

Zum Einfluss von Risiko auf den optimalen Zieldurchmesser der Fichte

Bernhard Beinhofer

Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung, TU München, Am Hochanger 13, D-85354 Freising (beinhofer@forst.tu-muenchen.de)

Eingegangen: 15.02.2007 Angenommen: 08.04.2007

Kurzfassung: Im Rahmen der naturnahen Waldbewirtschaftung stellt nicht mehr die Umtriebszeit sondern der Zieldurchmesser die für die Ernteentscheidung ausschlaggebende Größe dar. Deshalb wird in diesem Beitrag versucht, unter Einbeziehung von Kalamitätsrisiken und von Holzpreisfluktuationen mithilfe von Monte-Carlo-Simulationen aus finanzieller Sicht optimale Zieldurchmesser herzuleiten.

Diese wurden mithilfe des Wertzuwachsprozents anhand von mit dem Waldwachstumssimulator SILVA generierten Wachstumsprognosen für 150 Z-Bäume ermittelt. Um den Wert der Einzelbäume zu bestimmen, wurde das Volumen je Sortiment mit Hilfe von BDAT bestimmt und mit aktuellen Holzpreisen bewertet. Daneben wurde analysiert, bei welchen Zieldurchmessern der Anteil von am Holzmarkt gefragten Sortimenten am größten ist.

Nach den Erfordernissen des Holzmarktes wäre eine Zieldurchmesserernte bei Brusthöhendurchmessern von 40 bis 45 cm zu empfehlen. Die für jeden Einzelbaum nach finanziellen Kriterien ermittelten optimalen Erntedurchmesser schwanken dagegen sehr stark. Unter Berücksichtigung von Kalamitätsrisiken liegen die über den Mittelwert und den Median der Einzelbaumwerte ermittelten Zieldurchmesser zwischen 33 und 61 cm. Diese weite Spanne lässt sich durch drei verschiedene Risikoszenarien und geforderte Verzinsungen zwischen 0 % und 5 % erklären.

Dabei verringern sich die Zieldurchmesser sowohl mit steigendem Risiko als auch mit steigender Verzinsungsforderung. Allerdings erfolgt in der Praxis die Zieldurchmesserernte nicht genau bei Erreichen des Zieldurchmessers. Vielmehr findet sie in einem Bereich um den optimalen Zieldurchmesser statt. Demnach wäre sowohl unter finanziellen Aspekten als auch unter Berücksichtigung des Holzmarktes die Ernte bei Brusthöhendurchmessern von 40 bis 45 cm vorteilhaft.

Impact of risk on the optimal diameter limits for spruces

Abstract: With the use of "near to nature forestry" no longer the rotation age but the diameter limit is the decisive factor for harvesting trees. Therefore this paper tries to find optimal diameter limits from the financial point of view including natural hazards and the volatility of timber prices. Diameter limits were determined by means of the relative value growth, calculated with Monte-Carlo-simulations.

This investigation was based on the data of the 150 final crop trees per hectare, which were generated with the help of the forest growth simulator SILVA. To get the value of these trees the volume of the different logs were ascertained with the sorting and grading program BDAT and valued with topical timber prices and logging costs. It was also analysed, which diameter limit leads to the highest share of assortments demanded most at the timber market.

This would be the case if trees are harvested at a dbh between 40 and 45 cm. The optimal diameter limit from the financial point of view is different for every tree. Including the risks of failure the optimal diameter limit calculated with the mean and the median of the results of the single trees is situated between 33 and 61 cm. This wide margin can be explained by using three different risk scenarios and demanded interest rates between 0% and 5%.

The diameter limit decreases with increasing risk of failure and rising demanded interest rate. In forestry the harvest doesn't take place immediately when a tree reaches the diameter limit, rather it takes place in a margin around the optimal diameter limit. Summarizing the results of this study it is advantageous from the financial point of view and considering the demands of the timber market to harvest spruces with a dbh between 40 and 45 cm.

Key words: diameter limit, economic maturity, spruce, volatility of timber prices, survival probabilities, risk, relative value growth

1 Einleitung

Im Altersklassenwald stellt die Umtriebszeit die zentrale Steuergröße der forstlichen Produktion dar. In der naturnahen Waldbewirtschaftung dagegen spielt das Alter der zu erntenden Bäume nicht mehr die entscheidende Rolle. Hier ist die Festsetzung eines Zieldurchmessers ausschlaggebend für die Ernteentscheidung und für die forstliche Planung in ungleichaltrigen Wäldern (Waldherr 1995, Knoke 1997). Dabei zeigen Erfahrungen aus der Praxis, dass Einzelstammnutzung die Erlöse aus der Holznutzung verbessern kann (Reininger 1995).

Vor dem Hintergrund der schwierigen wirtschaftlichen Lage, in der sich viele Forstbetriebe befinden, sollten nicht nur Rationalisierungspotenziale auf der Ausgabenseite genutzt werden, wie es momentan mit den verbreiteten Stellenkürzungen geschieht, sondern es sollte auch an der Verbesserung der Einnahmenseite gearbeitet werden. So sind deutliche Steigerungen durch eine verbesserte Ausnut-

zung des Ertragsvermögens von Beständen oder von Einzelbäumen möglich (Bachmann 1987). Dabei sollte stets bedacht werden, dass nur der wirtschaftliche Erfolg von Forstbetrieben eine zukunftsorientierte Waldpflege ermöglicht, denn wenn diese durch Schulden finanziert wird, die die kommende Generationen belasten, stellt dies eine Verletzung der Nachhaltigkeit dar (Duffner 1997).

Im Zuge der Optimierung des Zieldurchmessers soll in diesem Artikel besonders auf das Risiko durch Holzpreisfluktuation und naturale Risiken eingegangen werden, stellen sie doch ebenfalls bedeutende Einflussfaktoren für den Erfolg von Forstbetrieben dar.

Da der gewählte Zieldurchmesser auch in gewissem Rahmen die Produktionszeit bestimmt, hat er nicht nur Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg, sondern auch auf das Ausmaß von Kalamitäten abiotischen oder biotischen Ursprungs (Rau 2002). Dabei ist beispielsweise zu beachten, dass die Bestandesoberhöhe, die mit steigendem Alter zunimmt, die bedeutendste Größe zur Erklärung von Sturmschäden darstellt (König 1995). Gleichzeitig steigt mit

der Produktionsdauer neben der Schadenswahrscheinlichkeit auch das im Einzelbaum akkumulierte Holzvolumen, was im Kalamitätsfall neben der Schadholzmenge auch die finanziellen Konsequenzen erhöht.

Will man erfolgreich Forstwirtschaft betreiben, darf man nicht völlig an der Nachfrage des Holzmarktes vorbeiproduzieren. Für die Zielstärkenfestlegung bedeutet dies, einen maximalen Anteil der Sortimente L2b bis L3b zu produzieren, werden diese Sortimente doch momentan am besten bezahlt. Gleichzeitig werden für Starkholz Abschlüsse verlangt, was auch für die nähere Zukunft erwartet wird (Kohnle u. v. Teuffel 2004). Auch stellt die Berücksichtigung der Nachfrage einen pragmatischen Weg zur Ermittlung von Zieldurchmessern dar (Waldherr 1995). Damit soll in diesem Artikel zunächst folgender Frage nachgegangen werden:

- Welcher Zieldurchmesserbereich ist mit einem möglichst hohen Anfall der Sortimente L2b bis L3b verbunden?

Daneben gibt es aber auch die Meinung, dass trotz der Nachfrage nach mittelstarken Sortimenten die überlegenen Holzeigenschaften des Starkholzes für solche konzeptionelle Überlegungen wesentlich bedeutsamer sind (LÖBF 2004). Neben dem pragmatischen Ansatz, der sich an der Nachfrage orientiert, soll deshalb auch untersucht werden, welche Zieldurchmesser unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten, also unter Berücksichtigung von Produktionskosten, optimal sind. Die zweite Frage lautet deshalb:

- In welchem Bereich liegen optimale Zieldurchmesser für Fichte unter Berücksichtigung von Kalamitätsrisiken und Verzinsungsforderungen?

Da in dieser Untersuchung verschiedene Verzinsungsforderungen für das durch die Bäume repräsentierte Kapital und auch unterschiedliche Risikoszenarien berücksichtigt werden, stellt sich die dritte Frage wie folgt:

- In welchem Ausmaß wirken sich unterschiedlich starke Kalamitätsrisiken und verschieden hohe Verzinsungsforderungen auf die optimalen Zieldurchmesser bei Fichte aus?

2 Material und Methoden

2.1 Bestandesdaten

Die folgenden Kalkulationen basieren auf Wachstumsprognosen für Einzelbäume, die vom Waldwachstumssimulator SILVA (Kahn u. Pretzsch 1997) erzeugt wurden. Dazu wurde die Entwicklung des im Simulationsprogramm vorhandenen Fichtenbeispielbestandes für eine Z-Baumdurchforstung bis zum Alter von 144 Jahren simuliert. Als Standortseinstellung wurde die des Oberbayerischen Tertiärhügellandes gewählt, so dass die Bestände eine Oberhöhenbonität nach Assmann und Franz (1963) von 38 aufweisen. Weiter wurden für die Simulation ein Durchforstungseingriff je Fünfjahresperiode und eine Stammzahlleitkurve für starke Durchforstung vorgesehen. Bei jeder Durchforstung sollen dabei 2 Bedränger je Z-Baum entnommen werden. Die Simulation wurde in Anhalt an Wilhelm et al. (1999b) mit 150 Z-Bäumen je Hektar durchgeführt. Da sich die Daten des Beispielbestandes nur auf eine Fläche von 0,2 ha beziehen, wurde die Simulation fünfmal wiederholt, um durch Addition die Bestandesdaten für die Fläche von 1 ha und somit 150 Z-Bäumen zu erhalten. Die folgenden Kalkulationen zur Ermittlung optimaler Zieldurchmesser wurden nur mit den Einzelbaumdaten der 150 Z-Bäume durchgeführt.

Um den finanziellen Wert jedes Z-Baums für jede Periode ermitteln zu können, wurden mithilfe des Sortierungs- und Volumierungsprogramms BDAT (Kublin u. Scharnagel 1988) die enthaltenen Sortimente ermittelt. Dazu wurden die Stämme in 5,10 m lange Fixlängen eingeteilt, wobei als Mindestzopf 10 cm ohne Rinde verwendet wurden. Eine Aufarbeitung von Langholz wurde nicht

vorgesehen, geht doch der Trend beim Nadelholz, auch im Starkholzbereich, eindeutig in Richtung von Standardlängen (KWF 2004, Sauter et al. 2004, Hehn et al. 2005).

2.2 Bewertung der Bestandesdaten

Zur Bewertung der Holzsortimente wurden Holzpreise des Bayerischen Waldbesitzerverbandes (2006) verwendet. Für die Holzernte wurden bis einschließlich der Stärkeklasse L3b vollmechanisierte Verfahren, für höhere Stärkeklassen eine motormanuelle Aufarbeitung unterstellt. Dabei orientierten sich die Holzerntekosten an aktuellen bayerischen Daten und an Kalkulationen von Sauter et al. (2004). Daneben wurde im Anhalt an Knoke (1998) eine Qualitätsstruktur des Fichtenstammholzes von 80 % B, 18 % C und 2 % D EWG unterstellt. Dies führte zu den in Tabelle 1 aufgeführten Nettoerlösen der Sortimente. Anhand der ermittelten Holzmassen je Sortiment und der Nettoerlöse konnte für alle Perioden der finanzielle Wert jedes einzelnen Baums ermittelt werden.

Tab. 1. Holzerntekostenfreie Erlöse der Sortimente in Euro pro Festmeter (fm). Net proceeds of the assortments in Euro m⁻³.

Sortiment	Nettoerlös (€ fm ⁻¹)
L1a	22,56
L1b	36,36
L2a	47,14
L2b	51,06
L3a	51,06
L3b	51,06
L4	47,66
L5	47,66
L6	47,66
Industrieholz	18,50

2.3 Integration der Holzpreisfluktuation

Eine mögliche Holzpreisfluktuation wurde in die Betrachtung integriert. Basierend auf den Holzpreisstatistiken der Bayerischen Staatsforstverwaltung aus dem Zeitraum von 1974 bis 2003, wurden die Preise für unentrindetes Holz der Stärkeklasse L2b in B-Holzqualität analysiert. In diesem Zeitraum wurden für dieses Sortiment im Mittel 70 € fm⁻¹ Erlöst. Dabei wiesen die Holzpreise eine Standardabweichung von 15,50 € fm⁻¹ auf. Da in dieser Untersuchung nur in Zeitabständen von 5 Jahren Erntemaßnahmen geplant wurden, ist es für die Holzpreisschätzung nicht nötig, ein autoregressives Modell zu verwenden, bei dem der aktuelle Preis von dem im vorhergehenden Jahr abhängt. Auch in der Datengrundlage waren die Holzpreise für fünf Jahre auseinander liegende Zeitpunkte annähernd unkorreliert (k = -0,02).

Somit genügt für die Holzpreisschätzung ein einfaches Modell. Mithilfe des Mittelwerts und der Standardabweichung der L2b-Preise der Holzpreisstatistik wurde eine Normalverteilung erzeugt, aus der für jeden möglichen Erntezeitpunkt ein zufallsbehafteter Holzpreis gezogen wurde. Aus diesem Holzpreis und dem mittleren Holzpreis des Preismodells wurde anschließend ein Quotient gebildet. Die möglichen holzerntekostenfreien Erlöse jedes Z-Baums wurden dann mit diesem Quotienten multipliziert, so dass sie in der Kalkulation mit den zufälligen Holzpreisen schwankten.

2.4 Integration von Überlebenswahrscheinlichkeiten

Neben der Holzpreisfluktuation wurde auch das Risiko des kalamitätsbedingten Ausfalls berücksichtigt. Die Grundlage dafür bildende existierende Untersuchungen zu den Überlebenswahrscheinlich-

keiten bzw. Ausfallwahrscheinlichkeiten von Fichtenbeständen oder einzelbaumbezogene Untersuchungen. Unter der Überlebenswahrscheinlichkeit versteht man die Wahrscheinlichkeit, mit der ein neu begründeter Waldbestand oder ein Einzelbaum ein Zeitintervall bestimmter Länge überlebt (Dieter 1997). Die Ausfallwahrscheinlichkeit dagegen gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der ein Waldbestand oder ein Einzelbaum bestimmten Alters bis zum Erreichen eines höheren Alters ausfällt (Deegen 1994). Dabei berechnet sich die Überlebenswahrscheinlichkeit für eine Zeitperiode als 1-Ausfallwahrscheinlichkeit (Dieter 1997). Die Überlebenswahrscheinlichkeit eines Baumes über mehrere Zeitperioden ergibt sich aus dem Produkt der Überlebenswahrscheinlichkeiten der Einzelperioden.

Die vorliegenden Untersuchungen betrachten meist die Bestandesebene. Diese Kurven wurden auch auf die Einzelbäume angewendet. Durch dieses Vorgehen wurden die Überlebenswahrscheinlichkeiten der Einzelbäume allerdings eher überschätzt, können doch durchaus einzelne Bäume ausfallen, der Bestand aber überlebt.

Die für diese Kalkulation verwendeten Überlebenswahrscheinlichkeiten basieren auf Daten von Möhring (1986) und der Waldlebensstafel von Kouba (2002). Zusätzlich wurden die Überlebenswahrscheinlichkeiten von Fichtenbeständen, die von König (1995, 1996) unter alleiniger Betrachtung von Sturmschäden ermittelt wurden, verwendet. Zu dem Risiko des Bestandesausfalls durch Sturm wurde die Gefahr des Ausfalls durch andere Kalamitäten nach der Methode von Bräuning und Dieter (1999) addiert. Für diese Rechnung dienten die nach Ursachen aufgeschlüsselten kalamitätsbedingten Holzeinschläge der Bayerischen Staatsforstverwaltung von 1990 bis 2004 (Bayerische Staatsforstverwaltung 2004) als Grundlage. Aufgetragen über dem Alter ergaben sich aus diesen Daten verschiedene mögliche Entwicklungen der Überlebenswahrscheinlichkeit. Basierend auf dieser Vielzahl von Daten, wurden zwei Szenarien mit mittleren und höheren Ausfallrisiken und damit entsprechend verschiedenen Überlebenswahrscheinlichkeiten (vgl. „mittleres Risiko“ und „hohes Risiko“ in Abb. 1) für Fichtenbestände ausgearbeitet. Dabei bildet das Szenario mit hohem Ausfallrisiko die untere Umhüllende der verschiedenen möglichen Entwicklungen der Überlebenswahrscheinlichkeit nach existierenden Untersuchungen auf der Bestandesebene. Das Szenario mit mittlerem Ausfallrisiko stellt im Bereich der möglichen Entwicklungen eine Variante mit etwa mittleren Überlebenswahrscheinlichkeiten dar.

Daneben wurden Überlebenswahrscheinlichkeiten auf Einzelbaumebene verwendet, die auf einer Untersuchung von Müller (2002) basieren. Dazu wurden für Höhenlagen des Tertiären Hügellandes und nicht wechselfeuchte oder vernässte Standorte in Abhängigkeit von der Einzelbaumhöhe und dem Brusthöhendurchmesser der Fichten die Überlebenswahrscheinlichkeiten der Einzelbäume für die Schadarten Bruch und Wurf nach Müller (2002) ermittelt. Diese beiden Schadarten wurden dann nach der Methode von Bräuning und Dieter (1999) verrechnet und um das Risiko von Insektenschäden erweitert. Dazu wurde wie oben beschrieben vorgegangen.

Die Überlebenswahrscheinlichkeiten unterscheiden sich für dieses Szenario von Baum zu Baum. Die Überlebenswahrscheinlichkeiten der 150 Z-Bäume sind in Abbildung 1 als „extremes Risiko“ dargestellt und über dem Alter der Bäume aufgetragen. Diese Bezeichnung wurde gewählt, da sich deutlich geringere Überlebenswahrscheinlichkeiten ergaben als nach den Untersuchungen auf Bestandesebene. So ist hier davon auszugehen, dass kaum ein Baum älter als 120 Jahre wird. Gleichzeitig wird deutlich, dass es bei Betrachtung auf Einzelbaumebene eine weite Spanne an Überlebenswahrscheinlichkeiten gibt. Dabei weisen dünnere Bäume geringere Überlebenswahrscheinlichkeiten auf als dickere (Müller 2002).

Um die Effekte der Integration des Kalamitätsrisikos herauszuarbeiten, wurde auch eine Variante ohne die Gefahr des kalamitätsbedingten Ausfalls berechnet (vgl. „ohne Risiko“ in Abb. 1).

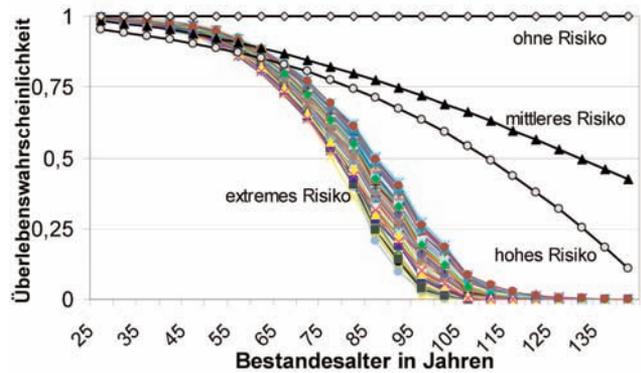


Abb. 1. Verwendete Risikoszenarien und Überlebenswahrscheinlichkeiten. Used risk scenarios and survival probabilities.

Basierend auf dieser Datengrundlage, konnten die Ausfallwahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit vom momentanen Baumalter für die nächste Fünfjahresperiode ermittelt werden. Über eine Zufallsfunktion wurde dem Baum mit dieser Wahrscheinlichkeit ein kalamitätsbedingter Ausfall zugeordnet.

Fällt ein Baum aufgrund eines Schadereignisses aus, wurde davon ausgegangen, dass nur noch die Hälfte des momentanen Nettoerlöses erzielt wird. Diese Reduktion scheint aufgrund des kalamitätsbedingten Preisverfalls, der höheren Aufarbeitungsausgaben oder der Holzverluste z. B. aufgrund von gesplittetem Holz bei Sturmereignissen gerechtfertigt und entspricht empirisch ermittelten Ergebnissen (Dieter 1997, 2001). Aus Gründen der Vereinfachung wurde unterstellt, dass Ausfälle von Bäumen stets zu Beginn der Fünfjahresperiode stattfinden, für die der genaue Nettoerlös für jeden Baum vorliegt. Wird einem Baum kein kalamitätsbedingter Ausfall zugeordnet, setzt er seine normale Entwicklung in dieser Fünfjahresperiode fort. Dieses Vorgehen wird für jede Fünfjahresperiode wiederholt.

2.5 Das Wertzuwachsprozent

Die Entscheidung, ob ein Baum bei einem bestimmten Brusthöhendurchmesser hiebsreif ist, wurde hier mithilfe des Wertzuwachsprozents ermittelt. Zur Berechnung des Wertzuwachsprozents wurden in Anhalt an Bentley und Teeguarden (1965) und Möhring (1994) folgende Formel verwendet:

$$WZP_n = \left(\sqrt[n]{\frac{Ne_{t+n}}{Ne_t}} - 1 \right) * 100 \quad (1)$$

Damit wird das Wertzuwachsprozent über einen Zeitraum von n Jahren mit WZP_n bezeichnet. Mit Ne_t wird dabei der sofort realisierbare Nettoerlös bei Ernte des Baumes bezeichnet, mit Ne_{t+n} der in n Jahren mögliche Nettoerlös. Dabei setzt sich der Wertzuwachs im Zeitraum n additiv aus dem Volumenzuwachsprozent und der prozentualen Änderung des holzerntekostenfreien Erlöses zusammen (Möhring 1994). Die verwendete Formel ergibt im Ergebnis eine durchschnittliche Verzinsung über den Betrachtungszeitraum mit der man Ne_{t+n} auf den Wert Ne_t diskontieren kann (Bentley u. Teeguarden 1965) und entspricht somit dem internen Zinssatz der Investition in das Stehenlassen des Baumes. Der interne Zinssatz weist ebenfalls den Charakter einer für die Investitionsdauer gültigen durchschnittlichen Rendite auf (Kato 1986).

Durch die Wahl der Umtriebszeit oder der Zielstärke wird auch über die Bindung von Finanzmitteln entschieden (Möhring 1997). Mithilfe des Wertzuwachsprozents kann auch eine Ernterangfolge

zwischen Bäumen aufgestellt werden, wobei es ökonomisch rational ist, die Stämme mit den geringsten Wertzuwachsprozents zu erst einzuschlagen. Wird ein Baum nicht geerntet, sondern verbleibt im Wald, entstehen somit Opportunitätskosten, da das Kapital im Baum gebunden bleibt und damit eine alternative Nutzung nicht möglich ist (Knoke 1997). Dabei richtet sich die Höhe dieser kalkulatorischen Opportunitätskosten nach der entgangenen Verzinsung, also nach der Rendite der besten Investitionsalternative (Heidingsfelder u. Knoke 2004). Um zu entscheiden, ob es für den Waldeigentümer vorteilhaft ist, den Baum sofort einzuschlagen oder ihn weiter im Wald zu belassen, muss die Rendite der Alternativinvestition, im Folgenden durch die geforderte Verzinsung des eingesetzten Kapitals ausgedrückt, mit dem Wertzuwachsprozess verglichen werden.

Ist das Wertzuwachsprozess höher als die Rendite der Investitionsalternative, ist der Verbleib des Baumes im Wald vorteilhaft, da die zukünftigen Einnahmen höher sind als bei der Investitionsalternative. Ist das Wertzuwachsprozess geringer als die Rendite der Investitionsalternative, wären der sofortige Einschlag und die Anlage der Einnahmen in der Investitionsalternative vorteilhaft. Wenn sich das Wertzuwachsprozess und die interne Verzinsung der besten Investitionsalternative entsprechen, ist der Investor indifferent eingestellt, ob er den Baum stehen lassen oder fällen soll, da ihm beide Alternativen den gleichen finanziellen Vorteil versprechen (Zimmermann 2003). Das Wertzuwachsprozess ist somit gut geeignet, den optimalen Einschlagszeitpunkt zu bestimmen und die Entscheidung für den Zieldurchmesser aus finanzieller Sicht zu untermauern (Knoke 1997).

Hier wurde das Wertzuwachsprozess stets für die nächste Fünfjahresperiode berechnet. Dies war möglich, da die Daten der Einzelbäume in einer Nachkalkulation bewertet wurden. Um die Bandbreite der möglichen Ergebnisse bei Integration der Unsicherheiten hinsichtlich des Holzpreises und des kalamitätsbedingten Risikos zu ermitteln, wurde diese Kalkulation für jeden der 150 Z-Bäume und jede Risikostufe in 1000-facher Wiederholung im Rahmen einer Monte-Carlo-Simulation durchgeführt (Pflaumer 1995). Diese Kalkulation erfolgte mithilfe des Microsoft Excel Add-Ins für Monte-Carlo-Simulationen von Barreto und Howland (2006).

Sollte ein Baum in der betrachteten Fünfjahresperiode ausfallen, wurde das Wertzuwachsprozess aufgrund des halbierten erntekostenfreien Erlöses gleich -50 % gesetzt. In den nachfolgenden Perioden wurde das Wertzuwachsprozess gleich null gesetzt, da der Baum nicht mehr existiert und damit auch nicht mehr an Wert zulegen kann. Aus den 1000 Wiederholungen je Baum und Risikoszenario wurde dann ein Mittelwert des Wertzuwachsprozents für jede Fünfjahresperiode berechnet.

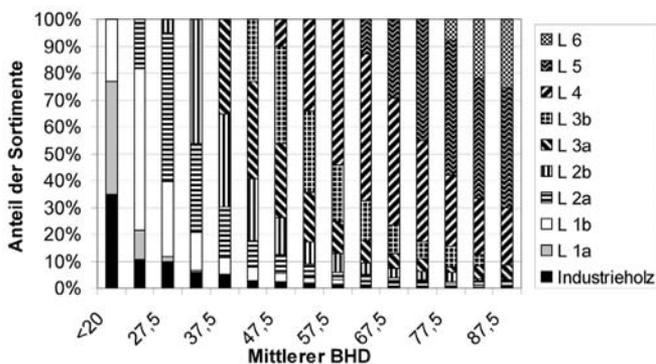


Abb. 2. Durchschnittliche Anteile der Sortimente für verschiedene Brusthöhendurchmesser (cm).
Average share of the assortments for different dbh classes (cm).

Durch die Verwendung der zufallsbehafteten Simulationsdaten aus dem Wachstumsmodell SILVA bedingt, nahm das Wertzuwachsprozess mit steigenden Brusthöhendurchmessern allerdings leicht wellenförmig ab. Aus diesem Grund wurden für jeden Baum in jeder Risikostufe logarithmische Regressionsgeraden ermittelt. Diese wiesen durchwegs sehr hohe Bestimmtheitsmaße auf. Die für die Brusthöhendurchmesser der Einzelbäume mit diesen Regressionsgeraden berechneten Wertzuwachsprozents wurden dann einzeln ausgewertet.

Dabei wurde für jeden Einzelbaum ermittelt, bei welchem Brusthöhendurchmesser das für die folgende Fünfjahresperiode zu erwartende Wertzuwachsprozess bestimmte Verzinsungsforderungen erstmals nicht mehr erfüllt. In diesem Fall wäre es dann aus finanzieller Sicht besser, den Baum sofort einzuschlagen, als ihn nochmals fünf Jahre stehen zu lassen. Dieser Brusthöhendurchmesser wäre dann der Zieldurchmesser für diesen Baum.

Nach Überschreiten des Zieldurchmessers wird davon ausgegangen, dass ein geringeres Wertzuwachsprozess zu erwarten ist (Ebert 1991). Dies wurde für Verzinsungsforderungen von 0 %, 1 %, 2 %, 3 %, 4 % und 5 % untersucht. Je nach persönlicher Zielsetzung des Waldeigentümers bzw. seiner Verzinsungsforderung kann der Zieldurchmesser folglich deutlich variieren.

Anschließend wurden die je Einzelbaum ermittelten Zieldurchmesser über die 150 Z-Bäume gemittelt und die Standardabweichung des Mittelwertes berechnet. Daneben wurde auch der Median des Zieldurchmessers ermittelt. Unter Median bzw. Zentralwert versteht man dabei den Zieldurchmesser, bei dem 50 % der Beobachtungen einen Brusthöhendurchmesser kleiner oder gleich bzw. größer dem Median aufweisen (Hartung 1987).

3 Ergebnisse

In der Praxis ist die Vorhersage des Wertzuwachsprozents für die nächsten 5 Jahre nur mit großen Unsicherheiten möglich. Aus diesem Grund wird oftmals der Zieldurchmesser pragmatisch an den Erfahrungen des Holzverkaufs und den am meisten nachgefragten Sortimenten orientiert (Waldherr 1995). Um diesen Aspekt mit zu berücksichtigen, wurden die Daten der 150 Zukunftsbäume für jeweils 24 Perioden, also insgesamt 3.600 Bäume nach dem Brusthöhendurchmesser in 5 cm breite Durchmesserstufen einsortiert. Anhand der Daten über enthaltene Sortimente und deren Volumen konnten für jede Durchmesserstufe die prozentualen Anteile der einzelnen Sortimente am Baumvolumen ermittelt werden, die ein mittlerer Baum theoretisch enthält. Diese Anteile sind in Abbildung 2 über dem mittleren Brusthöhendurchmesser der untersuchten Stufen aufgetragen. Dabei ist zu beachten, dass alle Abschnitte mit mehr als 60 cm Mitteldurchmesser zur Stärkeklasse L6 gezählt wurden.

Auf dem Holzmarkt wird für Fichteholz der Stärkeklassen L2b bis L3b derzeit am meisten bezahlt, und diese Sortimente sind auch am meisten nachgefragt. Den maximalen Anteil erreichen diese am besten bezahlten Stärkeklassen in einem Bereich der Brusthöhendurchmesser von 40 bis 45 cm. Ihr Anteil beträgt hier insgesamt 82 %. Nach dem Kriterium der Produktion von am besten absetzbaren Sortimenten würde die Zielstärke also im Bereich von 40 bis 45 cm Brusthöhendurchmesser liegen.

Wenn man allerdings, wie von Möhring (1997) vorgeschlagen, das Wertzuwachsprozess verwendet, um die Ernteentscheidung auf eine ökonomisch fundierte Grundlage zu stellen, und die verschiedenen Risiken mit berücksichtigt, kommt man zu einem differenzierteren Ergebnis.

Wie auch Knoke (1997) feststellte, schwanken die Wertzuwachsprozents der einzelnen Bäume auch bei gleichem Brusthöhendurchmesser sehr stark. Aus diesem Grund werden auch die geforderten

Verzinsungen von den Z-Bäumen bei sehr verschiedenen Bruthöhendurchmessern unterschritten.

Um einen Überblick über die Verteilung der optimalen Erntedurchmesser der 150 betrachteten Z-Bäume für alle Risikostufen zu geben, wurden jeweils die Extremwerte in Tabelle 2 für verschiedene Verzinsungsforderungen zusammengefasst. Dabei ist zu bemerken, dass die Verteilungen trotz der weiten Streuung stets ein ausgesprochenes Maximum aufweisen (vgl. auch Tab. 5 u. 6).

Tab. 2. Minimal- und Maximalwerte der optimalen Zieldurchmesser für Einzelbäume in cm.
Minimal and maximum results of the optimal diameter limits of the single trees in cm.

Risikostufe	Geforderte Verzinsung						
	0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	
ohne Risiko	Min.	49	29	28	26	24	22
	Max.	71	81	70	58	51	45
mittleres Risiko	Min.	29	26	25	24	21	20
	Max.	70	62	55	50	44	40
hohes Risiko	Min.	26	25	24	22	21	20
	Max.	63	58	53	48	45	41
extremes Risiko	Min.	21	21	19	19	18	18
	Max.	55	51	48	45	45	43

Bei der Interpretation der Daten in Tabelle 2 ist zunächst zu beachten, dass ohne kalamitätsbedingte Risiken nicht alle Bäume eine Verzinsung von 0 % oder 1 % unterschreiten. So fallen die Wertzuwachsprozente im betrachteten Durchmesserbereich bzw. Zeitraum lediglich von 6 Bäumen unter 0 %, und nur 145 Bäume fallen unter eine Verzinsungsforderung von 1 % ab. Aus diesem Grund werden diese beiden Fälle in den folgenden Betrachtungen nicht weiter berücksichtigt.

Vernachlässigt man diese Fälle, verringert sich innerhalb einer Risikostufe die Spanne zwischen kleinstem und größtem optimalen Erntedurchmesser mit steigender geforderter Verzinsung. Dabei ist zu beobachten, dass sich die Werte des Minimums viel weniger verändern als die Maximalwerte. Gleichzeitig ist festzustellen, dass mit steigendem Kalamitätsrisiko die Spanne zwischen Minimal- und Maximalwert ebenfalls sinkt. Eine Ausnahme tritt bei Verzinsungsforderungen von 4 % und 5 % auf. Hier erhöht sich diese Spanne der Zieldurchmesser von hohem Risiko hin zum extremen Risiko wieder. Auch bei dem Vergleich verschiedener Risikoszenarien verringert sich die untere Grenze der optimalen Erntedurchmesser viel weniger als die obere Grenze.

Die Ergebnisse der 150 Z-Bäume hinsichtlich des optimalen Erntedurchmessers wurden auch zu einem Mittelwert verdichtet. Diese Mittelwerte sind für verschiedene Risikostufen und die verschiedenen geforderten Verzinsungen zusammen mit ihren Standardabweichungen in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tab. 3. Mittelwert und Standardabweichung der Zieldurchmesser in cm.
Mean and standard deviation of the optimal diameter limits in cm.

Risikostufe		Geforderte Verzinsung					
		0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
ohne Risiko	Mittelwert	-	-	59	51	44	38
	Standardabw.	-	-	7	6	5	4
mittleres Risiko	Mittelwert	60	53	47	42	38	34
	Standardabw.	8	7	6	5	4	4
hohes Risiko	Mittelwert	54	49	45	41	37	34
	Standardabw.	7	6	6	5	4	4
extremes Risiko	Mittelwert	43	41	39	37	35	33
	Standardabw.	7	6	6	6	5	5

Wie zu erwarten war (vgl. Moog 1990, Moog u. Karberg 1992), sinkt das Wertzuwachsprozent mit steigendem Bruthöhendurchmesser und damit sinken die Zieldurchmesser mit steigender geforderter Verzinsung. Insgesamt liegen die Zieldurchmesser zwischen Bruthöhendurchmessern von 33 bis 60 cm. Gleichzeitig ist zu beobachten, dass mit steigender geforderter Verzinsung auch die Standardabweichung des Mittelwerts abnimmt.

Vergleicht man die einzelnen Risikostufen, so verringert sich der Zieldurchmesser bei gleicher Verzinsungsforderung mit steigendem Risiko deutlich. Mit steigender geforderter Verzinsung fällt allerdings der Unterschied zwischen den Zieldurchmessern bei den verschiedenen Risikostufen deutlich geringer aus. Innerhalb einer Risikostufe sinkt der Unterschied zwischen den Zieldurchmessern bei verschiedenen Verzinsungsforderungen ebenfalls deutlich ab. Nach dem Median sind stets etwas höhere Bruthöhendurchmesser optimal als nach dem Mittelwert. Der Unterschied beträgt zumeist 1 cm, maximal 2 cm.

Zur Herstellung des Zeitbezugs wird in Tabelle 4 das mittlere Alter der Bäume aufgeführt, bei dem die betrachteten Z-Bäume den Zieldurchmesser erreichen.

Tab. 4. Mittleres Alter in Jahren, bei dem der Zieldurchmesser erreicht wird.
Average age, at which the optimal diameter limits are reached.

Risikostufe	Geforderte Verzinsung					
	0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
ohne Risiko	-	-	94	75	60	49
mittleres Risiko	94	79	67	56	48	41
hohes Risiko	80	70	62	53	47	41
extremes Risiko	58	54	50	46	42	39

Die Ergebnisse zeigen, dass im Bereich verlässlicher Daten die Zieldurchmesser alle vor dem Alter 100 erreicht werden. Das Alter, in dem der Zieldurchmesser im Mittel erreicht wird, schwankt insgesamt zwischen 39 und 94 Jahren. Mit steigendem Risiko verringert sich die Altersspanne, bei der die Zieldurchmesser verschiedener Zinsforderungen erreicht werden genauso wie die Zieldurchmesser. Gleichzeitig ist diese Reduktion des Alters mit steigendem Risiko umso geringer, je höher die geforderte Verzinsung ist.

In der Praxis erfolgt die Ernte der Einzelbäume jedoch nicht exakt mit dem Erreichen eines nach finanziellen Kriterien optimierten Zieldurchmessers. Vielmehr findet die Ernte nach Zieldurchmesser in einem Durchmesserbereich statt, der sich symmetrisch um den ermittelten optimalen Zieldurchmesser erstreckt (Waldherr 1995). Aufgrund der großen Streuung der optimalen Erntezeitpunkte der Einzelbäume ist es zudem schwer, eine genaue, allgemeingültige Grenze festzulegen, ab der alle Bäume zu ernten sind. Um diesen Aspekten Rechnung zu tragen, wurden 5 und 10 cm breite Bruthöhendurchmesserstufen gebildet und die Bäume mit ihren optimalen Erntedurchmessern in diese Klassen einsortiert. Anhand dieser Zahlen wurde dann ermittelt, welcher Anteil der 150 betrachteten Z-Bäume in diesem Intervall seine Hiebsreife erreicht. Gleichzeitig konnte festgestellt werden, in welchem Intervall dieser Anteil am größten ist. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 und Tabelle 6 zusammengefasst.

In Tabelle 5 sind die 5 cm breiten Intervalle mit der höchsten relativen Häufigkeit an zu erntenden Bäumen dargestellt. Diese Intervalle liegen zwischen 30 und 60 cm Bruthöhendurchmesser. Die relativen Häufigkeiten bewegen sich dabei zwischen 37 % und 69 %, liegen zumeist aber um oder über 50 %. Lediglich bei der Variante mit extremem Risiko sind die relativen Häufigkeiten geringer und lie-

gen zwischen 37 % und 53 %. Insgesamt liegen sowohl der Median als auch der Mittelwert zumeist innerhalb der 5 cm breiten Stufen mit der größten relativen Häufigkeit. In 5 Fällen allerdings liegt der Mittelwert einen Zentimeter unter der unteren Grenze, in einem Fall 2 cm. Der Median liegt in 2 Fällen einen Zentimeter über der oberen Grenze.

Tab. 5. 5 cm breite Brusthöhendurchmesserstufen mit höchster relativer Häufigkeit an Fichten, die ihren optimalen Zieldurchmesser erreichen. 5 cm wide dbh steps with the highest relative frequency of spruces reaching their optimal diameter limit.

Risikostufe		Geforderte Verzinsung					
		0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
ohne Risiko	untere Grenze	–	–	55	50	45	35
	obere Grenze	–	–	60	55	50	40
	relative Häufigkeit	–	–	69 %	66 %	49 %	48 %
mittleres Risiko	untere Grenze	55	55	45	40	35	35
	obere Grenze	60	60	50	45	40	40
	relative Häufigkeit	65 %	46 %	47 %	62 %	53 %	49 %
hohes Risiko	untere Grenze	55	50	45	40	35	35
	obere Grenze	60	55	50	45	40	40
	relative Häufigkeit	44 %	45 %	55 %	62 %	53 %	53 %
extremes Risiko	untere Grenze	40	40	40	35	35	30
	obere Grenze	45	45	45	40	40	35
	relative Häufigkeit	37 %	50 %	43 %	45 %	53 %	37 %

In Tabelle 6 sind die Bäume nach ihrem optimalen Erntedurchmesser in 10 cm breite Brusthöhendurchmesserstufen eingeteilt worden. In den angegebenen Intervallen befindet sich ein sehr hoher Anteil der betrachteten Bäume. Die relativen Häufigkeiten betragen dabei zwischen 70 % und 89 %, zumeist liegen sie um die 80 %. Sowohl alle Mittelwerte als auch alle Mediane der optimalen Zieldurchmesser liegen innerhalb dieser 10 cm breiten Brusthöhendurchmesserstufen.

Mithilfe dieser Intervalle kann man mit großer Wahrscheinlichkeit die Bäume bei einem geeigneten Zieldurchmesser ernten und der Praxis soweit Rechnung tragen, dass nicht sofort nach Überschreiten des optimalen Zieldurchmessers der entsprechende Baum geerntet wird, sondern vielmehr alle 5 bis 10 Jahre eine Erntemaßnahme in einem Bestand stattfindet.

Tab. 6. 10 cm breite Brusthöhendurchmesserstufen mit höchster relativer Häufigkeit an Fichten, die ihren optimalen Zieldurchmesser erreichen. 10 cm wide dbh steps with the highest relative frequency of spruces reaching their optimal diameter limit.

Risikostufe		Geforderte Verzinsung					
		0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
ohne Risiko	untere Grenze	–	–	55	50	40	35
	obere Grenze	–	–	65	60	50	45
	relative Häufigkeit	–	–	85 %	78 %	84 %	83 %
mittleres Risiko	untere Grenze	55	50	45	40	35	30
	obere Grenze	65	60	55	50	45	40
	relative Häufigkeit	85 %	83 %	79 %	81 %	82 %	89 %
hohes Risiko	untere Grenze	50	45	40	35	35	30
	obere Grenze	60	55	50	45	45	40
	relative Häufigkeit	73 %	77 %	79 %	77 %	79 %	87 %
extremes Risiko	untere Grenze	40	40	35	35	30	30
	obere Grenze	50	50	45	45	40	40
	relative Häufigkeit	70 %	70 %	71 %	73 %	75 %	71 %

4 Diskussion

Zunächst sollen die am Anfang gestellten Fragen beantwortet werden. Die erste Frage lautete:

- Welcher Zieldurchmesserbereich ist mit einem möglichst hohen Anfall der Sortimente L2b bis L3b verbunden?

Auf dem Holzmarkt sind derzeit besonders mittelstarke Sortimente der Stärkeklassen L2b bis L3b gefragt und werden auch am besten bezahlt. Diese Stärkeklassen haben den höchsten Anteil, wenn die Bäume einen Brusthöhendurchmesser von 40 bis 45 cm haben. Bei geringeren Brusthöhendurchmessern nimmt ihr Anteil zugunsten von schwächeren Sortimenten ab, mit steigenden Brusthöhendurchmessern zugunsten von stärkeren Sortimenten. Bei dieser Betrachtung wird allerdings das Risiko nicht berücksichtigt. Deshalb war es sinnvoll, eine weitere Frage anzuschließen:

- In welchem Bereich liegen optimale Zieldurchmesser für Fichte unter Berücksichtigung von Kalamitätsrisiken und Verzinsungsforderungen?

Unter Berücksichtigung von Kalamitätsrisiken und Produktionskosten, dargestellt über die Verzinsungsforderungen, bewegen sich die optimalen Zieldurchmesser bei der Betrachtung des Mittelwerts zwischen 33 cm und 53 cm. Betrachtet man den Median als Maß für den optimalen Zieldurchmesser, so liegt der Zieldurchmesser zwischen 34 cm und 55 cm. Diese großen Spannen lassen sich durch die Betrachtung stark variierender Verzinsungsforderungen von 1 % bis hin zu 5 % sowie drei verschiedenen Risikostufen erklären. Es bleibt anzumerken, dass dieses Vorgehen bei der Bestimmung des Zieldurchmessers eine risikoneutrale Einstellung des Entscheidungsträgers unterstellt. Für die Annahme von Risikoaversion wäre die Ermittlung optimaler Zieldurchmesser z. B. über Risikonutzenfunktionen möglich.

Wie die Faktoren Risiko und Zinssatz auf die optimale Zielstärke wirken, war Gegenstand der dritten Frage:

- In welchem Ausmaß wirken sich unterschiedlich starke Kalamitätsrisiken und verschiedene hohe Verzinsungsforderungen auf die optimalen Zieldurchmesser bei Fichte aus?

Es stellt sich heraus, dass die Zieldurchmesser sowohl mit steigenden Verzinsungsforderungen als auch mit steigenden Kalamitätsrisiken deutlich sinken. Mit steigendem Kalamitätsrisiko sinkt auch der Unterschied zwischen den Zieldurchmessern bei verschiedenen Verzinsungsforderungen. Beträgt bei der Betrachtung ohne Risiko die Reduktion des Zieldurchmessers mit von 2 % auf 5 % steigender Verzinsung 21 cm, sind es bei extremem Risiko lediglich noch 6 cm. Verringert sich der optimale Zieldurchmesser bei einem Zinssatz von 2 % von der Betrachtung ohne Risiko hin zum extremen Risiko um 20 cm, beträgt diese Reduktion bei einem Zinssatz von 5 % nur noch 5 cm. Mit steigendem Kalkulationszinssatz verringert sich also der Einfluss des Risikos.

Die erzielten Ergebnisse sollen jetzt zunächst kurz beispielhaft in der Praxis verwendeten Zieldurchmessern gegenübergestellt und dann mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen verglichen werden.

In den Staatswäldern Baden-Württembergs stellt die Produktion von qualitativ hochwertigem Starkholz das Ziel dar. Dabei sollten die Erdstämme geastet sein und ihre Hiebsreife bei Brusthöhendurchmessern von 60 cm und mehr erreichen (Kohnle u. v. Teuffel 2004). In Thüringen wird im Staatswald ein bonitätsabhängiger Zieldurchmesserbereich für Bestände der II. Bonität und besser von 50 bis 60 cm angegeben (TLWF 2001). Solche Zieldurchmesser sind nach den hier präsentierten Ergebnissen lediglich bei mittlerem und hohem Risiko und Vernachlässigung von Kapitalbindungskosten, allenfalls noch bei einer Verzinsungsforderung von 1 % optimal. Für die II,5. Bonität und schlechter wird ein Zieldurchmesser von 40 bis 50 cm empfohlen (TLWF 2001).

Dagegen stellten Börner und Roeder (1994) bei einem von ihnen analysierten 124-jährigen Fichtenbestand der Ertragsklasse II,5 mit einem mittleren Bruthöhendurchmesser von 42 cm fest, dass noch keine Kulmination der Volumen- und Wertleistung stattgefunden hat, und schlussfolgern, dass jede Endnutzung verfrüht wäre, besonders wenn sie die starken Fichten mit einem Bruthöhendurchmesser von bis zu 64 cm betrifft. Somit lässt sich aus ihrer Sicht momentan auch keine reinertragsmaximierende Erntestärke angeben (Börner u. Roeder 1994). Da sich bei dieser Untersuchung für eine deutlich bessere Bonität schon geringere Zieldurchmesser als 64 cm als vorteilhaft herausstellten, liegt es nahe, dass unter Risiko- und finanziellen Aspekten mit einer Endnutzung begonnen werden sollte. So weist Ebert (1991) darauf hin, dass auf schlechteren Standorten ein als Erntekriterium verwendetes Zuwachsprozent bei geringeren Dimensionen zu einer Ernte führt.

Bei einer Untersuchung unter Sicherheit ermittelt Knoke (1997) für eine Zinsforderung von 2 % für Holzpreise gemäß den Messzahlen der HKS einen Zieldurchmesser von etwa 55 cm, bei ab H4 bzw. L3a gleich bleibenden Messzahlen einen Zieldurchmesser von 53 cm (Knoke 1997). Diese Werte liegen zwar beide unter dem hier, unter Berücksichtigung von Starkholzabschlägen, ermittelten Wert von 59 cm, bewegen sich aber noch in einer ähnlichen Größenordnung. Eine Ursache für die niedrigeren Zieldurchmesser könnte dabei die geringere Bonität des von Knoke untersuchten Plenterwaldes darstellen (Knoke 1997).

Bei einem Kapitalwertvergleich unter Einbeziehung von Risiken durch Sturm zwischen der Produktion von Starkholz mit einem Zieldurchmesser von 60 cm und der Produktion von Mittelholz mit einem Zieldurchmesser von 40 cm von Kohnle und v. Teuffel (2004) ist das Mittelholzmodell bei den drei betrachteten Szenarien ab Zinssätzen zwischen 0,25 % und 1,5 % überlegen. Somit zeigt auch diese Arbeit hinsichtlich des Zieldurchmessers in eine ähnliche Richtung wie die vorliegende Untersuchung.

In dieser Arbeit wurde von sinkenden holzerntekostenfreien Erlösen für Sortimente, die stärker als L3b sind, ausgegangen. Von Seiten des Holzmarktes sind bezüglich der Starkholzabschläge momentan unterschiedliche Stimmen zu hören. So wird aus Bayern berichtet, dass für den Winter 2006/2007 für Sortimente stärker als die Stärkeklasse 4 nur noch in Einzelfällen Starkholzabschläge vereinbart wurden (ZMP 2006). Dagegen hält der Verband der Säge- und Holzindustrie Baden-Württemberg e.V. (2006) die Starkholzabschläge weiterhin für unbedingt nötig. Dabei wird hier von Starkholz gemäß der Definition des BMBF-Projektverbands „Starkholz“ (2006) gesprochen, wenn ein Mindestzopfdurchmesser von 40 cm erreicht wird. Dies betrifft also einen Teil der Stärkeklasse L4 sowie höhere Stärkeklassen. Es ist aber die Frage, ob sich Änderungen hinsichtlich des Preises für Starkholz tatsächlich deutlich auf den Zieldurchmesser auswirken. So ermittelt Knoke (1997) für ab H4 bzw. L3a gleich bleibende Holzpreise einen nur um 2 cm geringeren Zieldurchmesser als bei messzahlgemäßem Preisanstieg. Diese Untersuchung vernachlässigt allerdings das kalamitätsbedingte Risiko.

Nach Abbildung 2 hat die Stärkeklasse L4 erstmals bei Bruthöhendurchmessern von 50 bis 55 cm bedeutende Anteile. Die untere Grenze von 50 cm erreichen die betrachteten Z-Bäume im Mittel etwa mit 75 Jahren. Somit erfolgt die Produktion von Starkholz vorwiegend in einem Altersbereich mit hohen kalamitätsbedingten Risiken. Aufgrund dieser hohen Risiken dürfte auch ein zukünftiger Verzicht auf Starkholzabschläge den Zieldurchmesser nicht nennenswert erhöhen.

Bei der hier betrachteten Z-Baumdurchforstung konzentriert sich das waldbauliche Handeln auf die nachdrückliche Förderung der Z-Bäume (Abetz 1993, Burschel u. Huss 1997, Wilhelm et al. 1999b). Gleichzeitig stellt die Vitalität der Z-Bäume das wichtigste Auswahlkriterium dar (z. B. Wilhelm et al. 1999b). Auf diese Weise bestimmen die Z-Bäume nicht nur das waldbauliche Handeln, sie

dominieren auch den Bestand. Zusätzlich stellen diese Bäume die Hauptwertträger im Bestand dar und bestimmen damit wesentlich dessen Wert (Wilhelm et al. 1999a). Aus diesem Grund erscheint es möglich, diese Betrachtung zum Zieldurchmesser auf die Z-Bäume zu beschränken.

Bei den verwendeten Überlebenswahrscheinlichkeiten ist sicherlich problematisch, dass sie teilweise auf Daten basieren, die auf der Bestandesebene hergeleitet wurden. Allerdings erscheint diese Näherung eher vertretbar, als bei den Kalkulationen die kalamitätsbedingten Risiken ganz zu vernachlässigen. Daneben ist zu erwähnen, dass die auf Einzelbaumebene vorhandenen Forschungsergebnisse durchaus als Extremvariante zu betrachten sind, da bei dieser Bonität ab einem Alter von 120 Jahren praktisch keine Bäume mehr vorhanden sein dürften (vgl. Abb. 1). Gleichzeitig ist aufgrund des Klimawandels auch die zukünftige Entwicklung der Überlebenswahrscheinlichkeiten der Fichten selbst unsicher. Aus diesem Punkt ergibt sich schon, dass besonders im Bereich der Überlebenswahrscheinlichkeiten auf Einzelbaumebene noch Forschungsbedarf besteht.

Was hier nicht beachtet wurde, ist außerdem, dass durch den Ausfall einzelner Bäume das Bestandesgefüge gestört wird, was weitere Ausfälle nach sich ziehen kann. Genauso wurden Wuchsreaktionen von benachbarten Bäumen auf den Ausfall und die Entnahme von Einzelbäumen nicht berücksichtigt.

Für die Praxis könnte man aus dieser Untersuchung schlussfolgern, dass eine Zieldurchmesserernte in einem Bruthöhendurchmesserbereich von 40 bis 45 cm sowohl nach finanziellen Aspekten als auch unter Berücksichtigung der auf dem Holzmarkt nachgefragten Sortimente empfehlenswert wäre.

Literatur

- Abetz, P. 1993. Ein Plädoyer für den Z-Baum. Argumente gegen die Kritik an der Z-Baumorientierten Auslesedurchforstung. Holz-Zentralblatt 119, 305-310
- Assmann, E., Franz, F. 1963. Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. In: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. Aufl. 1990, 52-87
- Bachmann, P. 1987. Wertzuwachsuntersuchungen für die Verjüngungsplanung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 158, 62-67
- Barreto, H., Howland, F.M. 2006. Introductory Econometrics, Using Monte Carlo Simulation with Microsoft Excel. New York
- Bayerische Staatsforstverwaltung. 2004. Statistikband 2004. München
- Bayerischer Waldbesitzerverband 2006. Der Holzmarkt in Bayern, Holzknappheit führt zu steigenden Preisen. Der bayerische Waldbesitzer 2, 14-15
- Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten 1974-2003. Holzpreisstatistik für das Kalenderjahr..., für die Jahre 1974-2003. München
- Bentley, W.R., Teeguarden, D.E. 1965. Financial Maturity: A Theoretical Review. Forest Science 11, 76-87
- BMBF Projektverbund „Starkholz“ 2006. Starkholz – ein Definitionsversuch. <http://www.starkholz-forschung.de/de/problemstellung/definition.php> (letzt. Zugriff: Oktober 2006)
- Börner, M., Roeder, A. 1994. Zuwachs und wirtschaftliche Leistung eines 124jährigen Fichtenbestandes, unter dem Aspekt einer einzelstammweisen Nutzung. Allg. Forstz. 49, 1382-1385
- Bräuning, R., Dieter, M. 1999. Waldumbau, Kalamitätsrisiken und finanzielle Erfolgskennzahlen, Eine Anwendung von Simulationsmodellen auf Daten eines Forstbetriebes. Schr. z. Forstökonomie 18. Frankfurt a. M.
- Burschel, P., Huss, J. 1997. Grundriß des Waldbaus. 2. Aufl. Berlin
- Deegen, P. 1994. Beitrag zur Analyse und Berechnung von Risiko am Einzelbestand. Forstarchiv 65, 280-285
- Dieter, M. 1997. Berücksichtigung von Risiko bei forstbetrieblichen Entscheidungen. Schr. z. Forstökonomie 16. Frankfurt a. M.
- Dieter, M. 2001. Land expectation values for spruce and beech calculated with Monte Carlo modelling techniques. Forest Policy and Economics 2, 157-166
- Duffner, W. 1997. Fragen an die Forstwirtschaft, Nachhaltigkeit auf Kosten der Zukunft ist ein Widerspruch in sich. AFZ/DerWald 52, 914
- Ebert, H.-P. 1991. Zur waldbaulichen Ernte-Entscheidung. Forst u. Holz 46, 3-6
- Hartung, J. 1987. Statistik, Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 6. Aufl. München

- Hehn, M., Pfeil, Ch., Sauter, F., Sauter, U.H. 2005. Kurzholzaushaltung von Nadelstarkholz – Erfahrungen und Empfehlungen für Hänge und Steilhänge. *Badische Bauern Zeitung*, Oktober 2005
- Heidingsfelder, A., Knoke, T. 2004. Douglasie versus Fichte – Ein betriebswirtschaftlicher Leistungsvergleich auf Grundlage des Provenienzversuches Kaiserslautern. *Schr. z. Forstökonomie* 26. Frankfurt a. M.
- Kahn, M., Pretzsch, H. 1997. Das Wachstumsmodell SILVA – Parametrisierung der Version 2.1 für Rein- und Mischbestände aus Fichte und Buche. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 168, 115-123
- Kato, F. 1986. Statische und klassische dynamische Verfahren der forstlichen Investitionsrechnung - Inhalte, Probleme, Kritik und Folgerungen. *Schr. Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt* 85. Frankfurt a. M.
- Knoke, T. 1997. Ökonomische Aspekte der Holzproduktion in ungleichaltrigen Wäldern: einführende Untersuchungen zur Forstbetriebsplanung im Kreuzberger Gemeindewald. *Forstw. Cbl.* 116, 178-196
- Knoke, T. 1998. Die Stabilisierung junger Fichtenbestände durch starke Durchforstungseingriffe – Versuch einer ökonomischen Bewertung. *Forstarchiv* 69, 219-226
- Kohnle, U., v. Teuffel, K. 2004. Ist die Produktion von Fichten-Starkholz noch zeitgemäß in Baden-Württemberg? Ertragsvergleich von vier Modellen zur Produktion von starkem und mittelstarkem Holz. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 175, 171-182
- König, A. 1995. Sturmgefährdung von Beständen im Altersklassenwald - Ein Erklärungs- und Prognosemodell. Frankfurt a. M.
- König, A. 1996. Abgrenzung von Sturmschadensrisikoklassen und Entwicklung von risikoorientierten Endnutzungsstrategien für den bayerischen Staatswald. Abschlussber. a. d. Kuratorium d. Bayer. Landesanstalt f. Wald u. Forstw. Freising
- Kouba, J. 2002. Das Leben des Waldes und seine Lebensunsicherheit. *Forstw. Cbl.* 121, 211-228
- Kublin, E., Scharnagel, G. 1988. Verfahrens- und Programmbeschreibung zum BWI-Unterprogramm BDAT. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt Baden-Württemberg. Freiburg
- KWF 2004. Starkholz: Kundenorientierte Sortierung von Nadelstarkholz-Fixlängen – Sortierung als Mittel der Produktgestaltung. <http://www.kwf-online.de/deutsch/arbeit/holzerntebericht/1Demotour/Data/4starkholz> (letz. Zugriff: Juni 2006)
- Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten (LÖBF) 2004. Empfehlungen für eine naturnahe Bewirtschaftung von Fichtenbeständen in Nordrhein-Westfalen – Umbau von gleichaltrigen Fichtenwäldern in naturnahe Mischbestände. <http://www.jagd.nrw.de/waldbau/fichtenkonzept.pdf> (letz. Zugriff: Oktober 2006)
- Möhring, B. 1986. Dynamische Betriebsklassensimulation, Ein Hilfsmittel für die Waldschadensbewertung und Entscheidungsfindung im Forstbetrieb. *Ber. Forschungszentrum Waldökosysteme/Waldsterben* 20. Göttingen
- Möhring, B. 1994. Über ökonomische Kalküle für forstliche Nutzungsentscheidungen. *Schr. z. Forstökonomie* 7. Frankfurt a. M.
- Möhring, B. 1997. Betriebswirtschaftliche Probleme und Chancen, aus der Sicht eines niedersächsischen staatlichen Forstamtsleiters. *AFZ/DerWald* 52, 67-71
- Moog, M. 1990. Überlegungen zur optimalen Zielstärke der Buche. *Allg. Forstz.* 45, 1158-1160
- Moog, M., Karberg, B. 1992. Ökonomische Gesichtspunkte zur Zielstärke von Kiefern und Buchen. *Allg. Forstz.* 47, 85-90
- Müller, F. 2002. Modellierung von Sturm-, Schnee- und Rotfäulerisiko in Fichtenbeständen auf Einzelbauebene. *Diss. Studienfakultät Forstwissenschaft u. Ressourcenmanagement TU München*
- Pflaumer, P. 1995. Investitionsrechnung. 2. Aufl. München
- Rau, H. 2002. Optimierung der Umtriebszeit von Fichtenbeständen, Zunehmende Gefährdung durch Sturm berücksichtigen! *AFZ/DerWald* 57, 124-125
- Reininger, H. 1995. Naturnahe Waldwirtschaft rechnet sich. *Österr. Forstztg.* 11, 21
- Sauter, U.H., Hehn, M., Pfeil, Ch., Herbst, P. 2004. Verfahren zur Mobilisierung von Nadelstarkholz. *Holzzentralblatt* 130, 613-614
- Thüringer Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. 2001. Waldbau, Informationen für den Waldeigentümer. http://www.thueringen.de/imperia/md/content/folder/broschueren/wb_waldbau.pdf (letz. Zugriff: Oktober 2006)
- Verband der Säge- und Holzindustrie Baden-Württemberg e.V. 2006. Rundholzmarkt in Baden-Württemberg. *AFZ/DerWald* 61, 1122-1123
- Waldherr, M. 1995. Das Stärkeklassenverfahren – eine Möglichkeit zur Ertragsregelung in naturnahen und naturgemäßen Wäldern. *Forst u. Holz* 50, 430-436
- Wilhelm, G.J., Letter, H.-A., Eder, W. 1999a. Zielsetzungen und waldbauliche Prinzipien; Konzeption einer naturnahen Erzeugung von starkem Wertholz. *AFZ/DerWald* 54, 234-236
- Wilhelm, G.J., Letter, H.-A., Eder, W. 1999b. Die Phase der Dimensionierung; Konzeption einer naturnahen Erzeugung von starkem Wertholz. *AFZ/DerWald* 54, 236-238
- Zimmermann, G. 2003. Investitionsrechnung – Fallorientierte Einführung. 2. Aufl. München
- ZMP 2006. Fichtenmarkt in Bayern. *AFZ/DerWald* 61, 1122