

Die Stabilisierung junger Fichtenbestände durch starke Durchforstungseingriffe – Versuch einer ökonomischen Bewertung

T. KNOKE

Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München

Kurzfassung: Aus stabilen Einzelbäumen bestehende Waldbestände haben Vorteile, die etwaigen mit einer Stabilisierung verbundenen Kosten durch Wertzuwachsverluste als Nutzen gegenüberstehen. Ein marktkonformes Angebotsverhalten ist bei hoher Einzelbaumstabilität möglich, und im Zuge langfristiger Verjüngungsgänge können gemischte und stufige Folgebestände erzogen werden. Diese Vorteile sind allerdings nur schwer monetär quantifizierbar. Durch kräftige Durchforstungen und Zielstärkennutzung kommt es jedoch früher zu nennenswerten Einzahlungsüberschüssen. Dieser Vorteil kann gut quantifiziert werden. Um Erkenntnisse über Kosten und Nutzen einer Behandlungsvariante zu gewinnen, die gezielt auf Einzelbaumstabilität setzt, werden vier denkbare Behandlungsoptionen für Fichtenbestände formuliert und bewertet. Bis zum Alter von 48 Jahren werden die Behandlungsvarianten durch Datenmaterial aus dem Freisinger Fichten-Durchforstungsversuch (Oberbayern) beschrieben. Für weitere 50 Jahre werden Daten mit Hilfe des Simulationsmodells SILVA gewonnen. Die Bewertung erbrachte folgende Ergebnisse: Durch starke Durchforstungen mit anschließender Zieldurchmesserernte kommt es bei einem Betrachtungszeitraum von rund 100 Jahren zu Wertzuwachsverlusten in Höhe von 29 %. Wird der zeitliche Eingang der Einzahlungsüberschüsse berücksichtigt, so schneidet die starke Durchforstung mit anschließender Zieldurchmesserernte jedoch günstiger als alle übrigen Behandlungsoptionen ab, wenn Kalkulationszinsen in Höhe von 2,8 % oder höher verwendet werden. Im Vergleich zur Variante undurchforstet und zur Hiebsruhe nach starker Durchforstung ist die Zieldurchmesserernte schon bei einem Kalkulationszins in Höhe von 2 % deutlich vorteilhafter. Bei einem Kalkulationszins in Höhe von 2,8 % und höher ist damit die Variante mit hoher Einzelbaumstabilität und Zieldurchmesserernte durch frühzeitig eingehende Einzahlungsüberschüsse bereits mit einem zusätzlichen Nutzen verbunden, ohne daß der Vorteil des hier geringeren Risikos in Ansatz gebracht wird.

Stabilisation in Young Spruce Stands by Heavy Thinnings – An Attempt of an Economic Evaluation

Abstract: The single tree stability provides the opportunity to cut the trees according to the timber market price and to regenerate mixed multilayered stands of high species diversity. These advantages might compensate for losses in value increment; but they are difficult to quantify. Besides, heavy thinnings in young stands and diameter limit concepts provide early income for the forest owner. These advantages are difficult to quantify. To obtain information on costs and benefits on a treatment based on single tree stability, four different options of managing spruce forests are defined and evaluated from an economic point of view. Data that come from the thinning trial (up to age 48) in Freising (Oberbayern) were used to describe the management options. Additionally, 50 year's simulation runs were carried out with the growth model SILVA. The evaluation gave the following results: Due to heavy thinning followed by a diameter limit concept, the value increment is lower than the value increment of light thinning by 29 %. However, the discounted value of the net income earned by heavy thinning followed by diameter limit cutting is higher than the discounted value of the other treatments, when interest rates of at least 2.8 % are applied. In comparison to the unthinned management option and the option of no cutting after heavy thinnings in young stands, the concept with diameter limit cutting is more advantageous when an interest rate of at least 2 % is applied. Hence, the diameter limit concept shows benefits when interest rates of 2.8 % or higher are taken into consideration even without integrating advantages of lower risks.

Keywords: stability, thinning trial, diameter limit concept, value increment

Einleitung

Ein Wald, dessen Bestandeglieder stabil sind, versetzt seinen Besitzer in die Lage, Holz marktkonform anbieten zu können. Das Risiko von Schäden ist gering; der Waldbesitzer ist daher nicht gezwungen, Holz bei ungünstigem Holzpreis absetzen zu müssen. Zudem eröffnet sich hier die Möglichkeit, durch lange Verjüngungsgänge gemischte und gestufte Wälder zu erziehen.

In jungen Fichtenbeständen steht dem Waldbesitzer die Option, die Behandlung gezielt auf die Förderung der Einzelbaumstabilität auszurichten, noch offen. Weil solche Bestände sehr große Höhenzuwächse aufweisen können (ASSMANN u. FRANZ 1971), sind allerdings kräftige Stammzahlverminderungen und Vorratsabsenkungen notwendig, um Bäume zu erziehen, die im Verhältnis zu ihrer Höhe ausreichend dick – also stabil – sind. Die oben genannten, schwer quantifizierbaren Vorteile einer hohen Einzelbaumstabilität können deshalb mit Kosten durch Wertzuwachsverluste verbunden sein. Eine Kompensation solcher Wertzuwachsverluste durch die Möglichkeit der z. B. von REININGER (1987) empfohlenen Zielstärkennutzung, die sich für Fichtenbestände nur anbietet, wenn diese stabil sind, ist nach den von SPELLMANN (1997) erzielten

Ergebnissen nicht zu erwarten. Nach Spellmann ist durch Zielstärkennutzung eher mit weiteren Zuwachsverlusten zu rechnen.

Um das Ausmaß etwaiger Kosten und Nutzen einer Behandlungsoption, die gezielt auf eine hohe Einzelbaumstabilität setzt, abschätzen zu können, werden deshalb die folgenden beiden Arbeitshypothesen geprüft:

- Durch eine konsequente Förderung der Einzelbaumstabilität und eine sich daran anschließende Zielstärkennutzung in Fichtenbeständen kommt es im Vergleich zu konventionellen Behandlungsvarianten zu Wertzuwachsverlusten.

In kräftig durchforsteten Beständen ist es allerdings früher möglich, hiebsreife Stämme zu ernten. Hier handelt es sich um einen Vorteil, der gut quantifiziert werden kann. Die zweite Arbeitshypothese lautet folglich:

- Wird durch Kalkulationszinsen berücksichtigt, zu welcher Zeit die Zahlungsvorgänge vorstatten gehen, so treten etwaige Wertzuwachsverluste im Zuge einer konsequenten Förderung der Einzelbaumstabilität mit anschließender Zieldurchmesserernte in den Hintergrund.

Material und Methoden

Zur Überprüfung der beiden Hypothesen werden vier verschiedene Optionen zur Behandlung von Fichtenbeständen bewertet:

1. Es finden keine Eingriffe statt (Variante undurchforstet).
2. Der Bestand wird bis zu einem Alter von 50 Jahren zugunsten von Z-Bäumen schwach auslesedurchforstet. Bis zur Endnutzung schließt sich dann eine Phase mit schwacher Niederdurchforstung an (Variante kombinierte Durchforstung).
3. Der Bestand wird zur Förderung der Einzelbaumstabilität im Alter 33 und 48 stark durchforstet. Dadurch wird der Bestandesschluß dauerhaft unterbrochen. Bäume, die einen BHD von 55 cm erreicht haben, werden im Zuge einer Zielstärkennutzung geerntet (Variante Zieldurchmesserernte).
4. Der Bestand wird zunächst wie unter Nr. 3 behandelt. Allerdings schließt sich an die Phase der Stabilisierung keine Zielstärkennutzung an, sondern der Bestand bleibt bis zur Endnutzung in Hiebsruhe (Variante Hiebsruhe nach starker Durchforstung).

Die Behandlungsvarianten werden bis zu einem Alter von 48 Jahren anhand wirklich gemessener Daten von entsprechend durchforsteten Versuchspartellen des Freisinger Fichten-Durchforstungsversuches (vgl. HUSS 1990) bewertet (der Versuch wurde zuletzt im Alter von 48 Jahren aufgenommen). Die Entwicklung der Bestände vom Alter 48 bis zum Alter 98 wird durch Simulationsläufe mit Hilfe des Wachstumsmodells SILVA¹ (KAHN u. PRETZSCH 1997) abgebildet.

Die ausgewählten Versuchspartellen des Durchforstungsversuches

Der erwähnte Durchforstungsversuch wurde im Herbst 1974 in einem sehr wüchsigen 27jährigen Fichtenbestand im Oberbayerischen Tertiärhügelland angelegt. Der Bestand weist eine Oberhöhenbonität von 40 (oberes Ertragsniveau) nach ASSMANN und FRANZ (1971) auf. Aus allen in Freising erprobten Behandlungsvarianten² (insgesamt neun) werden diejenigen herausgegriffen und analysiert, die zu den oben formulierten Optionen der Behandlung von Fichtenbeständen passen. Das

bis zur letzten Aufnahme realisierte Behandlungsprogramm für die ausgewählten Varianten ist in Tabelle 1 abgedruckt.

Der durchschnittliche h/d-Wert aller Bäume der stark durchforsteten Partellen, die sowohl für die Zieldurchmesserernte als auch für die Hiebsruhe vorgesehen werden, war im Alter von 48 Jahren 69 (HUSS 1996); im Falle der undurchforsteten Variante wurde dagegen ein Wert von 111 berechnet, für die Variante, die zur Beschreibung der kombinierten Durchforstung ausgewählt wurde, ergab sich ein Wert von 91. Die stark durchforsteten Partellen enthalten also mit Abstand die stabilsten Bäume und sind damit für eine Zieldurchmesserernte am besten geeignet.

Die Simulationsläufe mit dem Wachstumsmodell SILVA

Als Startwerte für die Wachstumssimulation werden die Daten des verbleibenden Bestandes der 48jährigen Versuchspartellen verwendet, die im Winter 1995/96 aufgenommen und durchforstet wurden (HUSS 1996). Zur Schätzung der Baumhöhen werden für die einzelnen Varianten unterschiedliche Bestandeshöhenkurven herangezogen, da die Bäume der stark durchforsteten Partellen bei vergleichbarem BHD geringere Höhen aufwiesen.

Zur Beschreibung der standörtlichen Leistungsfähigkeit werden die Standardeinstellungen des Wachstumsmodells für den Wuchsbezirk 12.8. (Oberbayerisches Tertiärhügelland) übernommen.

Die Wachstumssimulation erfolgt schrittweise in Perioden von zehn Jahren Länge (von Alter 48 bis 58, von 58 bis 68, ...). Jeweils am Ende der Periode werden die fortgeschriebenen Baumdaten in einer Datenbank gespeichert. Die Durchforstung wird simuliert, indem in der gespeicherten Baumliste Bäume mit einem BHD kleiner 30 cm (Niederdurchforstungsphase im Zuge der kombinierten Durchforstung) bzw. Bäume,

¹ Herrn Prof. Dr. H. Pretzsch vom Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der LMU München danke ich für das Überlassen des Wachstumsmodells und Herrn Dr. A. Pommerening für die freundliche Einführung in das Modell.

² Die Varianten wurden jeweils auf zwei Partellen realisiert. Die Kernzellen jedes Versuchsgliedes, deren Daten hier analysiert werden, haben eine Größe von 720 m².

TABELLE 1

Behandlungsprogramm der ausgewählten Versuchspartellen des Freisinger Fichten-Durchforstungsversuches bis zum Alter 48 (nach HUSS 1996, verändert)

Silvicultural treatment of selected trial plots of the spruce thinning trial in Freising up to age 48 (after Huss 1996, modified)

Behandlungsoption:	undurchforstet	kombinierte Durchforstung	Zieldurchmesserernte	Hiebsruhe nach starker Durchforstung
Ausgewählte Versuchsvarianten:	auf Dauer undurchforstet	Reihenentnahme mit späterer Z.-Baumauswahl	Durchforstung mit Z.-Baummarkierung	
Maßnahme im Alter:				
27	Abtötung der unerwünschten Mischbaumarten	Entnahme jeder 5. Reihe	Auswahl von 400 Z.-B./ha und Entnahme von 2 Bedrängern in einem Kreis von 4 m Durchmesser	
33	keine Maßnahmen	Auswahl von 400 Z.-B./ha und Entnahme von 1 Bedränger in einem Kreis von 5 m Durchmesser	Belassen nur der Z.-Bäume und Entnahme aller übrigen Bäume	
48	keine Maßnahmen	Entnahme von ca. 0,5 Bedrängern je Z.-Baum	Belassen von 236 Z.-Bäumen je ha und Entnahme aller übrigen Bäume	

die einen BHD von 55 cm erreicht haben (Zieldurchmesserernte), als ausscheidend gekennzeichnet werden. Im Falle der undurchforsteten Variante und für die Hiebsruhe nach starker Durchforstung werden keine Bäume als ausscheidend gekennzeichnet. Die so veränderten Baumlisten werden wieder geladen und um weitere zehn Jahre fortgeschrieben. Dieses Vorgehen wird bis zu einem Bestandesalter von 98 Jahren wiederholt.

Um die Bestandeslücken, die sich im Zuge der Zielstärkennutzung ergeben, sinnvoll auszunutzen, werden der Baumliste der Startdatei (Alter 48) 800 Tannen je ha hinzugefügt. Das Simulationsmodell akzeptierte jedoch Bäumchen unter 1,4 m Höhe nicht. Deshalb wird im folgenden angenommen, es wären bereits im Alter von 38 Jahren 1000 Tannen mit einer Höhe von 40 cm gepflanzt worden, deren Zahl dann durch natürliche Mortalität bis zum Bestandesalter 48 auf 800 Bäumchen je ha abgenommen und deren Höhe im Durchschnitt um 10 cm/J bis auf 1,4 m zugenommen hätte.

Bewertung

Die durchgeführten Eingriffe in den Versuchspartellen des Durchforstungsversuches werden im Zuge einer Nachkalkulation bewertet. Durch den ersten Eingriff (Alter 27 Jahre) fiel nur sehr schwaches Material an. Es wird deshalb unterstellt, daß die Bäume zwar gefällt, jedoch nicht aufgearbeitet werden. Das ausscheidende Material kann damit als X-Holz lang bewertet werden. Die Vorgabezeiten für das Fällen werden anhand des mittleren Durchmessers und der Stückzahl des ausgeschiedenen Bestandes (HUSS 1996) berechnet und mit dem EST-Geldfaktor für 1995 bewertet.

Um das Volumen und die anfallenden Sorten des ausscheidenden Bestandes zu ermitteln, wird das für die Bundeswaldinventur entwickelte Sortierungs- und Voluminierungsprogramm BDAT verwendet (KUBLIN und SCHARNAGL 1988). Dieses Programm läßt es zu, zur besseren Beschreibung der Baumform einen Durchmesser in sieben Meter der Stammhöhe (d7) anzugeben. Zur Schätzung dieses Wertes für die im Alter 48 entnommenen Bäume werden Regressionsfunktionen verwendet, die mit Hilfe von Messungen in den 48jährigen Versuchspartellen parametrisiert wurden. Für die dann folgenden – simulierten – Eingriffe werden im Falle der stark durchforsteten Variante mit Zieldurchmesserernte Regressionsfunktionen zur Schätzung des d7 eingesetzt, die für einen Plenterwald aufgestellt wurden (KNOKE 1998). Für die undurchforstete Variante und die kombinierte Durchforstung wird eine normale Baumform unterstellt; es wird deshalb kein spezieller d7 vorgegeben. Durch dieses Vorgehen ist eine Berücksichtigung unterschiedlicher Schaftformen von Bäumen mit gleichem BHD und gleicher Höhe bei der Sortierung und der Voluminierung möglich.

Die für den jeweiligen Eingriff ausgehaltenen Stärkeklassen und das verwendete Aufbereitungsverfahren sind in Tabelle 2 angegeben. Zur Bewertung der Auszahlungen³ für den Harvestereinsatz werden Auszahlungssätze verwendet, die im Bereich der Bayerischen Staatsforstverwaltung (StFoV) verwendet werden (Tab. 3). Die Kalkulation der Auszahlungen bei motormanueller Holzernte⁴ wird auf Grundlage des EST mit dem Geldfaktor von 1995 durchgeführt. Auszahlungen für die Rückung werden basierend auf den Untersuchungen von RIEGER (1984, 1986) berechnet⁵; für die Aufarbeitung mit Harvester sind diese bereits in den entsprechenden Auszahlungssätzen enthalten (Tab. 3).

TABELLE 2

Ausgehaltene Stärkeklassen und unterstellte Aufbereitungsverfahren
Graded assortments and applied harvesting methods

Bestandesalter	Stärkeklasse bzw. Sorte	Aufarbeitung
27	X-Holz lang	motormanuell nach EST
33	Fixlängen 5,1 m	mit Harvester gem. Tab. 3
48	Fixlängen 5,1 m	mit Harvester gem. Tab. 3
58 bis 98	Stammholz Mittelstärkensortierung	motormanuell nach EST

TABELLE 3

Auszahlungen für verschiedene Holzsorten bei Aufarbeitung mit einem Harvester, die im Bereich der Bay. StFoV als Basis für Verhandlungen mit Forstunternehmen verwendet werden (PAUSCH, mündl. Mitt.)

Expenses for the processing of different assorted logs applied by the Bavarian State Forest Administration in negotiation with harvesting enterprises (PAUSCH, personal communication)

Holzsorte	Auszahlung für die Aufarbeitung (inkl. Rückung) in DM/Efm
L 1a	42,5
L 1b	38,0
L 2a	32,5
L 2b	28,0
L 3a	24,5
L 3b	20,0

Zur Kalkulation der Einzahlungen wird der im Jahre 1995 durch die Bay. StFoV erzielte Holzpreis (377 Prozent der Meßzahl⁶) angenommen. Für die undurchforstete Variante und die kombinierte Durchforstung wird eine Güteklassenstruktur von 80 % B, 18 % C und 2 % D EWG unterstellt. Für die Variante mit Zieldurchmesserernte und die Hiebsruhe nach starker Durchforstung werden aufgrund der kräftigen Durchforstungseingriffe in jungen Bestandesaltern ungünstigere Annahmen getroffen: Es werden Anteile von 50 % B, 48 % C und 2 % D EWG veranschlagt. Für die Einbringung von 1000 Tannen je ha im Alter 38 wird eine Auszahlung in Höhe von 1500 DM angenommen.

³ In diesem Beitrag werden die Begriffe Ein- und Auszahlungen verwendet, weil die Behandlungsvarianten im Zuge einer Investitionsrechnung bewertet werden. Hiermit ist im Falle der Einzahlung eine positive Veränderung des Zahlungsmittelbestandes und im Falle der Auszahlung eine negative Veränderung des Zahlungsmittelbestandes gemeint (vg. WÖHE u. DÖRING 1990).

⁴ Es werden Zuschläge der Tabelle A und B in Höhe von 22 % sowie 129 % Lohnnebenkosten und 9 % Nebenkosten der Holzernte in Ansatz gebracht.

⁵ Hier werden Zuschläge in Höhe von 20 % und ein Geldfaktor von 1,33 DM/Minute verwendet.

⁶ Der Holzpreis gilt für entrindetes Fichtenholz der Heilbronner Klasse H4. Für die Entrindung wird eine Auszahlung von 11 DM/Efm angenommen. Für die Güteklasse C wird ein Abschlag von 45 Meßzahlprozenten unterstellt; Holz der Güteklasse D wird pauschal mit einem Holzpreis von 70 DM/Efm bewertet.

Ergebnisse

Naturale Ergebnisse

Das insgesamt im Zuge der verschiedenen Behandlungsvarianten genutzte Holzvolumen (Tab. 4) schwankt zwischen 766 Efm bei Zieldurchmesserernte (7,8 Efm/ha/J) und 940 Efm bei der kombinierten Durchforstung (9,6 Efm/ha/J). Der genutzte Volumenzuwachs der Variante mit Zieldurchmesserernte fällt damit – gemessen an der kombinierten Durchforstung – um 20 % niedriger aus. Bleibt derselbe – stark durchforstete – Bestand jedoch in Hiebsruhe, können insgesamt 838 Efm (8,6 Efm/ha/J) geerntet werden. Das ist etwas mehr als bei der undurchforsteten Variante. Der Verlust an nutzbarem Volumenzuwachs fällt damit im Zuge der Variante Hiebsruhe nach starker Durchforstung deutlich geringer aus als für die Zieldurchmesserernte; es werden lediglich 11 % weniger geerntet als im Falle der kombinierten Durchforstung.

Die Behandlungsoptionen variieren hinsichtlich der Eingriffsstrategie ganz erheblich. Während bei der Variante undurchforstet und bei der kombinierten Durchforstung die Vorratsakkumulation im Vordergrund steht, setzen im Falle der Zieldurchmesserernte und bei der Hiebsruhe nach starker Durchforstung mengenmäßig bedeutsame Nutzungen bereits viel früher ein (Tab. 4): Da sich der im Alter 33 stark aufgelichtete, für die Zieldurchmesserernte vorgesehene Bestand bis zum Alter 48 bereits wieder geschlossen hatte, wurden zu diesem Zeitpunkt nochmals über 100 Efm je ha entnommen.

Im Falle der kombinierten Durchforstung werden zwar in der Phase der Auslesedurchforstung mäßig hohe Entnahmen realisiert. Ab Alter 78 werden jedoch keine Eingriffe mehr vorgenommen, da die Stammzahl vor allem aufgrund der simulierten natürlichen Mortalität von 875 Bäumen je ha im Alter 48 bereits auf 340 Stämme abgesunken ist.

Aufgrund der ab Alter 48 mit Hilfe der Wachstumsmodells prognostizierten Durchmesserentwicklung können bereits im Alter von 68 Jahren die ersten Bäume mit BHD 55 cm im Zuge der Zieldurchmesserernte genutzt werden. Im Falle der Variante Hiebsruhe nach starker Durchforstung wird dagegen von Alter 48 bis 98 lediglich Vorrat akkumuliert; Holznutzungen werden hier bis zur Endnutzung aufgeschoben.

Interessant erscheint nun, wie der Durchmesserzuwachs und die Mortalität durch die verschiedenen Eingriffsstrategien

beeinflusst wurden. Auch hier ergibt sich eine deutliche Differenzierung: Im Falle der undurchforsteten Variante weisen bis zum Alter 98 lediglich 28 Bäume je ha einen BHD von mindestens 55 cm auf. Das sind nur 1,5 % der 1876 Bäume, die der Ausgangsbestand im Alter von 48 Jahren enthielt. Durch die simulierte natürliche Mortalität fallen hier 81 % der Stämme des Ausgangsbestandes aus.

Die kombinierte Durchforstung enthält dagegen im Alter 98 bereits 90 Bäume mit einem BHD gleich oder über 55 cm. Bis zu diesem Alter ergibt die Simulation, daß 52 % der Bäume des Ausgangsbestandes natürlich abgegangen sind.

Im Zuge der Zieldurchmesserernte können bis zum Ende der Betrachtungsperiode 164 Bäume einen BHD von mindestens 55 cm erreichen. Bei konsequenter Zieldurchmesserernte enthält diese Variante nach dem Eingriff im Alter 98 nur noch zehn Bäume je ha, die den Zieldurchmesser noch nicht erreicht haben. Das bedeutet, 70 % der 236 Bäume des Bestandes, mit dem die Simulation begonnen wurde, erreichen bis zum Alter 98 den Zieldurchmesser. Auch hier sind immerhin 26 % der Stämme – trotz der geringen Stammzahlhaltung – der natürlichen Mortalität zum Opfer gefallen. Lediglich 181 Tannen des im Alter 38 eingebrachten Vorratbaus sind bis zum Ende der Simulation nicht durch natürlichen Mortalität ausgeschieden.

Im Falle der Hiebsruhe nach starker Durchforstung erreichen 134 Bäume einen BHD von mindestens 55 cm. Das sind zwar nicht so viele Stämme wie bei der Zieldurchmesserernte; es sind aber deutlich mehr als im Falle der Variante undurchforstet und als bei der kombinierten Durchforstung. Durch die simulierte natürliche Mortalität fallen 33 % der Stämme aus. Hier sind am Ende der Simulation sogar nur noch 57 der künstlich eingebrachten Tannen übriggeblieben.

Bewertung

Wertzuwachs

Werden sämtliche kalkulatorischen Einzahlungsüberschüsse für die Behandlungsvarianten zinsfrei aufsummiert (Tab. 5), so ergeben sich Werte zwischen 70 575 DM bei Zieldurchmesserernte (720 DM/ha/J) und 99 822 DM bei kombinierter Durchforstung (1019 DM/ha/J). Die Behandlung Zieldurchmesserernte leistet damit, bezogen auf die kombinierte Durchforstung, im Durchschnitt einen um 29 % geringeren Wertzuwachs. Im Verhältnis zur undurchforsteten Variante ist der Wertzuwachs bei Zieldurchmesserernte um 20 % niedriger. Die Variante Hiebsruhe nach starker Durchforstung schneidet hinsichtlich des Wertzuwachses günstiger ab als die Zieldurchmesserernte. Es ergeben sich Einzahlungsüberschüsse in Höhe von 82 470 DM (842 DM/ha/J), der Wertzuwachs fällt hier nur um 17 % geringer aus als bei kombinierter Durchforstung.

Aus der Abbildung 1 wird jedoch deutlich, wie stark in der undurchforsteten Variante und bei der kombinierten Durchforstung die Summe der ein-

TABELLE 4
Entnommenes Holzvolumen in Efm je ha
Cut timber volume in m³ per ha

Behandlungsoption:	undurchforstet	kombinierte Durchforstung	Zieldurchmesserernte	Hiebsruhe nach starker Durchforstung
Holzentnahme im Alter:				
27	0	25	34	34
33	0	46	105	105
48	0	73	121	121
58	0	17	0	0
68	0	13	28	0
78	0	0	124	0
88	0	0	192	0
98 (Vorrat des Endnutzungsbestandes)	799	766	162	578
Summe genutztes Holzvolumen:	799	940	766	838

gehenden Einzahlungsüberschüsse vom Abtriebswert des Endnutzungsbestandes geprägt ist. Auch bei der Hiebsruhe nach starker Durchforstung zeigt sich diese Tendenz: Es wird ein erheblicher Abtriebswert akkumuliert. Die frühzeitigen Holzentnahmen im Falle der Zieldurchmesserernte erbringen dagegen bereits eher Einzahlungsüberschüsse. So ergibt sich für den Eingriff im Alter 48, der wirklich durchgeführt wurde, bereits ein Einzahlungsüberschuß in Höhe von 11 691 DM je ha. Ab Alter 68 fallen weitere Einzahlungsüberschüsse an, die im Alter 88 mit 23 519 DM je ha ihr Maximum erreichen. Es wird also kein hoher Abtriebswert für die Endnutzung aufgebaut, sondern die Nutzung erfolgt bereits relativ frühzeitig. Die Zieldurchmesserernte erstreckt sich über einen Zeitraum von 30 Jahren.

Durch die Berücksichtigung des zeitlichen Eingangs der Einzahlungsüberschüsse müßte sich das Ergebnis der Bewertung zugunsten der Zieldurchmesserernte verändern. Deshalb werden im folgenden die Kapitalwerte der Durchforstungsvarianten berechnet. Hierbei werden alle Einzahlungsüberschüsse auf den Zeitpunkt der Kulturbegündung bezogen (es wird eine Pflanzung mit vierjährigen Fichten unterstellt). Kulturkosten werden nicht in Ansatz gebracht, da diese für die vier Behandlungsoptionen identisch und damit nicht entscheidungsrelevant wären.

Kapitalwerte

Der Kapitalwert einer Investition ergibt sich aus dem Barwert aller Einzahlungen vermindert um den Barwert aller Auszahlungen, die mit der Investition verbunden sind (WÖHE u. DÖRING 1990). Der Barwert einer Ein- oder Auszahlung ist der Geldbetrag, den man heute (bzw. zu Beginn der Investition) zu einem bestimmten Zinssatz angelegen müßte, um bis zum Zeitpunkt der Fälligkeit der tatsächlichen Ein- oder Auszahlung einen dieser Ein- oder Auszahlung entsprechenden Geldbetrag angespart zu haben. Durch die Verwendung der Barwerte wird der Tatsache Rechnung getragen, daß Geldbeträge, die erst in ferner Zukunft eingehen bzw. ausgezahlt werden müssen, heute als wesentlich weniger wertvoll betrachtet werden bzw. wesentlich weniger belasten als gegenwärtig eingehende oder zu zahlende Beträge (KLEMPERER 1996). Der Kapitalwert ist geeignet, um die verschiedenen Waldbehandlungsalternativen hinsichtlich ihrer Vorteilhaftigkeit beurteilen zu können. Zur Berechnung

TABELLE 5

Einzahlungsüberschüsse der jeweiligen Eingriffe in DM je ha
 Net income of the several cutting operations in DM per ha

Behandlungsoption:	undurchforstet	kombinierte Durchforstung	Zieldurchmesserernte	Hiebsruhe nach starker Durchforstung
Einzahlungsüberschuß im Alter:				
27	0	-1965	-3402	-3402
33	0	1006	2179	2179
38	0	0	-1500	-1500
48	0	5986	11691	11691
58	0	73	0	0
68	0	291	3277	0
78	0	0	14904	0
88	0	0	23519	0
98 (Abtriebswert des Endnutzungsbestandes)	88 458	94 431	19 907	73 502
Summe der Einzahlungsüberschüsse:	88 458	99 822	70 575	82 470

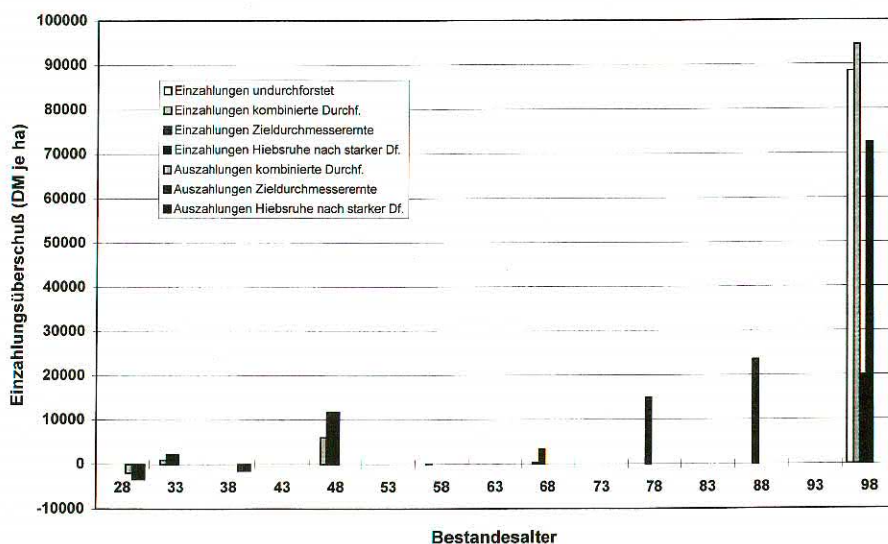


Abb. 1. Einzahlungsüberschüsse der Behandlungsvarianten zu verschiedenen Zeitpunkten.
 Net incomes of the management options at different ages.

des Kapitalwertes werden Kalkulationszinsen verwendet, die sich nach der internen Verzinsung von akzeptablen Investitionsalternativen richten (WÖHE u. DÖRING 1990). Hier werden Kalkulationszinsfuße in Höhe von 1 bis 4 % verwendet, die sich in Anlehnung an WILLIAMS (1981) an den Volumenzuwachsprözenten⁷ orientieren, die einheimische Waldbestände im Durchschnitt aufweisen können.

Wird ein Kalkulationszins von lediglich 1 % zugrunde gelegt, so bleibt die Überlegenheit der kombinierten Durchforstung deutlich (Tab. 6): Der Kapitalwert beträgt in diesem Falle 40 311 DM je ha, für die Zieldurchmesserernte werden mit

⁷ Die Volumenzuwachsprözenten können einen groben Anhalt für die interne Verzinsung der Investitionsalternative Waldzukauf geben.

TABELLE 6

Kapitalwerte der Behandlungsoptionen in DM je ha

Present net value of the management options in DM per ha

Behandlungsoption:	undurchforstet	kombinierte Durchforstung	Zieldurchmesserernte	Hiebsruhe nach starker Durchforstung
Zinssatz in Prozent:				
1	34 716	40 311	32 282	34 249
2	13 751	16 611	15 113	14 622
3	5 496	6 987	7 203	6 403
4	2 216	2 989	3 460	2 846

32 282 DM je ha nur 80 % dieses Wertes erreicht. Der Kapitalwert der Zieldurchmesserernte liegt aber bereits bei diesem niedrigen Zinssatz nur geringfügig unter dem der Variante Hiebsruhe nach starker Durchforstung und der Variante undurchforstet, obwohl der Wertzuwachs dieser Behandlungsvarianten deutlich höher ist als bei der Zieldurchmesserernte.

Je höher der verwendete Kalkulationszins wird, desto kleiner wird der Unterschied zwischen dem Kapitalwert bei Zieldurchmesserernte und dem bei kombinierter Durchforstung. Im Falle eines Kalkulationszinses in Höhe von 2 % erreicht die Zieldurchmesserernte bereits 91 % des Wertes der kombinierten Durchforstung. Die Zieldurchmesserernte ist bei dieser Zinsannahme bereits vorteilhafter als die Hiebsruhe nach starker Durchforstung und die Variante undurchforstet.

Bei einem Kalkulationszins in Höhe von 3 % ist der Kapitalwert der Zieldurchmesserernte etwas höher als bei der kombinierten Durchforstung. Ein annähernd identischer Kapitalwert ergibt sich bei einem Kalkulationszins in Höhe von 2,8 %.

Unter Annahme von 4 % als Kalkulationszins ist der Kapitalwert der Zieldurchmesserernte auch gegenüber der kombinierten Durchforstung deutlich höher.

Diskussion

Im folgenden soll zunächst auf die Qualität der verwendeten Naturaldaten eingegangen werden. Die Datengrundlage der Bewertung ist für die ersten 48 Jahre sehr zuverlässig, da es sich um Daten aus einem wirklich existierenden Versuch handelt. Für einen Zeitraum von weiteren 50 Jahren wurden zur Datengewinnung Simulationsläufe mit dem Wachstumsmodell SILVA durchgeführt. Das Wachstumsmodell wurde an einem außerordentlich umfangreichen Datenmaterial parametrisiert, welches auch einen breiten geographischen Raum abdeckt (KAHN u. PRETZSCH 1997). Das Modell stellt für Bewertungen von waldbaulichen Behandlungsstrategien ein überaus wertvolles Hilfsmittel dar: Die simulierte Vorratsentwicklung bis zum Alter 98 erscheint durchaus plausibel. Die Werte der Ertragstafel von ASSMANN und FRANZ (1971) für die Oberhöhenbonität 40 (mittleres Ertragsniveau) werden allerdings auch durch die kombinierte Durchforstung nicht ganz erreicht. Vermutlich sind die überraschend hohen Abgänge durch die simulierte natürliche Mortalität der Grund für diesen Befund. Eine etwaige Abweichung von der Realität, die durch die Simulation entstehen kann, trifft aber alle vier Behandlungsstrategien in ähnlichem Maße, so daß die gefundenen Unterschiede – und lediglich auf die kommt es an – wahrscheinlich in der richtigen

Größenordnung liegen. Die Möglichkeiten der Simulation des Wachstums der künstlich eingebrachten Verjüngung und der natürlich ankommenden Verjüngung sind noch begrenzt. Auch hier führt die simulierte natürliche Mortalität zu erheblichen Abgängen bei den künstlich eingebrachten Tannen. Das Ankommen und das Wachstum von Fichtennaturverjüngung kann noch nicht treffend abgebildet

werden. Es wäre deshalb wünschenswert, wenn durch eine verstärkte Zusammenarbeit der waldbaulichen und der waldbaukundlichen Fachdisziplinen ein verlässliches Verjüngungsmodell entwickelt werden könnte.

Von besonderem Interesse ist es nun, die im Zusammenhang mit den eingangs aufgestellten Hypothesen erzielten Ergebnisse zu diskutieren. Im folgenden ist allerdings zu bedenken, daß das Risiko eines Sturmschadens nicht mit in die Berechnungen eingeflossen ist. Dieses fällt für die Varianten undurchforstet und kombinierte Durchforstung vermutlich deutlich höher aus als für die kräftig durchforsteten Bestände. In folgenden Untersuchungen könnte das Risiko nach Vorschlägen von z. B. DIETER (1997) berücksichtigt werden. Im Falle der vorliegenden Untersuchung steht etwaigen Nachteilen, die sich aus der Behandlungsvariante ergeben, die gezielt auf eine hohe Einzelbaumstabilität setzt, jedoch immer der (nicht quantifizierte) Vorteil der höheren Stabilität als Nutzen gegenüber. Die erste der beiden Hypothesen lautete:

- 1) Durch eine konsequente Förderung der Einzelbaumstabilität und eine sich daran anschließende Zielstärkenutzung in Fichtenbeständen kommt es im Vergleich zu konventionellen Behandlungsvarianten zu Wertzuwachsverlusten.

Die Variante Zieldurchmesserernte führte im Vergleich zur Variante kombinierte Durchforstung zu einem 29 % geringeren Wertzuwachs. Die Zieldurchmesserernte zeigte auch im Vergleich zu den übrigen Behandlungsvarianten einen geringeren Wertzuwachs. Dieses Ergebnis stützt zunächst eindeutig die erste Arbeitshypothese.

Es stellt sich nun allerdings die Frage, wodurch die Wertzuwachsverluste im Zuge der Behandlung Zieldurchmesserernte bedingt sind: Ein wesentlicher Grund für den relativ niedrigen Wertzuwachs der Variante Zieldurchmesserernte liegt darin, daß der Holzvorrat bereits in jungen Entwicklungsphasen des Bestandes (Alter 33 und Alter 48) jeweils um mehr als 100 Efm je Hektar abgesenkt wurde. Dadurch wurde zwar eine hohe Einzelbaumstabilität erreicht. Insbesondere durch den zweiten starken Eingriff, der zu einer Reduktion der Stammzahl je ha auf 236 führte, wurden jedoch viele Zuwachsträger frühzeitig entnommen.

Allerdings zeigte eine Behandlungsvariante mit Hiebsruhe nach starker Durchforstung, die, basierend auf dem auch für die Zieldurchmesserernte verwendeten Ausgangsbestand, simuliert wurde, einen deutlich höheren Wertzuwachs. Dieses Ergebnis legt den Schluß nahe, daß durch eine sich an die starke Durchforstung anschließende Zieldurchmesserernte zusätzliche Wertzuwachsverluste hervorgerufen werden. Zu ähnlichen Schlußfolgerungen kommt SPELLMANN (1997), der bei

einer simulierten Zielstärkennutzung der Fichte mit geringem Zieldurchmesser als in vorliegender Untersuchung (45 cm) einen Volumenzuwachsverlust feststellt. Er begründet diesen Zuwachsverlust durch die frühe Entnahme von Zuwachsträgern, deren entgehender Volumenzuwachs nicht durch den Lichtungszuwachs der verbleibenden Bäume kompensiert werden kann. Diese Interpretation erscheint insbesondere für die stark durchforsteten Parzellen des Freisinger Durchforstungsversuches aufgrund der hier von vornherein niedrigen Stammzahlhaltung plausibel.

Eine Betrachtung der Wertzuwachsverhältnisse allein kann jedoch noch keinen Aufschluß über die Vorteilhaftigkeit bestimmter Behandlungsoptionen geben. Entscheidend ist, wann im Laufe des Bestandeslebens die Einzahlungsüberschüsse eingeht. Insbesondere die Liquidität der Forstbetriebe hängt hiervon ab (MOOG 1997). Deshalb wurde im Zuge der zweiten Arbeitshypothese die Frage untersucht, welchen Einfluß der wesentlich frühere Eingang nennenswerter Einzahlungsüberschüsse bei der Variante Zieldurchmesserernte auf das Ergebnis der Bewertung hat. Die Arbeitshypothese lautete:

- 2) Wird durch Kalkulationszinsen berücksichtigt, zu welcher Zeit die Zahlungsvorgänge vorstatten gehen, so treten etwaige Wertzuwachsverluste im Zuge einer konsequenten Förderung der Einzelbaumstabilität mit anschließender Zieldurchmesserernte in den Hintergrund.

Es zeigte sich, daß bei niedrigen Kalkulationszinsen in Höhe von 1 % die Behandlungsvarianten undurchforstet und kombinierte Durchforstung deutlich überlegen bleiben. Derart geringe Zinssätze werden im Bereich der Forstwirtschaft durchaus verwendet (SCHREYER 1994), oft werden sogar keine Zinsen in Ansatz gebracht; eine eingehende Diskussion der klassischen Auffassungen zur Verwendung von Kalkulationszinsen findet sich z. B. bei KROTH und PLOCHMANN (1978) sowie MÖHRING (1994). Allerdings ist zwischen der Zieldurchmesserernte und der Variante Hiebsruhe nach starker Durchforstung selbst bei dem geringen Zinssatz nur noch ein geringe Unterlegenheit der Zieldurchmesserernte zu erkennen.

Je höher der verwendete Kalkulationszins ist, desto vorteilhafter stellt sich die Zieldurchmesserernte im Vergleich zu den übrigen Behandlungsoptionen dar. Gerade für den Besitzer eines durch junge Bestände dominierten Waldes kann eine Behandlung, wie sie für die Variante Zieldurchmesserernte unterstellt wurde, interessant sein. Während bei der Variante undurchforstet und bei der kombinierten Durchforstung der über rund 100 Jahre geleistete Wertzuwachs im wesentlichen erst im Rahmen der Endnutzung realisiert wird, fallen bei der Zieldurchmesserernte schon viel früher Einzahlungsüberschüsse an. Der frühere Eingang der Einzahlungsüberschüsse schlägt sich auch im Vergleich zur Variante Hiebsruhe nach starker Durchforstung positiv nieder. Durch starke Durchforstungen und Zieldurchmesserernte kann damit die Liquidität für Betriebe mit überwiegend jüngeren Beständen besser gewährleistet werden.

Die zweite Arbeitshypothese kann allerdings nicht ohne Einschränkung akzeptiert werden. Die erzielten Ergebnisse unterstützen jedoch eine Hypothese, die folgendermaßen lautet: Wird durch Kalkulationszinsen von 2,8 % oder höher berücksichtigt, zu welcher Zeit die Zahlungsvorgänge vorstatten gehen, so treten etwaige Wertzuwachsverluste im Zuge einer Zieldurchmesserernte in den Hintergrund.

Abschließend soll noch auf ein besonderes Problem der vorgestellten Bewertung eingegangen werden: Die Einschätzung der Auswirkung der starken Durchforstungen auf die

Holzqualität ist schwierig. Deshalb wurden hier eher vorsichtige Annahmen hinsichtlich der Güteklassenstruktur gemacht (es wurden 50 % B und rund 50 % C EWG für die Varianten Zieldurchmesserernte und Hiebsruhe nach starker Durchforstung unterstellt). Bäume aus verschiedenen Durchforstungsvarianten, die im Frühsommer 1996 eingeschlagen wurden, wurden durch das Institut für Holzforschung in München untersucht. Erste Ergebnisse der umfangreichen Studie liegen bereits vor (GLOS u. TRATZMILLER 1998). Aus der Untersuchung läßt sich jedoch keine direkte Aussage zu den Rundholzgüteklassen nach der HKS ableiten (TRATZMILLER, mündl. Mitt.). Die Studie des Institutes für Holzforschung hat allerdings ergeben, daß die Ausbeute an Kanthölzern, die sich als Hobelware nach der schwedischen Sortierung eignen (u/s), aus den Bäumen der stark durchforsteten Variante insbesondere aufgrund einer großen Anzahl an Harzgallen wesentlich geringer war als aus Bäumen einer schwachen Auslesedurchforstung. So waren nur 45 % der Kanthölzer aus den Probestämmen der stark durchforsteten Variante als Hobelware geeignet, während es im Falle der schwachen Auslesedurchforstung 59 % waren. Diese Werte können jedoch nicht verwendet werden, um die gesamte potentielle Ausbeute an Hobelware aus dem noch stehenden Vorrat abzuschätzen: GLOS und TRATZMILLER (1998) formten aus jedem Probestamm zwei Abschnitte einer Länge von 4,3 m aus. Untersucht wurden nur Abschnitte, deren Zopfdurchmesser mindestens 18 cm o. R. betrug. Moderne Sägewerke können allerdings Rundholz bereits ab einem Zopfdurchmesser von 10 cm o. R. verarbeiten (TRATZMILLER, mündl. Mitt.). Die von Glos und Tratzmiller anhand von Abschnitten mit einem Zopf von mindestens 18 cm o. R. erzielten Ausbeuten an Hobelware sind aber kaum auf Abschnitte mit geringerem Zopf übertragbar: Die Ausbeute der als Hobelware geeigneten Kanthölzer der Auslesedurchforstung würde, unter der Annahme eines geringeren Zopfdurchmessers, vermutlich sinken.

Zudem konnte die Analyse der Holzqualität durch das Institut für Holzforschung naturgemäß nur an Durchforstungsmaterial durchgeführt werden. Während dieses Material im Falle der stark durchforsteten Variante repräsentativ für den verbleibenden Bestand war, weil es hier praktisch nur herrschende und vorherrschende Bäume gab, war dies für die Vergleichsvariante (kombinierte Durchforstung) nicht der Fall, denn hier sind die vorherrschenden und herrschenden Bäume häufiger im Bestand verblieben als ausgeschieden. Wie ähnliche Studien zur Holzqualität von SEELING (1995) ergeben haben, weisen gerade vorherrschende Fichten im Vergleich zu den gering mitherrschenden Exemplaren eine wesentlich ungünstigere Holzqualität auf: Das Ausmaß der Krümmungen und Verwerfungen bei diesen Bäumen war erheblich höher. Die Aussagekraft des durch Glos und Tratzmiller durchgeführten Vergleichs der Holzqualität hinsichtlich einer höherwertigen Holzverwendung ist – auch weil es sich um relativ junge Bestände handelt – noch eingeschränkt.

Die Untersuchungen zur Holzqualität legen zwar die Vermutung nahe, daß im noch geringen Alter von 48 Jahren das Holz der Bäume der stark durchforsteten Variante eine deutlich geringere Qualität aufweist, wenn man eine höherwertige Verwendung ins Auge faßt. Die Entscheidungsrelevanz dieses Befundes ist – in diesem Entwicklungsstadium der Bestände – allerdings fraglich. Zudem muß insbesondere für die Besitzer kleiner bis mittlerer Betriebe bezweifelt werden, ob sie ihr Holz, selbst wenn es als Hobelware geeignet ist, zum Zeitpunkt der Endnutzung auch zu einem entsprechend höheren Holzpreis absetzen können. Völlig klar ist außerdem, daß Holz von

qualitativ guten Bäumen nur dann zu hohen Preisen verkauft werden kann, wenn die Bäume nicht lange bevor sie planmäßig genutzt werden sollen, vom Sturm geworfen werden. Deshalb muß die Produktionssicherheit an ersten Stelle stehen, sie rangiert eindeutig vor dem Kriterium der Qualität (ABETZ 1993).

Als Fazit der dargestellten Bewertung läßt sich festhalten, daß es durch starke Durchforstungen mit anschließender Zieldurchmesserernte bei einem Betrachtungszeitraum von fast 100 Jahren zu Wertzuwachsverlusten in Höhe von rund 30 % kommen kann. Bei der Wertzuwachsrechnung wurde allerdings nicht berücksichtigt, daß sich im Rahmen der Zieldurchmesserernte ein Unter- und Zwischenstand aus Tanne entwickelt hat, der am Ende der Simulation noch 181 Stämme je ha enthält, von denen einige bereits einen BHD von 20 cm aufweisen. Zudem ist anzunehmen, daß durch die starken Eingriffe im Rahmen der Zieldurchmesserernte auch Fichtennaturverjüngung ankommen würde. Es kann damit am Ende der Betrachtungsperiode bereits mit einem gemischten Folgebestand weitergearbeitet werden, ohne daß weitere Kulturkosten anfallen. Wird der zeitliche Eingang der Einzahlungsüberschüsse berücksichtigt, so schneidet die starke Durchforstung mit anschließender Zieldurchmesserernte dann günstiger als alle übrigen Behandlungsoptionen ab, wenn Kalkulationszinsen in Höhe von 2,8 % oder höher verwendet werden. Im Vergleich zur Variante undurchforstet und zur Hiebsruhe nach starker Durchforstung ist die Zieldurchmesserernte schon bei einem Kalkulationszins in Höhe von 2 % deutlich vorteilhafter. Es treten also, je nachdem, welcher Kalkulationszins verwendet wird, gar keine, niedrige oder hohe Kosten durch die konsequente Förderung der Einzelbaumstabilität und eine anschließende Zieldurchmesserernte auf. Wie hoch die Kosten durch starke Durchforstungen und eine anschließende Zieldurchmesserernte für den einzelnen Waldbesitzer sind oder ob ihm hierdurch ein zusätzlicher Nutzen entsteht, hängt damit von den Investitionsalternativen ab, die für den Waldbesitzer akzeptabel sind: Bei alternativen Investitionsmöglichkeiten (z. B. Waldankauf) mit einer internen Verzinsung in Höhe von 2,8 % oder höher ist die Variante mit hoher Einzelbaumstabilität und Zieldurchmesserernte bereits mit einem Nutzen verbunden, obwohl der Vorteil des hier geringeren Risikos nicht in Ansatz gebracht wurde.

Literatur

- Abetz, P. 1993. Ein Plädoyer für den Z-Baum. *Holz-Zentralblatt* 119, 305-310.
- Assmann, E. und Franz, F. 1971. *Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern*. 2. Aufl., Institut f. Ertragskunde d. Forstl. Versuchsanstalt München.
- Burschel, P.; Huss, J. 1997. *Grundriß des Waldbaus*. Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Pareys Studententexte 49. 2. Aufl., Berlin, Wien.
- Dieter, M. 1997. Anwendung von Modellen zur Entscheidung unter Risiko auf forstbetriebliche Fragestellungen. *Schr. z. Forstökonomie* 16, Frankfurt am Main.
- Glos, P.; Tratzmiller, M. 1998. *Qualität von Schnittholz bayerischer Fichten aus Lichtwuchsbetrieb im Vergleich zu Schnittholz aus Beständen mit niederdurchforstungsartiger Behandlung*. Abschlußbericht zum Projekt X 31 des Bayer. Staatsministeriums f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten.
- Huss, J. 1990. Zur Durchforstung engbegründeter Fichtenjungbestände. *Forstw. Cbl.* 109, 101-118.
- Huss, J. 1996. *Fichten-Durchforstungsversuch Freising*. Ber. z. Forschungsprojekt E 29 d. Bayer. Staatsministeriums f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten.
- Kahn, M.; Pretzsch, H. 1997. Das Wuchsmodell SILVA - Parametrisierung der Version 2.1 für Rein- und Mischbestände aus Fichte und Buche. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 168, 115-123.
- Klemperer, W.D. 1996. *Forest Resource Economics and Finance*. New York, Singapore.
- Knoke, T. 1998. *Analyse und Optimierung der Holzproduktion in einem Plenterwald – zur Forstbetriebsplanung in ungleichaltrigen Wäldern*. Forstl. Forschungsber. München 170.
- Kroth, W.; Plochmann, R. 1978. Von der Forststatik zur forstlichen Wirtschaftslehre. In: *Fachbereich Forstwissenschaft der Ludwig-Maximilians-Universität München (Hrsg.): Symposium „100 Jahre Forstwissenschaft in München.“* Forstl. Forschungsber. München 42, 121-140.
- Kublin, E.; Scharnagl, G. 1988. *Verfahrens- und Programmbeschreibung zum BWI-Unterprogramm BDAT*. Forstliche Versuchs- u. Forschungsanstalt Baden-Württemberg.
- Möhring, B. 1994. *Über ökonomische Kalküle für forstliche Nutzungsentscheidungen*. *Schr. z. Forstökonomie* 7, Frankfurt a. M.
- Moog, M. 1997. Forstwirtschaft. Wirtschaften mit naturnahen Ökosystemen. In: *Bayerische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.): Forstwirtschaft im Konfliktfeld Ökologie – Ökonomie*. Rundgespräche der Kommission für Ökologie 12, München, 37-44.
- Reininger, H. 1987. *Zielstärken-Nutzung*. Wien.
- Rieger, G. 1984. Leistung von Forstmaschinen. *Forstarchiv* 55, 115-117.
- Rieger, G. 1986. Vergabe von Rückeleistungen. *Forsttechn. Inform.* 12, 91-93.
- Schreyer, G. 1994. Betriebswirtschaftliche Aspekte einer naturnahen Forstwirtschaft. In: *Löffler, H. u. Messe München GmbH (Hrsg.): 7. Internationaler Kongreß Interforst 1994*. Forstl. Forschungsber. München 142, 89-102.
- Seeling, Ute 1995. Zielstärkendurchforstung Olper Fichtenjungbestände. *Allg. Forstz.* 50, 711-714.
- Spellmann, H. 1997. Ertragsentwicklung im „LÖWE“-Wald der Niedersächsischen Landesforstverwaltung. *Forst u. Holz* 52, 711-718.
- Williams, M.R.W. 1981. *Decision-Making in Forest Management*. Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
- Wöhe, G.; Döring, U. 1990. *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. 17. Aufl., München.

Verfasser: Dr. T. KNOKE, Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München, Am Hochanger 13, D 85354 Freising.