 94, 351-364.
- PLEDL, A., 1994: Forstwirtschaftsplan für den Reichtlerwald Kreuzberg 1994-2013. Regen. Unveröffentlicht.
- PRETZSCH, H., 1985: Die Fichten-Tannen-Buchen-Plenterwaldversuche in den ostbayerischen Forstämtern Freyung und Bodenmais. *Forstarchiv* 56, 3-9.
- RIEGER, G., 1984: Leistung von Forstmaschinen. *Forstarchiv* 55, 115-117.
- RIEGER, G., 1986: Vergabe von Rückeleistungen. *Forsttechnische Informationen* Nr. 12.
- SAUKEL, F.P., 1959: Plenterwaldbestände des Bayerischen Waldes. *Forstw. Cbl.* 78, 279-297.
- SCHLOTZHAUER, S.D. und LITTELL, R.C., 1991: *SAS System for Elementary Statistical Analysis*. Third Edition. Cary, USA: SAS Institute.
- SCHULZ, G., 1993: Betriebswirtschaftliche Aspekte des Plenterwaldes. *Allgem. Forstz.* 48, 731-733.
- SCHÜTZ, J.-P., 1989: Der Plenterbetrieb. Deutsche Übersetzung von Chr. Dietz. Unterlage zur Vorlesung Waldbau III, Waldverjüngung und zur SANASILVA-Fortbildungskursen. Zürich: Fachbereich Waldbau, ETH Zürich. Unveröffentlicht.
- SCHÜTZ, J.-P., 1992: Die waldbaulichen Formen und die Grenzen der Plenterung mit Laubbaumarten. *Schweiz. Z. Forstwes.* 143, 442-460.
- SCHÜTZ, J.-P., 1994: Geschichtlicher Hergang und aktuelle Bedeutung der Plenterung in Europa. *Allg. Forst u. J. Ztg.* 165, 106-114.
- SCHÜTZ, J.-P., 1996: Bedeutung und Möglichkeiten der biologischen Rationalisierung im Forstbetrieb. *Schweiz. Z. Forstwes.* 147, 315-349.
- SELING, Irene, 1996: Zur Überführung von Altersklassenwald in Dauerwald - Versuch einer wirtschafts empirischen Analyse im Forstamt Erdmannshausen. Arbeitsbericht Institut für Forstökonomie Univ. Freiburg Nr. 22.

- SEYDACK, A.H.W., 1995: An unconventional approach to timber yield regulation for multi-aged, multispecies forests. I. Fundamental considerations. *For. Ecol. Manage.* 77, 139-153.
- SIEGMUND, E., 1973: Aufwand und Ertrag bei waldbaulichen Betriebsformen. Diss. Forstw. Fak. Univ. München.
- SOMMER, H.G., 1961: Tannenkronen im Plenterwald. *Forstw. Cbl.* 80, 215-223.
- SOMMER, H.G., 1963: Alter und Baumhöhen in Plenterbeständen. *Forstw. Cbl.* 81, 11-17.
- SOMMER, H.G., 1963: Lokaltarif für einen Plenterbetrieb im Bayerischen Wald. *Forstw. Cbl.* 82, 220-233.
- SPELLMANN, H. und LÜPKE, B. von, 1996: Aspects of stability and growth of mixed spruce/beechn stands as a basis of silvicultural decisions. Talk at the second workshop "Mixed Forests" in München/Freising, 25 to 28 March 1996.
- VÖLKELE, U., 1995: Analyse der Verjüngung in ausgewählten Bereichen des Kreuzberger Plenterwaldes. Diplomarbeit Forstw. Fak. LMU München. Unveröffentlicht.
- WALDHERR, M., 1995: Das Stärkeklassenverfahren - eine Möglichkeit zur Ertragsregelung in naturnah und naturgemäß bewirtschafteten Wäldern. *Forst und Holz* 50, 430-436.
- WILLIAMS, M.R.W., 1981: Decision-Making in Forest Management. Chichester, New York, Brisbane, Toronto: Research Studies Press.
- WOHLERT, D.-G., 1993: Ein Modellansatz zur Erhaltung des Erfolgskapitals in Forstbetrieben. Schriften zur Forstökonomie Band 5. Frankfurt a.M.: Sauerländer's.

Anschrift des Verfassers: Thomas Knoke
 Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung
 der LMU München
 Hohenbachernstr. 22
 85 354 Freising

Tabellen:

Tab. 1. Verwendete Holzpreise

Table 1. Prices used in the calculations

	Preise	Sorten größer als H5 oder L 4 /HL 4
Stammholz		
Güteklasse A EWG (DM/Efm)		
bessere	350	
durchschnittliche ¹⁷	300	
schlechtere Qualität	250	
Güteklasse B EWG (%)	345	335
Güteklasse C EWG (%)	300	290
Güteklasse D EWG (DM/Efm)	65	
Brennholz (DM/Efm)	15 (Fichte/Tanne) 30 (Buche)	
Industrieholz (DM/Efm)	50	
Stangen (DM/Efm)	150	

Tab. 2. Kalkulationsgrundlagen für Holzernte- und Rückekosten

Table 2. Calculation basis for harvesting and skidding costs

Holzernte (DM/Min. Vorgabezeit)	0,2782
Motorsäge (DM/Min. Vorgabezeit)	0,1410

¹⁷ Der Durchschnittswert wurde für den Betriebsklassenvergleich verwendet. Die Differenzierung erfolgte für die Berechnungen auf Ebene der Einzelstämme.

Werkzeugenschädigung (DM/Min. Vorgabezeit)	0,0022
Lohnnebenkosten (in % der direkten Holzerntekosten) ¹⁸	130
EST-Zuschläge ¹⁹ (%)	
Plenterwald	23
Schlagwald	19
Zuschlag für mittlere Rückentfernung (%)	10
Zuschlag für mittlere Fahrtfernung (%)	5
Zuschlag für Behinderung des Rückens durch Naturverjüngung (%)	
Plenterwald	5
Schlagwald	0

Tab. 3. Ergebnisse der finanziellen Bewertung

Table 3. Results of the financial evaluation

	Baumarten- gruppe	Schlagwald	Plenterwald	Plenterwald in % des Schlagwaldes
Einschlag in Efm		40091	22742,13	
Stammholz (%)		74,1	76,2	
Fi/Ta in Efm		28890 (81,0 %)	16637 (82,6 %)	
Buche in Efm		804 (18,2 %)	693 (26,6 %)	
Brenn- und Industrieholz (%)		25,9	23,8	
Fi/Ta in Efm		6778 (19,0 %)	3497 (17,4 %)	
Buche in Efm		3619 (81,8 %)	1915 (73,4 %)	
Einschlag in Efm/ha/J		4,90	4,58	93
Durchschnittliche Ein- zahlung in DM/Efm ± Standardfehler	insgesamt	104,92 ± 1,11	119,24 ± 1,94	114
	Fi/Ta	111,93 ± 1,14	127,36 ± 1,98	114
	Buche	48,33 ± 2,27	56,60 ± 2,51	117
Auszahlungen für Aufarbeitung und Rückung in DM/Efm ± Standardfehler	insgesamt	48,86 ± 0,53	44,43 ± 0,71	91
	Fi/Ta	50,55 ± 0,61	45,79 ± 0,79	91
	Buche	35,28 ± 0,32	34,00 ± 0,42	96
Nettoeinzahlung in DM/Efm ± Standardfehler	insgesamt	56,05 ± 1,41	74,80 ± 2,34	134
	Fi/Ta	61,39 ± 1,56	81,57 ± 2,51	133
	Buche	13,05 ± 2,38	22,60 ± 4,89	173

¹⁸vgl. Bay. Staatsministerium ELF (1995).

¹⁹Quelle: Auswertung der Hiebsdaten verschiedener Hiebe des Winters 1995 in Mauth (bereitgestellt durch Forstoberrat PAULI).

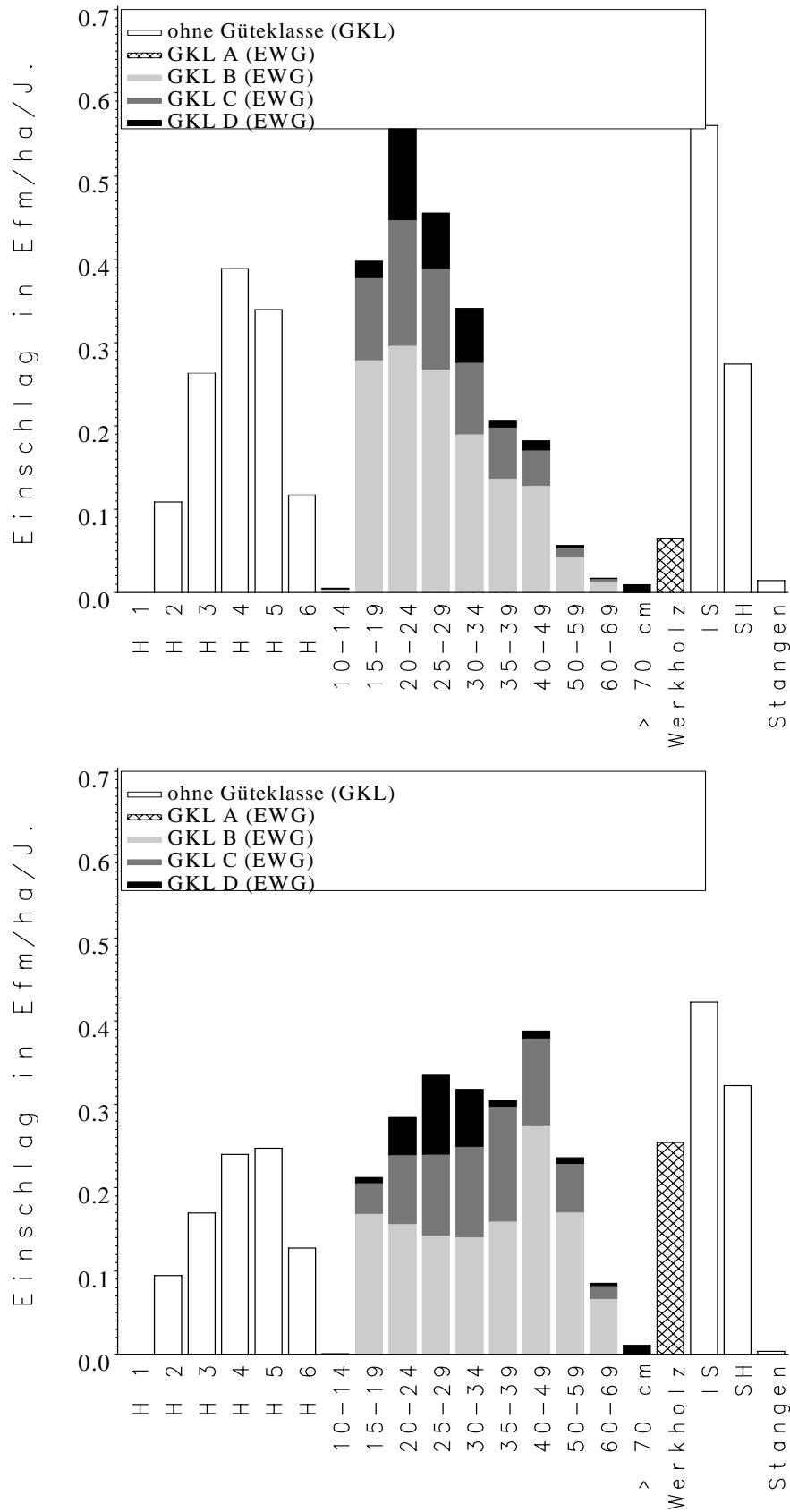


Abb. 1. Zusammensetzung des Holzeinschlags nach Sortimenten am Beispiel von Fichten- und Tannenhholz. Oben: Schlagwald (35 668 Efm insgesamt); unten: Plenterwald (20 134 Efm insgesamt)

Fig. 1. Composition of assorted logs of spruce and fir. Top: even-aged forest (overall 35 668 cubic meter); bottom: uneven-aged forest (overall 20 134 cubic meter)

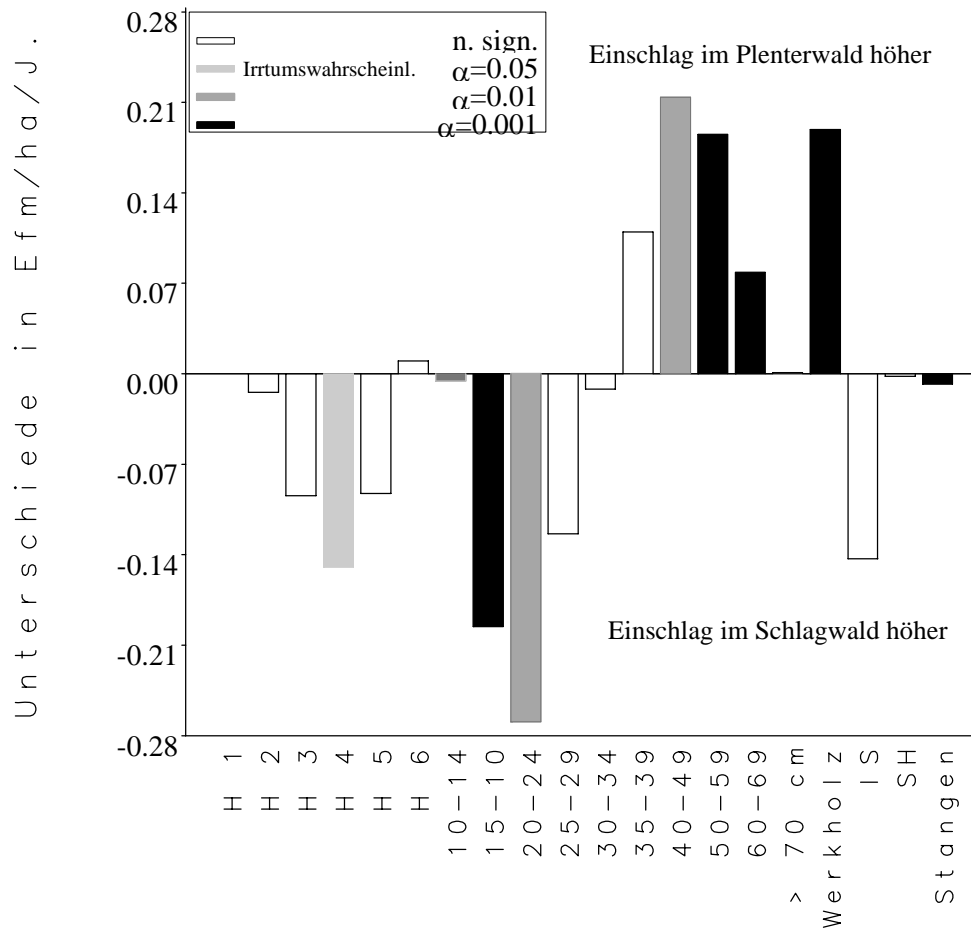


Abb. 2. Unterschiede in der Sortimentszusammensetzung (Einschlag im Plenterwald minus Einschlag im Schlagwald)

Fig. 2. Differences in composition of assorted logs (cut under uneven-aged management minus cut under even-aged management)

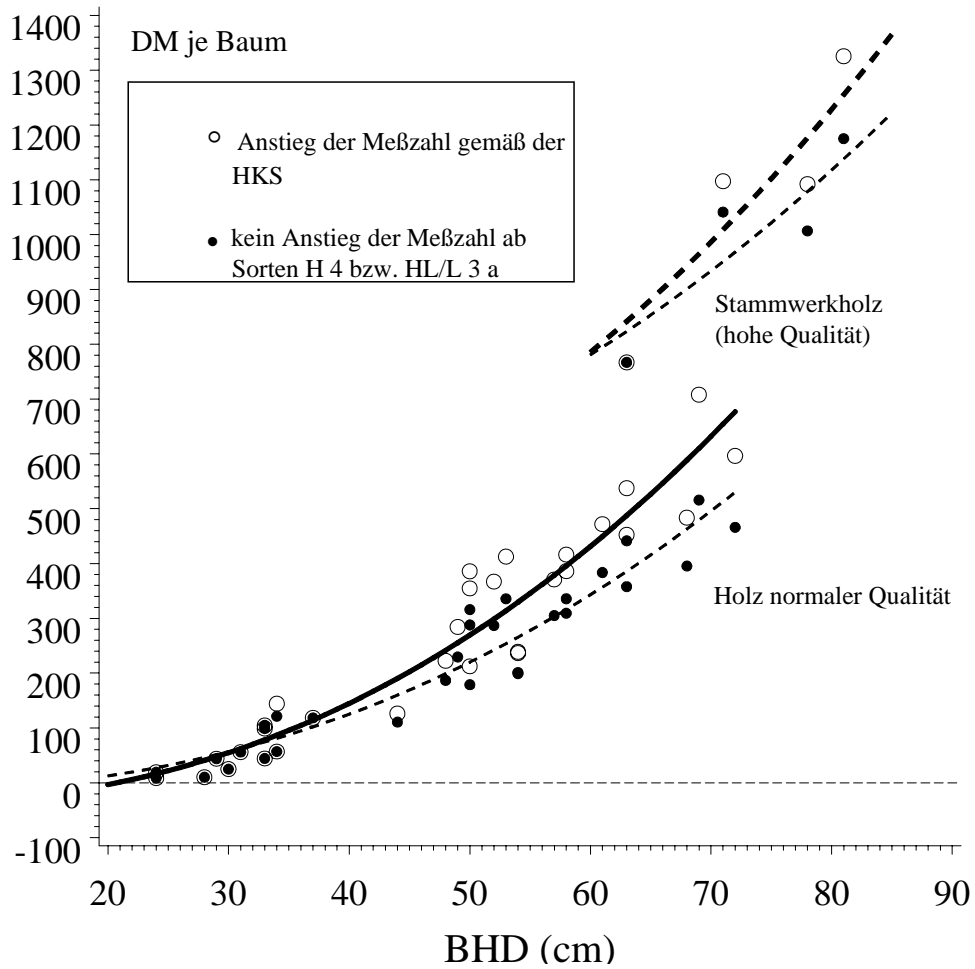


Abb. 3. Beziehung zwischen dem Wert je Baum und dem BHD (gültig für Fichte und Tanne; N=35)

Fig. 3. Relation between tree value and dbh (valid for spruce and fir; N=35)

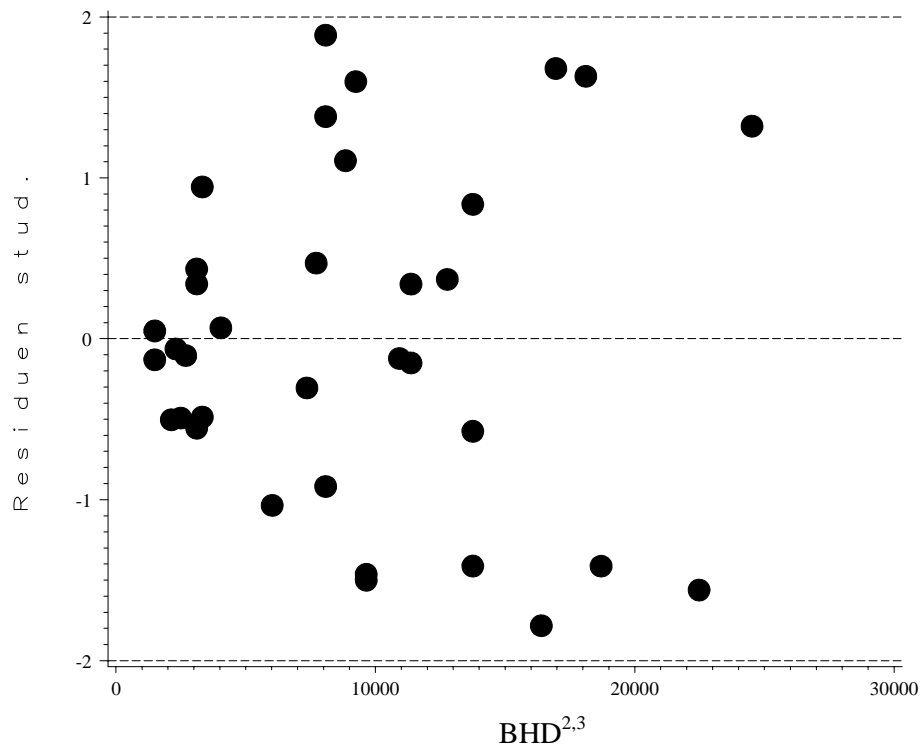
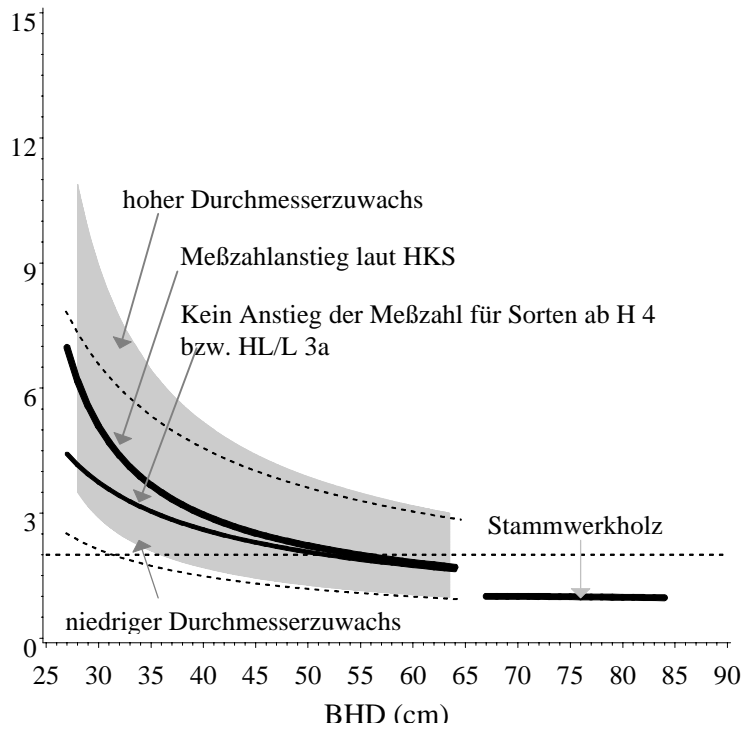


Abb. 4. Streudiagramm der Residuen (Regressionsrechnung für Meßzahlanstieg gemäß HKS)

Fig. 4. Scatter plot of residuals (measuring figures after HKS)

Wertzuwachsprozent (%)



Wertzuwachsprozent (%)

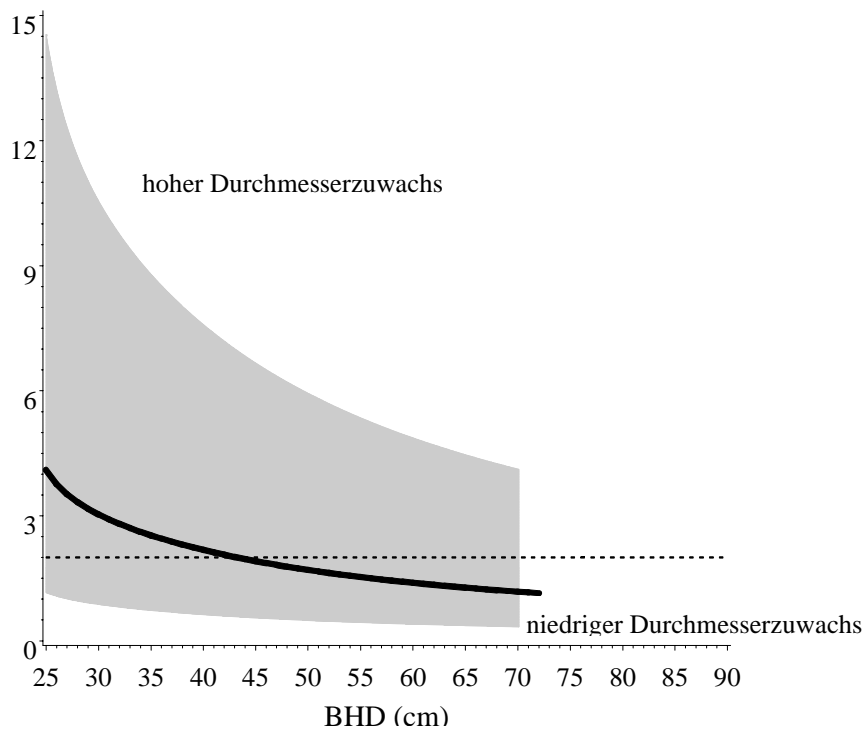


Abb. 5. Wertzuwachsprozent. Oben: Fichte; unten: Tanne
Fig. 5. Relative value increment. Top: spruce; bottom: fir