

# Zur betriebswirtschaftlichen Optimierung der Vorratshöhe in einem Plenterwald

## *On the Economic Optimisation of the Growing Stock in a Selection Forest*

Von Thomas Knoke

Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der LMU München

### 1 Einleitung

Der Holzvorrat kann als regenerierbare natürliche Ressource betrachtet werden (DEEGEN 1997). Im Sinne der Wirtschaftstheorie ist er ein Kapitalgut und damit Produktionsfaktor; er wird vom Wirtschaftssystem (also von den Forstbetrieben) selbst produziert und als Input für die weitere Produktion von Gütern (v. a. Holz) und Dienstleistungen eingesetzt (SAMUELSON und NORDHAUS 1987).

Die den Forstleuten etwas ungewöhnlich erscheinende Betrachtung des Holzvorrates als Kapital (und damit als Wertgegenstand, vgl. DEEGEN 1997), dessen Bestand nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten gestaltet werden muß, ist gerade in Zeiten knapper finanzieller Mittel besonders nützlich: Zwar gehen wir davon aus, daß der Wertzuwachs mit zunehmendem Holzvorrat ansteigt – jedenfalls bis zu einer gewissen Vorratsgrenze. Jeder Vorratsaufbau bedeutet jedoch, daß im Interesse zukünftig höherer Nutzungsmöglichkeiten auf Holzeinschlag und damit auf Einnahmen verzichtet werden muß (MÖHRING 1997). Der Aufbau des Holzvorrates ist folglich ein typisches Beispiel für eine Investition: Der Waldbesitzer verzichtet auf gegenwärtig möglichen Konsum, um in Zukunft in den Genuß eines höheren Konsums zu kommen (PERTZ 1983, SAMUELSON und NORDHAUS 1987).

Es stellt sich allerdings die Frage, wie effektiv ein Nutzungsverzicht zum Vorratsaufbau eigentlich ist: Um wieviel DM steigt der Wertzuwachs, wenn der Holzvorrat z. B. um 40 Fm angehoben wird und wieviel kostet das? Sollte man einen Teil des im Holzvorrat investierten Kapitals besser in anderer Art im Forstbetrieb anlegen? Kurz gesagt geht es darum, welche Holzvorratshöhe optimal ist.

Der Versuch, die optimale Vorratshöhe in einem Plenterwald nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten abzuleiten, ist keineswegs neu (vgl. z. B. DUERR und BOND 1952). Hierzu wird häufig ein statisch vergleichender Optimierungsansatz verwendet (ADAMS 1976, ODERWALD und DUERR 1990, DEEGEN 1997), der sich im Prinzip als Modellansatz für die Nutzung anderer natürlich regenerierbarer Ressourcen, wie z. B. Fisch- oder Wildbestände ebenso eignet (DEEGEN 1997): Im Falle der Optimierung der Vorratshöhe wird durch den Vergleich zweier Plenterbestände mit unterschiedlicher Vorratshöhe untersucht, welche Wertzuwachsmehrung durch einen entsprechenden Aufbau von Holzvorrat zu erwarten ist und auf welche Einnahmen im Zuge des Holzvorratsaufbaus verzichtet werden muß<sup>1)</sup>.

Während der höhere Wertzuwachs des vorratsreicheren Bestandes erst in Zukunft größere Nutzungsmöglichkeiten bedeutet, muß der dazu notwendige Holzvorratswert (in DM/ha) durch gegenwärtigen Konsumverzicht (Mindereinnahmen) aufgebaut werden. Konkret heißt das: Der Holzeinschlag muß, gemessen am Zuwachs, unter dem potentiell möglichen bleiben. Diese Tatsache verursacht Kosten für den Forstbetrieb, denn die entgehenden Einnahmen hätten nutz-

bringend alternativ investiert, konsumiert oder zur Deckung laufender Kosten verwendet werden können.

Der Waldbesitzer muß aufgrund der Entwicklung von Wertzuwachs und Wert des Holzvorrates mit zunehmender Vorratshöhe entscheiden, bis zu welcher Vorratshöhe es sich für ihn lohnt, Holzvorrat durch Einschlagsverzicht aufzubauen. In vorratsreichen Plenterbetrieben kann sich auch die Frage stellen, ob der Waldbesitzer besser Vorrat abbauen sollte, um das dadurch frei werdende Kapital effektiver in seinen Forstbetrieb zu investieren (forstliche Investitionsalternativen könnten 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 oder der Stabilität, Schaffung von Vertikalstrukturen zur Stabilisierung u. ä.).

Um die oben zunächst qualitativ beschriebenen Zusammenhänge quantifizieren zu können, versucht vorliegender Beitrag anhand eines konkreten Beispiels, die folgenden Fragen zu beantworten (Fragenkomplex 1):

- Wie entwickeln sich Wertzuwachs und Wert des Holzvorrates in einem Plenterwald mit zunehmender Holzvorratshöhe?
- Wie rentabel ist ein Verzicht auf Holzeinschlag zum Aufbau von Holzvorrat in einem Plenterwald?

Das oben beschriebene statisch vergleichende Verfahren der Vorratsoptimierung, welches z. B. von KROTH (1968) auch zur Kalkulation der optimalen Umtriebszeit für den Altersklassenwald verwendet wurde, erscheint zunächst einleuchtend. Wie der konkrete Übergang von einem Betriebszustand mit einer bestimmten Holzvorratshöhe in einen anderen erfolgen soll, und wie hoch die mit diesem dynamischen Prozeß verbundenen Einnahmeausfälle bzw. -überschüsse wirklich sind, geht aus einem statischen Vergleich von Betriebszuständen mit höherem bzw. niedrigerem Holzvorrat jedoch nicht unbedingt hervor (MÖHRING 1994). Deshalb wird zusätzlich auf die folgenden zwei Fragen eingegangen (Fragenkomplex 2):

- Wie kann ein bestimmter, nachhaltiger Betriebszustand im Plenterwald mit höherem Holzvorrat durch eine entsprechende Hiebsführung aus einem nachhaltigen Zustand mit niedrigerem Holzvorrat heraus entwickelt werden?
- Entspricht der Unterschied im Wert des Holzvorrates zweier Betriebszustände, der im Zuge des statischen Vergleichs als Einnahmeausfall durch Einschlagsverzicht interpretiert wird, tatsächlich den Mindereinnahmen, die während des dynamischen Überganges von einem Betriebszustand in den anderen entstehen?

## 2 Wertzuwachs und Holzvorratshöhe im Plenterwald

### 2.1 Das Untersuchungsgebiet

Das im folgenden präsentierte Datenmaterial wurde im Rahmen einer Studie zur Forstbetriebsplanung in ungleichaltrigen Wäldern gewonnen (KNOKE 1998), die durch die Bayerische

<sup>1)</sup> Der Unterschied des Wertes der Holzvorräte (Abtriebswert) der verglichenen Bestände wird als der Einnahmeausfall interpretiert, der entsteht, wenn der Plenterbestand mit niedrigerem in den Zustand des Plenterbestandes mit höherem Vorrat zu versetzt wird.

Staatsforstverwaltung finanziell unterstützt wurde. Die Untersuchungen wurden im Plenterwaldteil des Kreuzberger Gemeindewaldes (Innerer Bayerischer Wald) durchgeführt. Dort herrschen für das Waldwachstum günstige Standortseinheiten und ein kühl-feuchtes Mittelgebirgsklima vor (Tab. 1).

Detailliertere Beschreibungen des Untersuchungsgebietes finden sich bei: SAUKEL (1959), SOMMER (1961; 1962; 1963), AMMERER et al. (1972), v. PECHMANN und LIPPEMEIER (1975), PRETZSCH (1981; 1985), PLEDL (1994), VÖLKE (1995), CASADO REBOLLO (1996), FUCHS (1996) und GILCH (1997).

Die Ergebnisse der letzten Inventur im Jahr 1993 durch eine Vollklappung im 162,4 ha großen Plenterwaldteil erga-

Tab. 1: **Standortsdaten des Kreuzberger Gemeindewaldes (verändert nach FUCHS 1996).**

Wuchsbezirk	Innerer Bayerischer Wald (11.3)
Höhe ü. NN	693–860 m
Jahr.durchschn.temperatur	5,7–6,5 °C
Jahr.niederschl.mittel	1000–1200 mm
Standortseinheiten	77 % Lehme und lehmige Sande 15 % mineralische Naßböden 8 % organische Naßböden

ben einen Durchschnittsvorrat von 378 Efm/ha, der sich zu 61 % aus Fichte, zu 25 % aus Tanne und zu 14 % aus Buche zusammensetzte (FUCHS 1996).

## 2.2 Methodisches Vorgehen

Eine Analyse des ertragsgeschichtlichen Zuwachses verschiedener Unterabteilungen des Kreuzberger Plenterwaldes in Abhängigkeit von der Vorratshöhe erbrachte keinen klaren Zusammenhang zwischen Zuwachs- und Vorratshöhe (KNOKE 1998). Die Existenz eines solchen Zusammenhanges war nach den Ergebnissen der Untersuchungen von MITSCHERLICH (1961)<sup>2)</sup> und SCHÜTZ (1975) auch nicht zu erwarten. Dennoch ist mit einer Variation des Wertzuwachses mit der Vorratshöhe zu rechnen, da die Durchmesserstruktur vorratsreicher Bestände sich deutlich von der vorratsarmer Bestände unterscheidet: Die zu erzielenden Nettoeinnahmen steigen – falls keine Entwertung des Holzes durch Fäule stattfindet – mit zunehmenden Dimensionen der Bäume an, da die Holzerntekosten je Efm abnehmen und die Holzpreise je Efm, insbesondere wenn Wertholz ausgehalten werden kann, ansteigen oder zumindest konstant bleiben.

Um Zusammenhänge zwischen Wertzuwachs und Vorratshöhe aufzudecken, bietet es sich an, Modellrechnungen durchzuführen. Zu diesem Zweck wurden sieben Plenterwald-Modellbestände konstruiert, die einen Vorratsrahmen von 150 bis 520 Efm/ha abdecken. Die Stammszahlverteilungen auf Durchmesserklassen folgen einheitlich einer negativen Exponentialfunktion (vgl. MEYER 1933), die Durchmesserklassen sind jedoch unterschiedlich besetzt, und die Maximaldurchmesser unterscheiden sich deutlich. Die Konstruktion der idealisierten Stammszahlverteilungen erfolgte auf Basis empirischer Analysen von 77 Plenterwaldflächen auf denen im Zuge der letzten Inventur insgesamt 43.389 Stämme, die einen Holzvorrat von 61.766 Efm repräsentieren, erfaßt wurden (vgl. FUCHS 1996, KNOKE 1998). In Abbildung 1 sind beispielhaft die Stammszahlverteilungen für drei Modellbestände dargestellt.

Die Baumdaten der idealisierten Stammszahlverteilungen wurden zur Prognose des Wachstums der Modellbestände in den Simulator SILVA 2.1 (vgl. z. B. PRETZSCH 1992, 1993, PRETZSCH und KAHN 1996 sowie KAHN und PRETZSCH 1997) eingesteuert. Die Parameter der Wachstumsfunktionen des Modells wurden basierend auf Daten von Versuchsflächen aus dem Kreuzberger Plenterwald (PRETZSCH 1981, 1985, PRETZSCH und BACHMANN 1995) an die örtlichen Wuchsverhältnisse in Kreuzberg angepaßt.

<sup>2)</sup> Mitscherlich fand in einem sehr weiten Vorratsrahmen von 200 bis 500 Vfm/ha keine Abhängigkeit vom Volumenzuwachs zum Holzvorrat.

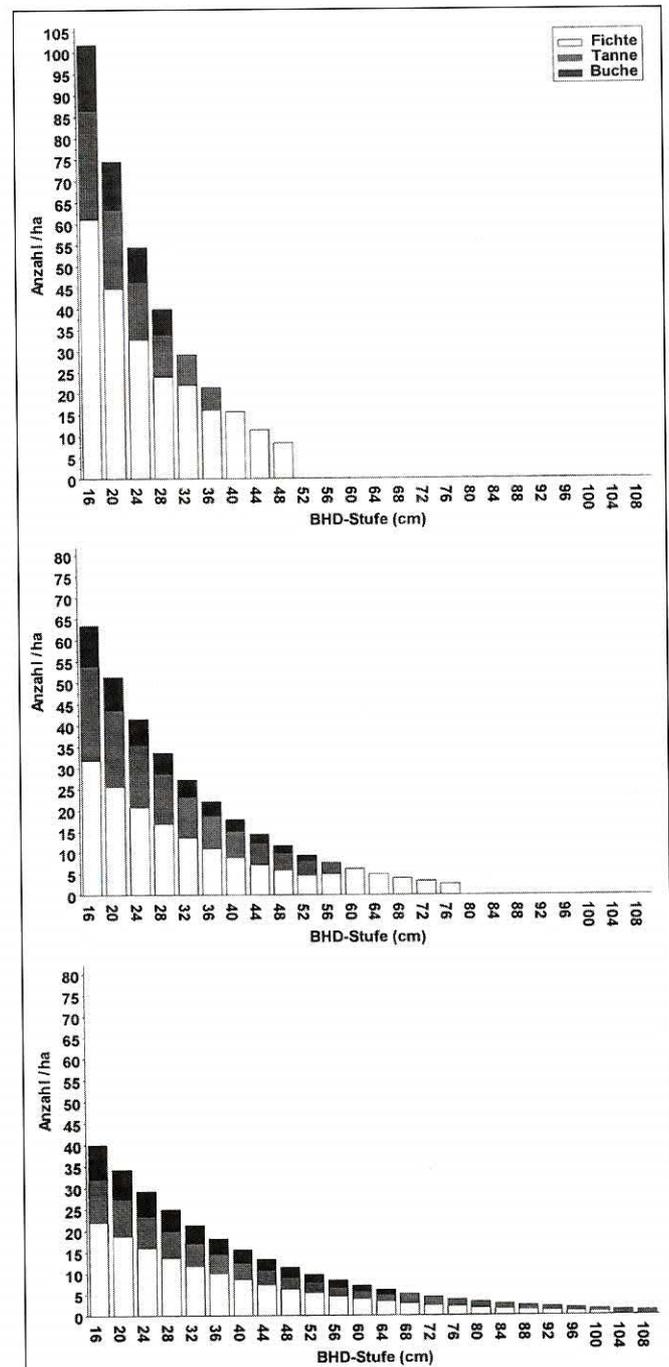


Abb. 1: Beispiele für Stammszahlverteilungen von Plenterwald-Modellbeständen, die einen Vorrat von 148 (oben), 273 (Mitte) und 419 Efm/ha (unten) repräsentieren.

Das Wachstum der Bäume dieser Modellbestände wurde mit Hilfe des Simulators über insgesamt 20 Jahre prognostiziert, die Wachstumssimulation erfolgte in Perioden von fünf Jahren Länge. Jeweils zu Beginn einer fünfjährigen Periode fand eine Plenterung statt. Dazu wurde die in der vorhergehenden Periode fortgeschriebene Stammszahlverteilung mit der ursprünglichen Stammszahlverteilung (Startverteilung) verglichen, die zu Beginn der Simulation vorlag. Es wurden Bäume in den Durchmesserklassen als ausscheidend gekennzeichnet, deren Stammszahl größer war als die der Startverteilung. Die Auswahl dieser Bäume erfolgte zufällig, jedoch proportional zum Anteil der jeweiligen Baumart in der entsprechenden Durchmesserklasse.

Die Stammszahl der schwächsten Durchmesserklasse (14–17,9 cm) wurde jeweils wieder aufgefüllt, da dem Simulator bislang ein Verjüngungsmodell fehlt, das für den Plenterwald gültig ist. Zudem wurde davon ausgegangen, daß die

natürlich abgängigen Bäume im Zuge der Nutzung entnommen werden, das in SILVA integrierte Mortalitätsmodell (vgl. DURSKEY 1997) wurde deshalb ausgeschaltet.

Verbleibender und ausscheidender Bestand wurden mit Hilfe des für die Bundeswaldinventur entwickelten Voluminierungs- und Sortierungsprogramms BDAT (KUBLIN und SCHARNAGL 1988) sortiert und voluminiert<sup>3)</sup>. Die Güteklassenstruktur wurde basierend auf der Analyse des wirklichen Holzeinschlags<sup>4)</sup> im Kreuzberger Plenterwald für jede Stärkeklasse festgelegt.

Die Ausgaben für die Holzaufarbeitung wurden auf Grundlage des EST kalkuliert, diejenigen für die Rückung basieren auf Berechnungen nach dem Tarif von RIEGER (1984, 1986). Als Preisniveau wurde der 1995 durch die Bayerische StFoV erzielte Durchschnittspreis für Fichte H 4 unterstellt (377 Prozent der Meßzahl)<sup>5)</sup>.

Der Wertzuwachs, der von den sieben verschiedenen zusammengesetzten Beständen geleistet wurde, konnte aufgrund der Bewertung einerseits in Beziehung zum Vorrat und andererseits in Beziehung zum Wert dieses Vorrates (Abtriebswert) gesetzt werden. Auf diese Weise konnte berechnet werden, wie groß der Vorteil ist, der sich von einem bestimmten Vorratswert ausgehend durch eine Vorratssteigerung ergibt.

## 2.3 Ergebnisse

Die Volumenzuwächse der sieben Modellbestände schwanken, wie nach den empirischen Befunden von MITSCHERLICH (1961) und SCHÜTZ (1975) zu erwarten, nur in geringem Maße (Tab. 2). Das Niveau des über 30 Jahre hinweg berechneten ertragsgeschichtlichen Zuwachses (8,6 Efm/ha/J) wird durch die Modellbestände (7,7 bis 8,0 Efm/ha/J) nicht ganz erreicht<sup>6)</sup>.

Mit Ausnahme der beiden sehr vorratsreichen Modellbestände (Vorräte um 500 Efm/ha) läßt sich der Holzvorrat mit Hilfe von vier nach oben beschriebenen Verfahren durchgeführten Eingriffen über 20 Jahre hinweg relativ stabil halten. Eine nennenswerte Absenkung des Vorrates um 44 bzw. 56 Efm/ha findet nur in den beiden vorratsreichen Beständen statt. Wird unterstellt, daß die Ergebnisse der Simulationsrechnung nicht zu pessimistisch sind, so zeichnet sich bei Holzvorräten um 500 Efm/ha unter den in Kreuzberg herrschenden Wuchsverhältnissen ab, daß Plenterstrukturen kaum mehr stabil gehalten werden können. Die von den sehr vorratsreichen Beständen erzielten Wertzuwächse (vgl. folgendes Kapitel) als nachhaltig anzusehen, ist deshalb eine äußerst optimistische Unterstellung.

Tab. 2: Ergebnisse der Simulationsrechnungen mit SILVA und der Bewertung der Naturaldaten (Standardfehler in Klammern).

Vorrat (Efm/ha)	Volumenzuwachs (Efm/ha/J)	Wert des Holzvorrates (DM/ha)	Wertzuwachs (DM/ha/J)
148 (± 0,51)	7,9 (± 0,06)	9.843 (± 109)	824 (± 4,47)
200 (± 0,40)	7,9 (± 0,06)	17.588 (± 58)	981 (± 7,64)
263 (± 1,46)	8,0 (± 0,08)	28.190 (± 158)	1.208 (± 12,92)
286 (± 1,28)	8,0 (± 0,10)	31.342 (± 227)	1.238 (± 9,29)
382 (± 4,33)	8,0 (± 0,10)	55.195 (± 665)	1.462 (± 12,99)
513 (± 8,17)	7,7 (± 0,13)	90.292 (± 1.515)	1.586 (± 31,11)
514 (± 10,33)	7,8 (± 0,10)	91.214 (± 1.980)	1.607 (± 26,11)

<sup>3)</sup> Bevor BDAT zur Sortierung und Voluminierung eingesetzt wurde, wurden Studien zur Baumform im Kreuzberger Plenterwald durchgeführt (CASADO REBOLLO 1996). Hierbei wurden lokal gültige Funktionen zur Schätzung des Durchmessers in 7 m der Stammhöhe erarbeitet. Die den Plenterwaldbäumen eigene Form konnte dadurch bei Sortierung und Voluminierung berücksichtigt werden.

<sup>4)</sup> Das von 1963 bis 1993 eingeschlagene Holz wurde analysiert: Im Plenterwald wurden in diesem Zeitraum 22.363 Efm eingeschlagen, das sind 4,48 Efm/ha/J.

<sup>5)</sup> Die Holzpreise für Wertholz und Holz der Güteklassen C sowie D wurden im Anhalt an den Holzpreis für das Leitsortiment H 4 festgelegt (vgl. KNOKE, 1998).

<sup>6)</sup> Eventuell bilden die zur Anpassung des Simulationsmodells an die örtlichen Wuchsverhältnisse verwendeten Daten der Plenterwaldversuchflächen in Kreuzberg nicht das Wachstumspotential des gesamten Plenterwaldes ab.

### 2.3.1 Wertzuwachs

Die Standardfehler des Wertzuwachses deuten in den Modellbeständen mit einem Holzvorrat bis etwa 400 Efm/ha nur geringe Schwankungen zwischen den vier simulierten Wachstumsperioden an (Tab. 2).

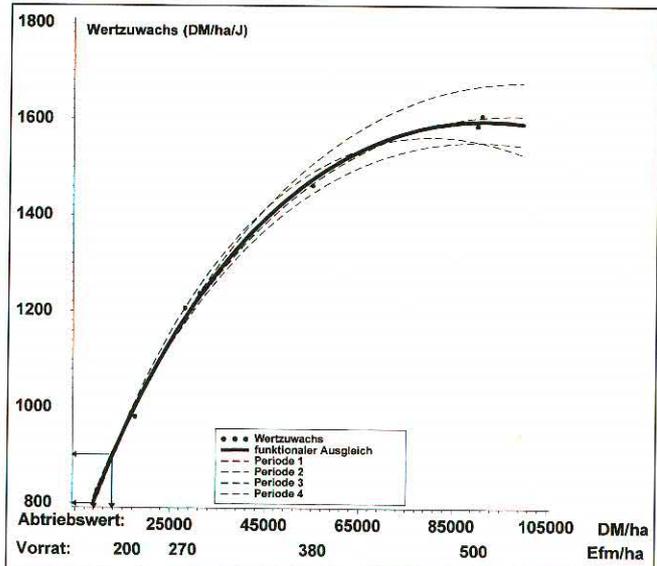


Abb. 2: Wertzuwachs der sieben Modellbestände in Abhängigkeit vom Abtriebswert und vom Holzvorrat.

Da sich der Volumenzuwachs des vorratsärmsten Bestandes (Vorrat ca. 150 Efm/ha) kaum von dem der anderen Bestände unterscheidet, ist dessen Wertzuwachs bereits relativ hoch: Für diesen Bestand wurde bei einem Abtriebswert von 9.843 DM/ha ein Wertzuwachs von 824 DM/ha/J kalkuliert. Das Wertzuwachsprözent dieses Modellbestandes beträgt demnach nachhaltig 8,4 %.

Der Wertzuwachs der Modellbestände steigt mit zunehmendem Abtriebswert noch deutlich an. Das Steigerungspotential des Wertzuwachses nimmt jedoch kontinuierlich ab, je höher der Wert des Holzvorrates bereits ist (Abb. 2). Um den Wertzuwachs des vorratsärmsten Bestandes zu verdoppeln, muß ein etwa neunmal höherer Wert an Holzvorrat aufgebaut und vorgehalten werden.

### 2.3.2 Effektivität einer Vorratsanhebung

Die Betrachtung der Höhe des Wertzuwachses allein kann noch keinen Aufschluß über die optimale Höhe des Holzvorrates geben. Für einen Waldbesitzer ist zusätzlich zu den Informationen über den Wertzuwachs ganz entscheidend, was es ihn kostet, eine bestimmte Vorratshöhe anzustreben, denn er muß auf gegenwärtig möglichen Holzeinschlag verzichten.

Der oben geschilderte Gedanke soll an einem Beispiel näher erläutert werden:

Es wird angenommen, ein Waldbesitzer bewirtschaftete einen Plenterwald mit einer Holzvorratshöhe von 136 Efm/ha, der Wert des Holzvorrates beträgt 8.908 DM (66 DM/Efm). Nach der in Abbildung 2 dargestellten Beziehung leistet dieser Wald einen Wertzuwachs von 800 DM/ha/J (101 DM/Efm). Dem Waldbesitzer stehen viele Alternativen der Eingriffsstärke und -art offen. Hier sollen die beiden Alternativen:

1. Abschöpfen des Wertzuwachses<sup>7)</sup> und
2. vollständiger Einschlagsverzicht zur Vorratsanhebung verglichen werden. Nach Ablauf von fünf Jahren erfolge in beiden Fällen eine Hiebsmaßnahme.

<sup>7)</sup> Das soll durch eine Hiebsführung in der Art geschehen, daß die optimale (ideale) Stammzahlverteilung von vor fünf Jahren wiederhergestellt wird.

Im ersten Fall nimmt der Waldbesitzer im Zuge des Eingriffes netto 4000 DM (den über fünf Jahre akkumulierten jährlichen Wertzuwachs: 5 x 800 DM/ha) ein, im zweiten Fall verzichtet er auf Einnahmen. Der Bestand, in dem kein Eingriff stattfand, produziert jedoch in den kommenden fünf Jahren mit einem um 4.000 DM höheren Wert an Holzvorrat (12.908 DM/ha), was einen um 102 DM/ha/J höheren Wertzuwachs zur Folge hat (Abb. 2). Nach Ablauf von fünf Jahren und nach Durchführung eines Eingriffes in beiden Fällen ergeben sich aus dem Vergleich der beiden Behandlungsvarianten die folgenden Zahlen:

	1 (Efm/ha)	2 (DM/ha)	3 (DM/ha/J)	4 (DM)
Fall 1	136	8.908	800	4.000
Fall 2	175	12.908	902	4.510

1 = Holzvorrat; 2 = Wert des Holzvorrates; 3 = Wertzuwachs; 4 = Nettoeinnahmen durch die Hiebsmaßnahme

Durch den Einschlagsverzicht, der mit einem Einnahmeausfall von 4.000 DM verbunden war, würde der Waldbesitzer also fünf Jahre nach Einschlagsverzicht Mehreinnahmen in Höhe von 510 DM erzielen.

Lohnt sich nun dieser Vorratsaufbau für den Waldbesitzer oder nicht? Eine Antwort auf diese Frage ergibt sich durch den Vergleich der durch den Vorratsaufbau erzielten Mehreinnahmen mit den Mehreinnahmen, die durch Investition der 4000 DM in dem Waldbesitzer offenstehende, forstliche Investitionsalternativen zu erwarten wären. Diese sind sozusagen der Maßstab, an dem er die Effektivität der Investition Vorratsaufbau messen sollte. Auch hierzu ein Beispiel:

Angenommen, der Waldbesitzer kann für 4000 DM – dieser Betrag entspricht genau dem Einnahmeausfall, den er durch den Vorratsaufbau in Kauf nimmt – Wald hinzukaufen, der ihm eine Rendite von 2 % erbringt. Der Waldzukauf bringt ihm daher nach fünf Jahren nur 400 DM (5 x 80 DM/J) zusätzlich, während die Aufstockung des Holzvorrates Mehreinnahmen von 510 DM (5 x 102 DM/J) bewirkt. Die Investition in den Holzvorrat wäre in diesem Falle vernünftiger.

Die optimale Vorratshöhe in einem Plenterwald hängt damit entscheidend von den für den Waldbesitzer akzeptablen alternativen Investitionsmöglichkeiten ab. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht läßt sich folglich keine generell richtige optimale Vorratshöhe angeben.

Tab. 3: „Optimale“ Vorräte in einem Plenterwald.

(Bei den aufgeführten Vorratswerten ist für das zuletzt in den Vorrat investierte Kapital eine interne Verzinsung angegeben, die mit dem vom Waldbesitzer gewählten Kalkulationszins zu vergleichen ist). Es wurde ein Zuwachsniveau von rund 8 Efm/ha/J unterstellt.

Rendite der besten dem Waldbesitzer offenstehenden forstlichen Investitionsalternative (%)	Rahmenwerte für den optimalen Holzvorrat (Efm/ha)	Wertzuwachs (DM/ha)	Wertzuwachsprozent (%)	obere Grenzkategorie der stärksten Durchmesserklasse (cm)
3	bis ca. 135	722	11,7	bis 46
2,5	140–180	850	7,8	50– 54
2	195–225	1009	5,6	62– 66
1,5	250–280	1192	4,2	74– 82
1	330–360	1377	3,2	92– 96
0,5	400–445	1529	2,4	106–118
0	480–550	1594	1,7	ca. 154

In Tabelle 3 sind Rahmenwerte<sup>8)</sup> für verschiedene optimale Vorratshöhen angegeben, je nachdem, welche Rendite die beste, einem bestimmten Waldbesitzer individuell offenstehende Investitionsalternative aufweist.

### 3 Dynamisch-vergleichende Betrachtung: Wie wird ein Modellbestand in die Struktur eines anderen überführt?

#### 3.1 Material und Methoden

Die in Kapitel 2 praktizierte Betrachtung der Modellbestände als ein zeitliches Nacheinander, also die dynamische Interpretation eines eigentlich statischen Vergleiches, ist im Bereich der Forstwissenschaft nicht ungewöhnlich. Sie setzt allerdings voraus, daß ein Modellbestand tatsächlich in die Struktur eines anderen Modellbestandes überführt werden kann. Der Wert der Holznutzungen, auf die im Zuge einer solchen Überführung verzichtet werden muß, muß zudem in etwa dem Unterschied zwischen den Abtriebswerten der beiden verglichenen Waldzustände entsprechen.

Um einen vorratsärmeren Bestand in einen mit höherem Holzvorrat überführen zu können, benötigt man zunächst Informationen über Unterschiede der Durchmesserstruktur in verschieden bevorrateten Plenterbeständen. Ein Vergleich der tatsächlich in Kreuzberg vorgefundenen Stammzahlverteilungen von 1993 und 1971 erbrachte hierzu wichtige Hinweise: Die im Jahre 1993 erhobene Stammzahlverteilung weist eine deutlich geringere Ausstattung an Stämmen schwacher Durchmesserklassen und wesentlich größere Maximaldurchmesser auf (Abb. 3). Die Strukturveränderung ging mit einem erheblichen Vorratsaufbau einher. Im Rahmen der letzten Forstbetriebsplanung im Kreuzberger Gemeindewald (1993) wurde festgestellt, daß der Holzvorrat im Plenterwald von 310 Efm/ha im Jahr 1971 auf 378 Efm/ha angestiegen ist (FUCHS 1996).

Zur Untersuchung der Frage, mit welchen Mindereinnahmen ein Waldbesitzer im Zuge des konkreten Übergangs von einem Modellbestand hin zu einem anderen rechnen muß, wurde die Überführung eines Modellbestandes (Start-Bestand; mittlere Vorratshaltung 255 Efm/ha, Maximaldurchmesser 74 cm) in den Zustand eines anderen Modellbestandes mit etwas höherem Vorrat (Ziel-Bestand; mittlere Vorratshaltung 263 Efm/ha, Maximaldurchmesser 78 cm) simuliert. Diese Überführungsvariante wurde mit der Variante: Konstanthalten der Vorratshöhe bei 255 Efm/ha verglichen. In dem Beispiel wurde ein Zeitraum von 20 Jahren betrachtet. Im Falle der Überführung orientierten sich die Holznutzungen im Zuge der Plenterung an der optimalen Stammzahlverteilung des Ziel-Bestandes. Da diese Stammzahlverteilung höhere Maximaldurchmesser zuläßt, geht die Überführung des etwas vorratsärmeren Bestandes in einen Zustand mit höherem Holzvorrat im wesentlichen mit dem Verzicht auf den Einschlag bereits starker Stämme einher.

#### 3.2 Ergebnisse

Die durchschnittlichen Werte der Holzvorräte der beiden Modellbestände sind 26.461 DM/ha (Start-Bestand) bzw. 28.190 DM/ha (Ziel-Bestand). Durch Vergleich der Wertzuwächse beider Modellbestände ergibt sich ein langfristig zu erwartender Unterschied im Wertzuwachs von rund 26,80 DM/ha/J, das sind 134 DM/ha Mehreinnahmen als zusätzliche Rente für den Waldbesitzer, die langfristig alle fünf Jahre erwartet werden können. Interessant ist nun die Frage, welche Unterschiede sich durch den Vergleich der Netto-Einnahmen der Behandlungsvarianten

1. Überführung in einen Zustand mit etwas höherem Vorrat und
2. Konstanthalten der Holzvorratshöhe ergeben.

<sup>8)</sup> Diese Rahmenwerte spiegeln die Schwankungsbreite für den optimalen Vorrat bei identischem Kalkulationszins wider. Die Rahmenwerte resultieren aus den zufälligen Schwankungen des Wertzuwachses und des Holzvorratswertes der Modellbestände zwischen den verschiedenen Simulationsperioden.

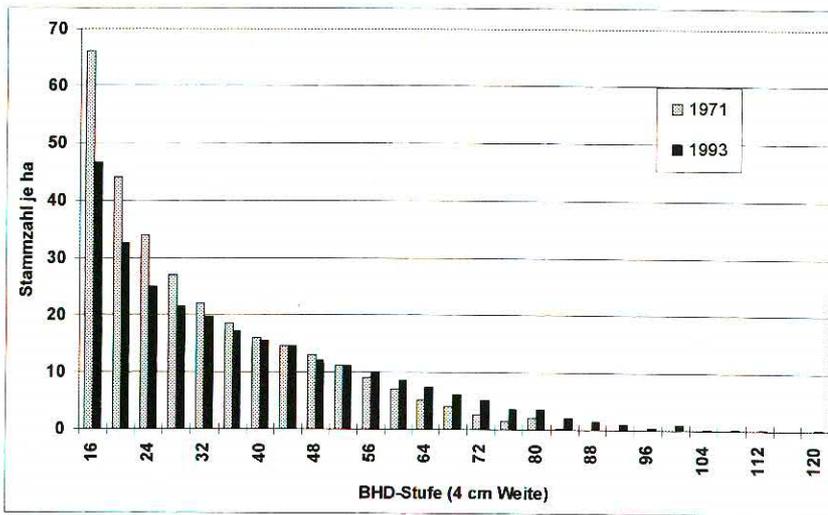


Abb. 3: Stammzahlverteilung auf Durchmesserklassen im Kreuzberger Plenterwald im Jahre 1971 und 1993.

Den größten Einnahmeausfall muß der Waldbesitzer, der den höheren Vorrat anstrebt, gleich zu Beginn der Überführung hinnehmen. Es werden im Vergleich zu der normalen Plenterung des Start-Bestandes 10 Efm/ha weniger eingeschlagen. Weil vorwiegend auf den Einschlag bereits starker, zum Teil wertholzhaltiger Stämme verzichtet werden muß, die im Rahmen der normalen Plenterung des Start-Bestandes schon hiebsreif wären, im Zuge der Überführung jedoch noch 4 cm dicker werden sollen, muß auf eine mögliche Einnahme von 1.880 DM verzichtet werden (Abb. 4). Dieser Einnahmeausfall entspricht bereits in etwa dem Unterschied des Wertes der Holzvorräte von Start- und Ziel-Bestand, welcher 1.729 DM/ha beträgt. Das Beispiel zeigt, daß in einem optimal aufgebauten Plenterwald, wo auf kleinster Fläche alle Altersklassen innig miteinander vermischt sind (BURSCHEL und Huss 1997), bereits im Zuge eines einzigen Eingriffes ein angestrebter Zustand annähernd hergestellt werden kann, indem auf die Nutzung eines Teils der starken Stämme verzichtet wird.

Im Zuge der folgenden Hiebe nähern sich die Unterschiede der Netto-Einnahmen zwischen der Überführung und der normalen Plenterung (der Vorrat bleibt hier konstant) dem nachhaltig durch den Bestand mit höherem Vorrat erzielbaren Einnahmenüberschuß an. Weil nur sehr geringfügig voneinander abweichende Zustände verglichen wurden, kommt es einmal dazu, daß durch die normale Plenterung etwas höhere Einnahmen erzielt werden (nach zehn Jahren), obwohl der Ziel-Zustand durch die Überführung bereits annähernd erreicht ist. Es muß in diesem Zusammenhang bedacht wer-

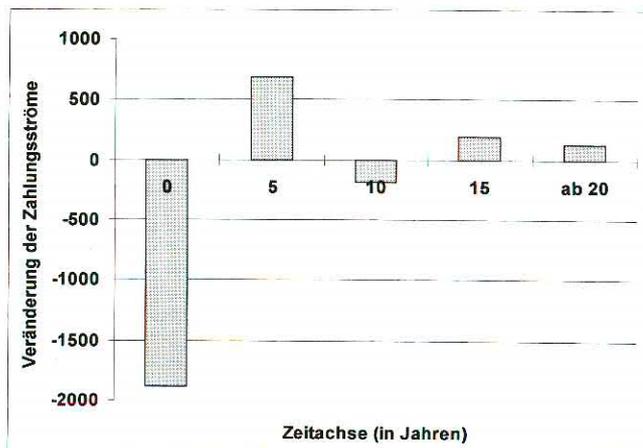


Abb. 4: Veränderungen der Zahlungsströme im Rahmen der Überführung eines Plenterbestandes mit geringerem in einen mit etwas höherem Holzvorrat.

den, daß keine Ertragstafel verwendet wurde, sondern ein realitätsnahes Simulationsmodell. Dadurch werden zufällige Schwankungen des Wertzuwachses in Kauf genommen.

#### 4 Diskussion

Im folgenden sollen die eingangs formulierten Fragen im Zusammenhang mit den dazu erarbeiteten Ergebnissen diskutiert werden: Die erste Frage lautete (Fragenkomplex 1):

– Wie entwickeln sich Wertzuwachs und Wert des Holzvorrates in einem Plenterwald mit zunehmender Holzvorratshöhe?

Es hat sich gezeigt, daß der Wertzuwachs der Modellbestände bei Erhöhung des Vorrates von 150 auf 500 Efm/ha von etwa 820 DM/ha/J bis auf rund 1.600 DM/ha/J ansteigt. Den Berechnungen liegen allerdings für die vorratsreichen Bestände zwei optimistische Annahmen zugrunde, die empirisch nicht untermauert sind:

- 1) Es wurde unterstellt, daß die Qualitätsstruktur des Holzes einer bestimmten Stärkeklasse in einem vorratsreichen Bestand identisch ist mit derjenigen in einem vorratsarmen Bestand.
- 2) Obwohl die Simulationsergebnisse für die beiden vorratsreichsten Modellbestände einen Trend zur Vorratsabnahme andeuten, wird für die Modellkalkulationen angenommen, daß die Plenterung in solchen Beständen nachhaltig möglich ist.

Zudem ist unsicher, ob das Simulationsmodell SILVA das Wachstum der extrem dicken Bäume dieser Bestände treffend abbilden konnte.

Trotz der günstigen Annahmen für die vorratsreichen Bestände ist deren Wertzuwachs nur wenig höher als derjenige des Modellbestandes mit einem um rund 100 Efm/ha geringeren Vorrat. Es deutet sich eine Kulmination des Wertzuwachses bei einer Vorratshöhe von etwa 500 Efm/ha an. Dem im Vergleich zum vorratsärmsten Modellbestand etwa doppelt so hohen Wertzuwachs des Bestandes mit dem höchsten Vorrat steht ein ca. neunmal höherer Wert des Holzvorrates gegenüber, der für diesen maximalen Wertzuwachs vorgehalten werden mußte.

Selbst wenn die Modellannahmen für die beiden vorratsreichsten Bestände unrealistisch erscheinen, ist aufgrund der Ergebnisse der Modellkalkulationen dennoch auch im Plenterwald damit zu rechnen, daß mit einer Anhebung des Holzvorrates die finanziellen Nutzungsmöglichkeiten bis zu einer gewissen Grenze gesteigert werden können.

Die zweite Frage lautete (Fragenkomplex 1):

– Wie rentabel ist ein Verzicht auf Holzeinschlag zum Aufbau von Holzvorrat in einem Plenterwald?

Diese Frage ließ sich beantworten, indem die durch Vorratsanhebung zu erwartende Wertzuwachssteigerung mit der hierzu notwendigen Aufstockung des finanziellen Wertes des Holzvorrates verglichen wird. Die zu erwartende Wertzuwachssteigerung ist umso größer, je geringer der Vorrat ist.

Selbst unter den optimistischen Annahmen im Falle der vorratsreichen Modellbestände erscheint es aber wenig vernünftig, den Vorrat in Plenterwäldern, die auf ähnlichen Standorten wie in Kreuzberg stocken, über 400 Efm/ha anwachsen zu lassen. Die durch diese Maßnahme (unter optimistischen Annahmen) noch zu erwartende Wertzuwachssteigerung rechtfertigt kaum die zu erwartenden Einnahmeausfälle. Es existiert eine Reihe von Möglichkeiten, eventuell zur Disposition stehende finanzielle Mittel effektiver im Forstbetrieb einzusetzen, z. B. für stabilisierende Durchforstungen in gleichaltrigen Beständen oder für einen Waldzukauf.

Abschließend soll noch auf die beiden Fragen des Fragenkomplexes 2 eingegangen werden. Diese lauteten:

- Wie kann ein bestimmter, nachhaltiger Betriebszustand im Plenterwald mit höherem Holzvorrat durch eine entsprechende Hiebsführung aus einem nachhaltigen Zustand mit niedrigerem Holzvorrat heraus entwickelt werden?
- Entspricht der Unterschied im Wert des Holzvorrates zweier Betriebszustände, der im Zuge des statischen Vergleichs als Einnahmeausfall durch Einschlagsverzicht interpretiert wird, tatsächlich den Mindereinnahmen, die während des dynamischen Überganges von einem Betriebszustand in den anderen entstehen?

An einem Beispiel konnte gezeigt werden, daß sich in einem Plenterwald eine von der aktuellen Stammzahlverteilung nur gering abweichende Ziel-Struktur unmittelbar herstellen läßt, indem die Stammzahlverteilung des Ziel-Bestandes als Leitlinie für die Hiebsführung verwendet wird. Durch dieses Vorgehen verbleiben im Falle der Vorratsanhebung v.a. starke Bäume länger im Bestand als im Falle der Plenterung unter Konstanthalten der Vorratshöhe. Bereits der erste Eingriff bringt im Falle der Vorratsanhebung Einnahmeausfälle mit sich, die in etwa dem Unterschied des finanziellen Wertes des Holzvorrates zwischen Ziel- und Start-Bestand entsprechen.

## 5 Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag behandelt die Frage, wie die Höhe des Holzvorrates, der als betriebliches Kapitalgut interpretiert wird, in einem Plenterwald optimiert werden kann. Dazu wurde ein statisch vergleichender Ansatz gewählt, im Zuge dessen eine durch Vorratsanhebung zu erwartende Wertzuwachssteigerung mit der hierzu notwendigen Aufstockung des finanziellen Wertes des Holzvorrates verglichen wird. Zudem wird an einem konkreten Beispiel gezeigt, wie der Übergang von einem Zustand mit geringerem Holzvorrat in einen Zustand mit höherem Holzvorrat stattfinden kann. Die Untersuchungen werden durch Simulationsrechnungen (basierend auf dem Wachstumssimulator SILVA 2.1) unterstützt, die durch die Analyse des Holzeinschlags im Plenterwaldteil des Kreuzberger Gemeindewaldes (Innerer Bayerischer Wald) und durch umfangreiche Inventur- sowie Versuchsflächen-daten aus dem Kreuzberger Plenterwald relativ realitätsnah durchgeführt werden konnten.

Die Effektivität einer Vorratsanhebung nimmt mit zunehmender Höhe des Holzvorrates deutlich ab. Welche Vorrats-höhe für einen bestimmten Waldbesitzer optimal ist, richtet sich nach der Rendite der ihm offenstehenden Investitions-alternativen. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht läßt sich deshalb keine generell richtige optimale Vorrats-höhe angeben.

### Abstract

The presented paper deals with the question how the growing stock can be optimised in a selection forest. To answer this question a comparative-static optimisation was chosen. The increase in value increment is compared with the additional investment in growing stock necessary for this. Additionally a specific example is presented how the transition of stands can be carried out from lower growing stock to marginally higher growing stock. The investigations base on simulation runs by the growth model SILVA 2.1. An analysis of the timber really harvested in the Kreuzberg selection forest (Innerer Bayerischer Wald) and extensive inventory as well as experimental area data served to adjust the growth model to the local conditions and to carry out the simulation runs with a realistic background.

The increase of growing stock is the more effective the lower the initial growing stock is. The growing stock optimal for a specific forest owner depends on the opportunities for alternative investments in the forest enterprise acceptable for him. From an economical point of view a general optimal growing stock does not exist.

### Literatur

ADAMS, D. M. (1976): A note on the interdependence of stand structure and best stocking in a selection forest. *Forest Science* 22: 180-184.  
 AMMERER, W., H. KOCH, S. REICHENBERGER u. G. SCHREYER (1972): Forsteinrichtungswerk Gemeindewald Kreuzberg. Unveröffentlicht.

BURSCHEL, P. u. J. HUSS (1997): Grundriß des Waldbaus: Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Pareys Studentexte 49. Zweite Auflage. Berlin, Wien: Blackwell Verlag.

CASADO REBOLLO, Ana Belen (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.

DEEGEN, P. (1997): Forstökonomie kennenlernen: Eine Einführung in die Ressourcenökonomie für das Ökosystem Wald. Bogenschützen-Verlag, Dresden.  
 DUERR, W. A. u. W. E. BOND (1952): Optimum stocking of a selection forest. *Journal of Forestry* 50: 12-16.

DURSKY, J. (1997): Modellierung der Absterbeprozesse in Rein- und Mischbeständen aus Fichte und Buche. *Allg. Forst- u. J. Ztg.* 168: 131-133.

FUCHS, A. (1996): Forsteinrichtung im Kreuzberger Plenterwald. *Forstw. Cbl.* 115: 51-62.

GILCH, N. (1997): Analyse der Stammwerkholzproduktion im Kreuzberger Gemeindewald mit Unterstützung eines Geographischen Informationssystems. Diplomarbeit Forstw. Fak. LMU München. Unveröffentlicht.

KAHN, M. u. H. PRETZSCH (1997): Das Wachstumsmodell SILVA - Parametrisierung der Version 2.1 für Rein- und Mischbestände aus Fichte und Buche. *Allg. Forst- u. J. Ztg.* 168: 115-123.

KNOKE, T. (1998): Analyse und Optimierung der Holzproduktion in einem Plenterwald - zur Forstbetriebsplanung in ungleichaltrigen Wäldern. *Forstliche Forschungsberichte München* Nr. 170.

KROTH, W. (1968): Der forstliche Produktionszeitraum. In: Speidel, G. und Steinlin, H. (Hrsg.): Möglichkeiten optimaler Betriebsgestaltung in der Forstwirtschaft. Bayer. Landwirtschaftsverlag München: 173-184.

KUBLIN, E. u. G. SCHARNAGL (1988): Verfahren- und Programmbeschreibung zum BWI-Unterprogramm BDAT. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

MEYER, H. A. (1933): Eine mathematisch-statistische Untersuchung über den Aufbau des Plenterwaldes. *Schweiz. Z. Forstwes.* 84: 88-103, 124-131.

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. Sauerländer's Verlag Frankfurt a. M..

MÖHRING, B. (1997): Betriebswirtschaftliche Probleme und Chancen. *Allgem. Forst- u. Der Wald* 52: 67-71.

ODERWALD, R. G. u. W. A. DUERR (1990): König-Faustmannism: A Critique. *Forest Science* 36: 169-174.

PECHMANN, H. v. u. P. LIPPEMEIER (1975): Untersuchungen über die Schnittholzqualität von Tannen- und Fichtenholz aus Plenterbeständen. *Forstw. Cbl.* 94: 351-364.

PERTZ, K. (1983): Grenzen einer marktwirtschaftlichen Interpretation der Forstwirtschaft. *Forstarchiv* 54: 147-152.

PLEDL, A. (1994): Forstwirtschaftsplan für den Reichtlerwald Kreuzberg 1994-2013. Regen. Unveröffentlicht.

PRETZSCH, H. (1981): Ertragskundliche Merkmale des Plenterwaldversuches Kreuzberger Forst (Versuchsfläche Freyung: FRY 129). Diplomarbeit Forstw. Fak. LMU München. Unveröffentlicht.

PRETZSCH, H. (1985): Die Fichten-Tannen-Buchen-Plenterwaldversuche in den ostbayerischen Forstämtern Freyung und Bodenmais. *Forstarchiv* 56: 3-9.

PRETZSCH, H. (1992): Konzeption und Konstruktion von Wachstumsmodellen für Rein- und Mischbestände. *Forstliche Forschungsberichte München* Nr. 115.

PRETZSCH, H. (1993): Analyse und Reproduktion räumlicher Bestandesstrukturen. Versuche mit dem Strukturgenerator STRUGEN. *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Univ. Göttingen und der Niedersächs. Forstl. Versuchs-anstalt* Band 114. Frankfurt a.M.: Sauerländer's Verlag.

PRETZSCH, H. u. M. BACHMANN (1995): Exkursionsführer MWW-EF53/2: Plenterwaldversuch Kreuzberger Forst FRY 129 - Forstamt Freyung -. Unveröffentlicht.

PRETZSCH, H. u. M. KAHN (1996): Wachstumsmodelle für die Unterstützung der Wirtschaftsplanung im Forstbetrieb. *AFZ/Der Wald* 51: Sonderdruck.

RIEGER, G. (1984): Leistung von Forstmaschinen. *Forstarchiv* 55: 115-117.

RIEGER, G. (1986): Vergabe von Rückeleistungen. *Forsttechnische Informationen* Nr. 12.

SAMUELSON, P. A. u. W. D. NORDHAUS (1987): *Volkswirtschaftslehre: Grundlagen der Makro- und Mikroökonomie*. Achte, grundlegend überarbeitete deutsche Auflage. Band 1. Aus dem Amerikanischen übertragen von Frenzel, Gerzymisch-Arbogast und Frenzel. Bund -Verlag Köln.

SAUKEL, F. P. (1959): Plenterwaldbestände des Bayerischen Waldes. *Forstw. Cbl.* 78: 279-297.

SCHÜTZ, J.-Ph. (1975): Dynamique et conditions d'équilibre de peuplements jardinés sur les stations de la hêtre à sapin. *Schweiz. Z. Forstwes.* 126: 637-671.

SOMMER, H.G. (1961): Tannenkronen im Plenterwald. *Forstw. Cbl.* 80: 215-223.

SOMMER, H.G. (1962): 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.

VÖLKEL, U. (1995): Analyse der Verjüngung in ausgewählten Bereichen des Kreuzberger Plenterwaldes. Diplomarbeit Forstw. Fak. LMU München. Unveröffentlicht.

FDK : 653

Dr. THOMAS KNOKE ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München.