

Fichtenastung als Beitrag zur Produktdiversifikation?

Bernhard Beinhofer und Thomas Knoke

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

Eingegangen: 06.02.2007 Angenommen: 29.06.2007

Kurzfassung: Ziel dieser Untersuchung war, herauszufinden, ob man durch Astung von Fichtenbeständen das finanzielle Risiko der Fichtenwirtschaft senken kann. Zusätzlich wurde mithilfe einer Risikonutzenfunktion versucht, optimale Anteile an geasteten Fichtenbeständen herzuleiten.

Die Untersuchung basiert bis zu einem Bestandesalter von 48 Jahren auf im Freisinger Fichtendurchforstungsversuch gemessenen Daten, die mithilfe von Simulationsläufen bis zum Alter 98 fortgeschrieben wurden. In einer Nachkalkulation wurden dann die Zahlungsströme, die durch eine Astung verursacht würden, ermittelt. Da die Bewertung der geasteten und der ungeasteten Bestände mit schwankenden Holzpreisen in 1000-facher Wiederholung stattfand, konnte neben dem Mittelwert auch die Streuung der Kapitalwerte für Zinssätze von 0 % bis 3 % ermittelt werden. Aus diesen Ergebnissen ließen sich, unter Anwendung der Portfoliotheorie, die Kapitalwerte und die Risikoeigenschaften von Mischungen aus geasteten und ungeasteten Beständen berechnen. Mithilfe des Sicherheitsäquivalents als zu maximierende Variable, welche Mittelwert und Streuung der Kapitalwerte verknüpft, wurden aus diesen Daten optimale Astungsanteile ermittelt.

Bei der Betrachtung von Mischungen aus geasteten und ungeasteten Beständen wurden nur minimale Risikosenkungen von weniger als 1 % gegenüber der ungeasteten Variante festgestellt. Eine Ursache für diese geringen Risikoreduktionen ist der gekoppelte Anfall von Wertholz und Holz normaler Qualität.

Mithilfe des Sicherheitsäquivalents wurde festgestellt, dass dennoch erhebliche Anteile, teilweise sogar die ganze Fichtenfläche, geastet werden sollten. Gleichzeitig war zu beobachten, dass bei starker Risikoaversion nie höhere Astungsanteile als bei normaler Risikoaversion optimal waren.

Pruning of spruces as a contribution to product diversification?

Abstract: The aim of this investigation was to find out if pruning of spruce stands can reduce the financial risk of spruce management. In addition to this, it was tried to derive optimal shares of pruned spruce stands. This was done with the help of a utility function.

This study is based up to an age of 48 years on data from a spruce thinning trial located in Freising, which were completed with simulations up to an age of 98 years. After that, the payments caused by pruning were determined. The valuation of the pruned and the non-pruned stands with fluctuating timber prices was repeated 1000 times. This way the mean and the dispersion of the net present value could be determined for interest rates between 0% and 3%. With these results it was possible to calculate the net present value and the standard deviation of mixtures consisting of pruned and non-pruned spruce stands with the help of the portfolio theory. Using the certainty equivalent, which connects the mean and the standard deviation of the net present value, optimal shares of pruned spruce stands were determined.

Considering the mixtures of pruned and non-pruned stands only little risk reductions, less than 1% compared with the non-pruned stands, could be ascertained. One reason for these little risk reductions is that high quality timber as well as timber of normal quality are harvested in pruned spruce stands.

With the help of the certainty equivalent it was determined that big parts of the spruce stands or even all spruce stands should be pruned. It was never observed that for a strong risk aversion higher shares of pruned stands were optimal as for normal risk aversion.

Key words: portfolio, risk, pruning, utility function, assortments

1 Einleitung

Ein großes Problem der Forstwirtschaft besteht in den stark schwankenden Holzpreisen. Besonders die Preisschwankungen der Fichte, die mit fast 3 Mio. ha Waldfläche die bedeutendste Waldbaumart in Deutschland ist (vgl. BMELV 2005), rufen große Unsicherheiten und stark fluktuierende Wirtschaftsergebnisse für die Forstbetriebe hervor. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob durch Diversifizierung der angebotenen Sortimenten das Risiko der Fichtenwirtschaft beeinflusst werden kann.

Dass eine Diversifikation auf Sortimentsebene erfolgreich sein kann, belegen Reeves und Haight (2000) für Nordamerika. Sie berechnen für Loblolly pine (*Pinus taeda*) eine Risikoreduktion um 80 % unter Verwendung einer Mischung aus Sägeholz- und Industrieholzproduktion, da die Preise für beide Sortimente nur schwach korreliert waren (vgl. Reeves u. Haight 2000).

Mosandl und Knoke (2002) zeigen für deutsche Verhältnisse, dass die Preise für Fichtenwertholz nicht synchron zu den Preisen für normales Fichtenholz schwanken. Folglich könnte es sein, dass durch die zusätzliche Produktion geasteten Fichtenholzes ein Teil der

Preisschwankungen abgefangen werden kann. Damit soll in diesem Artikel folgende erste Frage untersucht werden:

- Kann durch eine Mischung von geasteten und ungeasteten Beständen das finanzielle Risiko der Fichtenwirtschaft gesenkt werden?

Daneben stellt sich auch die Frage, welcher Flächenanteil zu asten wäre. Zu diesem Thema finden sich in der Literatur lediglich allgemeine Aussagen wie „die Wertästung einer bemessenen Zahl von Bäumen“ (Roeder 2003, S. 366) oder die Festlegung von „Schwerpunktgebieten für die Fichtenastung“ innerhalb der ehemaligen Bayerischen Staatsforstverwaltung (vgl. StMELF 1999, S. 7). Aus diesem Grund soll im Rahmen dieses Artikels versucht werden, optimale Astungsanteile herzuleiten. Entsprechend stellt sich die zweite Frage:

- Welcher Flächenanteil eines Forstbetriebes soll geastet werden?

Im Folgenden wird zunächst die Datengrundlage erläutert sowie die Portfoliotheorie und die verwendete Nutzenfunktion dargestellt. Anschließend werden die Effekte auf Risiko und Kapitalwert, die durch die Mischung auftreten, dargestellt und die ermittelten optimalen

Astungsanteile präsentiert. Abschließend werden die erzielten Ergebnisse diskutiert und mit Ergebnissen anderer Autoren verglichen.

2 Material und Methoden

2.1 Datengrundlage

Die Naturaldaten lieferte der Fichtendurchforstungsversuch Freising (vgl. Huss 1990). Die aus diesem Versuch vorliegenden Daten wurden mithilfe von Wachstumsprognosen ergänzt (vgl. Knoke 1998), die ebenfalls für vorliegende Studie herangezogen wurden. Dabei wurden vier Behandlungsvarianten unterschieden.

In der Variante „Undurchforstet“ fanden bis zur Endnutzung keine Eingriffe statt. Bei der Variante „Kombinierte Durchforstung“, bei der bis zum Alter 48 eine Reihentnahme mit späterer Z-Baumauswahl stattfand, schlossen sich 50 Jahre mit schwacher Niederdurchforstung an, ehe im Alter 98 die Endnutzung des Bestandes erfolgte. Die Varianten „Zieldurchmessererte“ und „Hiebsruhe“ basieren bis zum Alter 48 auf den Daten von Parzellen mit sehr starker Freistellung von früh festgelegten Z-Bäumen. Bei der „Zieldurchmessererte“ folgte in der Simulation ab dem Alter 68 eine Phase, während der alle Bäume mit einem BHD von über 55 cm genutzt wurden, ehe im Alter 98 der gesamte restliche Bestand geerntet wurde. Dagegen unterblieb bei der Variante „Hiebsruhe“ nach der starken Durchforstung bis zur Endnutzung im Alter 98 jede Holzernte (vgl. Knoke 1998, S. 220).

Es ist zu erwähnen, dass in der Realität keine Astungsvarianten in den Fichtendurchforstungsversuch einbezogen wurden. Aus diesem Grund mussten die Daten zur Astung in einer Nachkalkulation ermittelt werden. Dabei wurden die vitalsten Fichten je Hektar aus der Baumliste der geernteten Bäume anhand der erreichten Durchmesser ausgewählt. Daneben wurden Varianten mit 50, 100, 150, 200 und 250 Astungsbäumen je Hektar unterschieden¹. Für die so ausgewählten Bäume wurden mit dem für die Bundeswaldinventur entwickelten Sortierungs- und Voluminierungsprogramm BDAT (vgl. Kublin u. Scharnagl 1988) das Volumen und die Stärkeklasse der Erdstammstücke ermittelt. Für die Astung ausgewählte Bäume, deren Erdstamm bei der Ernte schwächer als die Stärkeklasse L4 war, wurden als nicht wertholztauglich betrachtet. Für diese Bäume wurde zwar eine Auszahlung für die Astung angesetzt, für das Holz aber wurde der Preis des Normalholzes angesetzt. Für die im Alter 27 angenommene Astung wurden in Anhalt an Mosandl und Knoke (2002) Ausgaben in Höhe von 6,14 €/Baum unterstellt. Zusätzlich wurde davon ausgegangen, dass 20 % der geasteten Bäume vor der Ernte ausfallen. Trotz der Astungsinvestition entfällt auch bei diesen Fichten der Mehrerlös für das geastete Holz. Der hier verwendete Ausfallanteil bewegt sich dabei in einem Bereich, den auch andere Autoren verwenden (vgl. Deegen 1995, Ebert 1997, Mosandl u. Knoke 2002).

Um den Mehrerlös gegenüber dem Normalholz für die geasteten 6 m langen Erdstammstücke zu berechnen, wurde neben dem Preisunterschied auch das Volumen des geernteten Wertholzes benötigt (vgl. Tab. 1). Verändert sich der Wertholzanzahl nicht mit ansteigender Astungsbaumzahl, waren in den Erntebeständen keine zusätzlichen Bäume vorhanden, die die Dimensionsanforderungen für Wertholz erfüllten.

2.2 Einzahlungsüberschüsse

Die für die Kalkulation der Varianten verwendeten Zahlungsflüsse des Bestandes ohne Astung stammen von Knoke (1998) (vgl. Tab. 2). Daneben wurde mit Ausgaben für die Kultur in Höhe von 2000 € ha⁻¹ gerechnet.

Tab. 1. Wertholzanzahl in Erntefestmeter je ha bei verschiedenen Astungsbaumzahlen und Durchforstungsvarianten. Harvested volume of high quality timber in m³ per hectare for different numbers of pruned spruces and different variants of thinning.

Durchforstungsvariante	Astungsbaumzahl je Hektar				
	50	100	150	200	250
Undurchforstet	30	47	47	47	47
Kombinierte Df	48	87	121	127	127
Hiebsruhe	49	97	133	134	134
Zieldurchmesser	40	81	116	128	128

Tab. 2. Zahlungsflüsse der Durchforstungsvarianten in € je ha (nach Knoke 1998, verändert). Payments of the different ways of thinning in € per ha (after Knoke 1998, modified).

Alter	Undurchforstet	Kombinierte Df	Hiebsruhe	Zieldurchmessererte
27	0	-1.005	-1.739	-1.739
33	0	514	1.114	1.114
48	0	3.061	5.978	5.978
58	0	37	0	0
68	0	149	0	1.676
78	0	0	0	7.620
88	0	0	0	12.025
98	45.228	48.282	37.581	10.178

2.3 Holzpreise

Die Holzmarktdaten lieferten die jährlich erscheinenden Holzpreisstatistiken der Bayerischen Staatsforstverwaltung für den Zeitraum von 1972-2003 (vgl. Tab. 3).

Dem daraus entwickelten Preismodell liegen 3,3 Mio. fm H4 mit Rinde und rund 14.000 fm Wertholz zugrunde. Es zeigt sich, dass der Wertholzpreis im Mittel zwar etwa doppelt so hoch ist wie der Preis für Fichtenholz des Sortiments H4, aber die Streuung ist mehr als dreimal so groß wie die der Normalholzpreise². Gleichzeitig sind die Preise nur schwach positiv korreliert.

Der berechnete Mittelwert und die Standardabweichung des Holzpreises für Fichtenholz der Heilbronner Klasse H4 mit Rinde wurden für die anschließende Simulation des Preises für Holz normaler Qualität benötigt. Mithilfe dieses Mittelwertes und der Standardabweichung wurde dafür eine Normalverteilung erzeugt, aus der dann für die Eingriffszeitpunkte zufallsbehaftete Holzpreise gezogen wurden³.

Daneben dienten die Holzpreisstatistiken als Datengrundlage zur Ableitung einer Regressionsfunktion, mit deren Hilfe aus dem simulierten Preis für Holz normaler Qualität der zu erwartende Preisunterschied zum Wertholz ermittelt werden konnte. Um die Streuung der realen Preisdifferenzen um die Regressionsfunktion herum mitberücksichtigen zu können, wurden die Residuen berechnet. Anschließend wurde die Standardabweichung der Residuen ermittelt und zusammen mit der Regressionsfunktion in die Norminv-Funktion von Microsoft Excel eingesetzt, um die Preisunterschiede zu simulieren⁴. Mithilfe dieses Preisunterschieds wurde der Mehrerlös durch den Verkauf von geastetem Fichtenholz ermittelt.

¹ Tatsächlich wichen die Astungsbaumzahlen etwas davon ab, da die Anzahl sowohl auf 0,144 ha als auch auf 1 ha eine ganze Zahl ergeben sollte. So wurde wirklich mit 49, 104, 153, 201 und 250 Astungsbäumen gerechnet.

² Im Folgenden wird der Preis des Leitsortiments H4 als Normalholzpreis bezeichnet.

³ Die in Microsoft Excel verwendete Funktion lautet dabei: Norminv (Zufallszahl; Mittelwert der Holzpreise; Standardabweichung der Holzpreise). Da die mit der Zufallszahlenfunktion erzeugten Zufallszahlen gleichverteilt sind, muss diese in die Norminv-Funktion eingesetzt werden, um zufallsbehaftete normalverteilte Holzpreise zu erhalten.

⁴ Die in Microsoft Excel verwendete Funktion lautet hier: Norminv (Zufallszahl; -0,2577*H4-Preis+90,757; 47,49).

Tab. 3. Ergebnisse der Analyse der Holzpreisstatistik.
Results from analysing timber price data.

	Holzpreis (€ je fm)		Holzmenge (fm)	Korrelationskoeffizient zwischen H4- und A-Holzpreisen
	Mittelwert	Standardabweichung		
H4 mit Rinde	69,65	13,81	3.326.199	0,21
A-Holz m.R.	142,46	48,88	14.029	

2.4 Berechnung zufallsbehafteter Kapitalwerte

Um die von Knoke (1998) berechneten Einzahlungsüberschüsse bei Durchforstung und Endnutzung mit den Holzpreisen schwanken zu lassen, wurde ein Quotient aus den für jeden Eingriff simulierten Holzpreisen und dem mittleren Holzpreis für Holz normaler Qualität gebildet. Der Quotient schwankte also um die Zahl 1. Mit diesem Faktor wurden die von Knoke (1998) berechneten Einzahlungsüberschüsse multipliziert. Die Kulturauszahlungen und die Auszahlungen für die Astung und den ersten Pflegeeingriff im Alter 27, bei dem kein verwertbares Holz anfiel, wurden als fest erachtet.

Aus den simulierten Holzpreisen wurde für die Eingriffszeitpunkte, zu denen Wertholz anfällt, der Preisunterschied gegenüber dem Wertholz ermittelt. Aus den festen Wertholzanfällen und den schwankenden Preisunterschieden konnten die Mehreinnahmen durch die Astung berechnet werden. Aus den simulierten Daten wurde dann ein Kapitalwert für den Bestand mit Astung und für den ungeasteten Bestand berechnet. Die Kapitalwertberechnung erfolgte für Zinssätze von 0 %, 1 %, 2 % und 3 %. Da diese Berechnungen im Rahmen einer Monte-Carlo-Simulation in 1000-facher Wiederholung durchgeführt wurden, konnten ein Mittelwert und eine Standardabweichung der Kapitalwerte ermittelt werden. Zur Verknüpfung des Kapitalwerts und des Risikos, das hier, wie häufig in der ökonomischen Literatur, durch die Standardabweichung ausgedrückt wird, wurde eine Risikonutzenfunktion verwendet.

2.5 Das Sicherheitsäquivalent

In dieser Untersuchung wurde die auf einer negativ exponentiellen Nutzenfunktion basierende Formel zur Kalkulation eines Sicherheitsäquivalents als Entscheidungskriterium verwendet. Dabei wird der sichere Betrag, den der Investor als gleichwertig mit dem unsicheren Mittelwert der Kapitalwerte der Waldbestände betrachtet, berechnet. Die Berechnung des Sicherheitsäquivalents erfolgt mit folgender Formel (vgl. Gerber u. Pafumi 1998):

$$S\bar{A}Q = E(K) - \alpha \cdot \frac{s_k^2}{2} \tag{Formel 1}$$

Dabei steht SÄQ für Sicherheitsäquivalent, E(K) für den Erwartungswert der Kapitalwerte. Hier wurde der Mittelwert des Kapitalwertes aus den 1.000 Wiederholungen eingesetzt.

Der Parameter α ist ein Maß für die Risikoaversion. Die Standardabweichung der Kapitalwerte, die aus den 1000 Wiederholungen berechnet wurde, wird hier mit s_k bezeichnet. Das Minuszeichen in der Formel impliziert, dass von Risikoaversion ausgegangen wird, was für die meisten Menschen zutrifft. Damit liegt das Sicherheitsäquivalent unter dem Mittelwert des zu erwartenden Kapitalwerts. Je unsicherer die Zahlung ist, desto geringer ist auch das Sicherheitsäquivalent. Folglich gibt es einen risikoproportionalen Abschlag auf die erwartete Zahlung (vgl. Heidingsfelder u. Knoke 2004).

Die Krümmung der Nutzenfunktion wird von α , dem Maß für die Risikoaversion, bestimmt. Je größer die Risikoaversion ist, desto stärker ist die Krümmung der Nutzenfunktion und desto mehr liegt das Sicherheitsäquivalent unter den Erwartungswert. Dabei ist α vom Anlagebetrag abhängig, wobei bei einem Variantenvergleich immer mit dem Maximalbetrag kalkuliert werden muss. Bei normaler Risikoaversion geht man von $\alpha = 1/\text{Anlagebetrag}$, bei starker Risikoaversion von $\alpha = 2/\text{Anlagebetrag}$ aus (vgl. Knoke et al. 2005). Der

Anlagebetrag umfasste in diesem Fall den Barwert der Auszahlungen für die Astung und die Kulturanlage.

2.6 Die Portfoliotheorie

Die Betrachtung von Diversifikationseffekten erfolgte mithilfe der Portfoliotheorie. Dabei versteht man unter einem Portfolio eine Zusammenstellung bzw. Mischung von Vermögensgegenständen, in diesem Fall eine Mischung geasteter und ungeasteter Bestände. Ziel der Portfoliotheorie ist die Bestimmung einer effizienten Mischung der verschiedenen Geldanlagen (vgl. Weber 2002). Entwickelt wurde diese Theorie von Harry Markowitz (1952).

Für die Auswahl der Bestandteile eines Portfolios spielt es eine große Rolle, wie sich die Erträge je Betrachtungsperiode der Bestandteile zueinander verhalten. Dies ist wichtiger als die bloße Anzahl der beteiligten Mischungskomponenten. Dies soll an einem einfachen Beispiel dargestellt werden. Zur Veranschaulichung dient dabei auch Abbildung 1, wobei Anlage 2 stets für die risikoreichere Mischungskomponente steht.

- Kombiniert man die Investition in einen Fichtenwald mit der Investition in Solarzellen zur Stromerzeugung, ist es wahrscheinlich, dass sich die Erträge dieser Investition sehr unterschiedlich entwickeln. In Jahren mit strahlungsreichen, wolkenarmen Sommern erzielt man mit Solarzellen aufgrund fester Strompreise sehr hohe Erträge. Gleichzeitig ist in solchen Sommern mit Borkenkäferkalamitäten zu rechnen. Dies hat zur Folge, dass die Fichtenholzpreise einbrechen und somit die Erträge aus dem Fichtenwald gering ausfallen. Dagegen liefern Solarzellen in verregneten Sommern geringe Erträge. Allerdings verhindert in diesem Fall das Ausbleiben größerer Käferholzmengen starke Preisreduktionen, so dass die Erträge aus dem Fichtenwald höher ausfallen. Folglich ist die Ertragsentwicklung der beiden Investitionen negativ korreliert, was zu einer deutlichen Reduktion des Risikos, dargestellt über die Standardabweichung, führt. Bei negativ korrelierten Anlagen gibt es eine Mischung (vgl. Punkt B in Abb. 1) mit einem Risiko von fast Null. Lediglich in Ausnahmefällen, bei identischem Risiko der beiden Anlagen und hälftiger Mischung, wird das Risiko tatsächlich Null, was konstante Erträge bedeuten würde. Dabei sind alle Mischungen auf der Linie links von Punkt B ineffizient, gibt es doch Mischungen mit gleichem Risiko und höherem Ertrag rechts von Punkt B.

- In einem zweiten Fall investiert man in Solarzellen zur Stromerzeugung und in eine Windkraftanlage zur Stromerzeugung. Für den erzeugten Strom erhält man jeweils einen festen Preis. Wiederrum liefern die Solarzellen in sonnigen Jahren den höchsten Ertrag. Dagegen spielen für die Erträge der Windkraftanlage lediglich die Windverhältnisse eines Jahres eine Rolle. Dabei kann Wind sowohl bei sonnigem als auch bei regnerischem Wetter auftreten. Die Erträge dieser Investition entwickeln sich folglich völlig unabhängig voneinander, sind also nicht korreliert ($k = 0$). Auch schon aus dieser zufällig verschiedenen Entwicklung der Erträge resultiert eine Risikosenkung für diese Mischung. Sie ist zwar nicht so ausgeprägt wie bei negativer Korrelation, aber deutlich spürbar, verglichen mit einer Mischung aus positiv korrelierten Investitionsobjekten. Bei unkorrelierten Anlagen gibt es ebenso eine Mischung mit minimalem Risiko (vgl. Punkt A in Abb. 1), die zwischen den beiden reinen Einzelinvestitionen liegt, wobei wiederum alle Mischungen auf der Linie links des Punktes A ineffizient sind.

- In einem dritten Fall investiert man in Solarzellen zur Stromerzeugung und in Sonnenkollektoren zur Warmwasserbereitung. In sonnigen Jahren werden beide Investitionen gute Erträge liefern. Dagegen werden sie bei beiden Mischungskomponenten in verregneten Jahren geringer ausfallen. Somit kann man mit einer solchen Mischung das Risiko kaum reduzieren. In diesem Fall vollständig positiver Korrelation ($k = +1$) der Erträge ergeben sich keine risikosenkenden Effekte durch die Mischung. Risiko und Ertrag verändern sich proportional zum Anteil der risikoreichen Anlage.

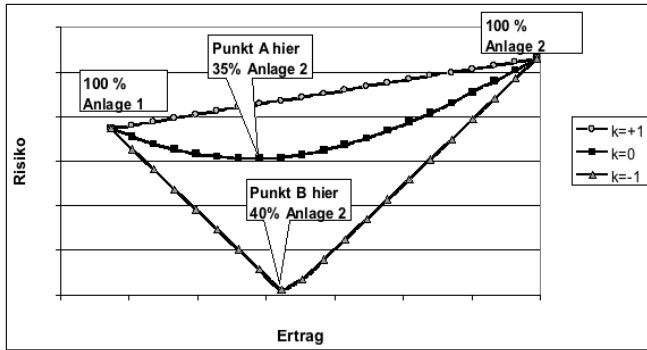


Abb. 1. Risiko-Ertrags-Funktion bei unterschiedlicher Korrelation der Erträge der Mischungskomponenten. Risk-Return-Function for different correlations of the returns from the components of the mixture.

Diese Senkung des Risikos bei identischem Ertrag bzw. die Ertragssteigerung bei identischem Risiko durch Investition in eine Mischung aus verschiedenen Geldanlagen wird auch Diversifikationseffekt genannt (vgl. Knoke et al. 2005).

Dabei berechnet sich hier der Kapitalwert eines Portfolios, bestehend aus geasteten und ungeasteten Beständen, wie folgt (vgl. Markowitz 1952, Knoke et al. 2005):

$$K_{1,2} = a_1 * K_1 + a_2 * K_2 \quad \text{Formel 2}$$

Dabei ist $K_{1,2}$ der Kapitalwert des Portfolios, bestehend aus ungeasteten und geasteten Beständen. Mit a_1 wird der Flächenanteil geasteter Bestände, mit a_2 der Flächenanteil ungeasteter Bestände bezeichnet. Zusammen müssen a_1 und a_2 stets 1 bzw. 100 % ergeben. K_1 bezeichnet den Kapitalwert des geasteten Bestandes und K_2 den Kapitalwert des ungeasteten Bestandes.

Um die Standardabweichung des Kapitalwerts einer Investition in eine Mischung aus den beiden Einzelinvestitionen zu berechnen, benutzt man folgende Gleichung (vgl. Markowitz 1952, Knoke et al. 2005):

$$S(a_1 * K_1 + a_2 * K_2) = \sqrt{a_1^2 * s_1^2 + a_2^2 * s_2^2 + 2 * k_{1,2} * a_1 * a_2 * s_1 * s_2} \quad \text{Formel 3}$$

Dabei bezeichnet s_1 die Standardabweichung des Kapitalwerts der geasteten Bestände und s_2 die Standardabweichung des Kapitalwerts der ungeasteten Bestände. Der Korrelationskoeffizient der Kapitalwerte der geasteten und ungeasteten Bestände wird mit $k_{1,2}$ abgekürzt. Diese beiden Beziehungen bilden den Kern der Portfoliotheorie.

3 Ergebnisse

3.1 Risikominimale Astungsanteile

Einen ersten optischen Eindruck von den Diversifikationseffekten durch die Mischung geasteter und ungeasteter Bestände soll Abbildung 2 vermitteln. Dabei sind die Daten der „Kombinierten Durchforstung“ bei einem Zinssatz von 3 % und 150 geasteten Fichten dargestellt. Die Punkte stehen für verschiedene Anteile an geasteten Beständen in 5 %-Schritten. Die gestrichelte Verbindungslinie der beiden Extrempunkte mit 0 % und 100 % Astung bei vollständig positiver Korrelation ($k = +1$) dient dem Vergleich.

In diesem Beispiel weichen die berechneten Mischungen aus geasteten und ungeasteten Beständen hinsichtlich des Risikos gegenüber der Vergleichslinie mit vollständig positiver Korrelation deutlich nach unten ab. In diesem Fall wäre ein Anteil geasteter Bestände von 15 % risikominimal. Allerdings beträgt die Risikoreduktion bzw. die Reduk-

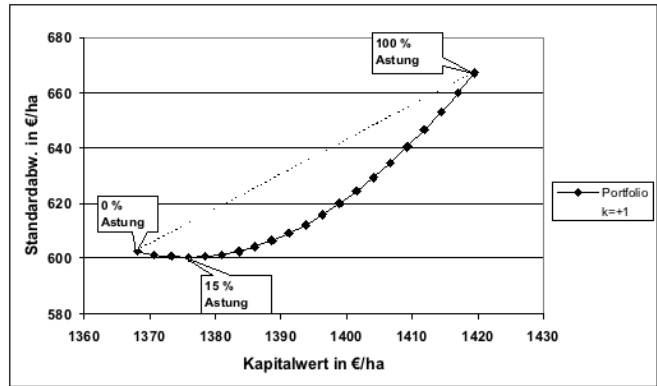


Abb. 2. Diversifikationseffekte durch Mischung geasteter und ungeasteter Bestände bei kombinierter Durchforstung, 150 geasteten Fichten je Hektar und einem Zinssatz von 3 %.

Effects of diversification for a mixture of pruned and non-pruned spruce stands presented for a combined thinning, 150 pruned spruces per hectare and an interest rate of 3%.

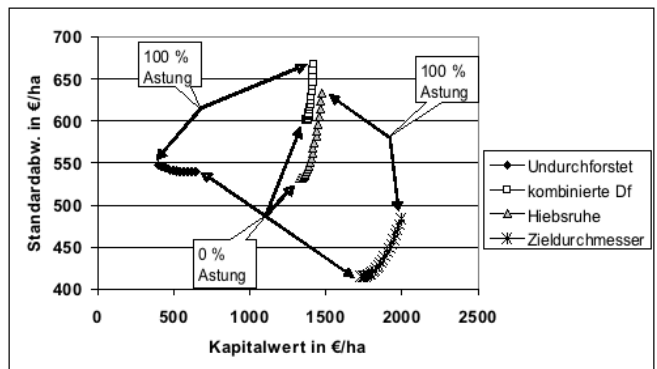


Abb. 3. Standardabweichungen und Kapitalwerte der Mischungen aus geasteten und ungeasteten Beständen bei verschiedenen Durchforstungen, 150 geasteten Fichten je Hektar und dem Zinssatz 3 %.

Standard deviation and net present value of mixtures consisting of pruned and non-pruned stands, presented for different thinnings, 150 pruned spruces per hectare and an interest rate of 3%.

tion der Standardabweichung gegenüber der ungeasteten Variante nur rund 2 € ha⁻¹ bzw. 0,4 %. Gleichzeitig erhöhte sich der Kapitalwert um rund 8 € ha⁻¹ bzw. 0,6 %. Der Korrelationskoeffizient zwischen den Kapitalwerten der vollständig geasteten und der ungeasteten Variante beträgt hier 0,86. Damit sind die Kapitalwerte deutlich stärker positiv korreliert als die Holzpreise. Dieser Aspekt wird in der Diskussion noch näher beleuchtet.

Abbildung 3 zeigt, wie sich Mischungen aus geasteten und ungeasteten Beständen bei verschiedenen Durchforstungsvarianten unter ansonsten gleichen Rahmenbedingungen verhalten. Dabei wird wiederum von 150 Astungsbäumen je Hektar und einem Kalkulationszinssatz von 3 % ausgegangen.

Das Diagramm zeigt deutlich, dass die undurchforstete Variante die geringsten Kapitalwerte aufweist. Die Standardabweichung bewegt sich dabei im Bereich der Mischungen mit den geringsten Standardabweichungen bei der Durchforstungsvariante „Hiebsruhe“. Diese weist etwa die gleichen Kapitalwerte auf wie die Durchforstungsvariante „Kombinierte Durchforstung“. Dabei ist aber die Standardabweichung letzterer Variante stets höher.

Insgesamt betrachtet, weist die „Kombinierte Durchforstung“ bei vollständiger Astung die höchste Standardabweichung auf. Die Durchforstungsvariante „Zieldurchmesserernte“ erreicht sowohl die geringste Standardabweichung als auch die höchsten Kapitalwerte

aller Durchforstungsvarianten und scheint damit die effizienteste Variante zu sein. Der Effekt der Durchforstung auf das Risiko ist dabei wesentlich stärker als der der Astung bzw. der Mischung aus geasteten und ungeasteten Beständen. Die Form der Kurve für die undurchforstete Variante erklärt sich aus dem Sinken des Kapitalwertes bei steigendem Astungsanteil und gleichzeitiger Steigerung der Standardabweichung.

Tab. 4. Risikominimale Astungsanteile der verschiedenen Astungsbaumzahlen.
Share of pruned spruce stands with minimal risk for different numbers of pruned spruces.

Durchforstungs- variante	Zinssatz in %	Anzahl geasteter Fichten je Hektar				
		50	100	150	200	250
Undurchforstet	0	40 %	25 %	25 %	25 %	25 %
	1	40 %	25 %	25 %	25 %	25 %
	2	40 %	25 %	25 %	25 %	25 %
	3	40 %	25 %	25 %	25 %	25 %
Kombinierte Df	0	35 %	20 %	15 %	15 %	15 %
	1	35 %	20 %	15 %	15 %	15 %
	2	35 %	20 %	15 %	15 %	15 %
	3	40 %	20 %	15 %	15 %	15 %
Hiebsruhe	0	10 %	5 %	5 %	5 %	5 %
	1	10 %	5 %	5 %	5 %	5 %
	2	10 %	5 %	5 %	5 %	5 %
	3	15 %	5 %	5 %	5 %	5 %
Zieldurch- messerernte	0	25 %	15 %	10 %	10 %	10 %
	1	25 %	10 %	10 %	10 %	10 %
	2	25 %	10 %	5 %	5 %	5 %
	3	20 %	10 %	5 %	5 %	5 %

Tab. 5. Risikoreduktion durch Astung bei verschiedenen Zinssätzen und Astungsbaumzahlen.
Reduction of risk by pruning for different interest rates and different numbers of pruned spruces.

Durchforstungs- variante	Zinssatz in %	Anzahl geasteter Fichten je Hektar				
		50	100	150	200	250
Undurchforstet	0	0,18 %	0,18 %	0,18 %	0,18 %	0,18 %
	1	0,18 %	0,18 %	0,18 %	0,18 %	0,18 %
	2	0,18 %	0,18 %	0,18 %	0,18 %	0,18 %
	3	0,18 %	0,18 %	0,18 %	0,18 %	0,18 %
Kombinierte Df	0	0,34 %	0,34 %	0,34 %	0,34 %	0,34 %
	1	0,35 %	0,35 %	0,35 %	0,35 %	0,35 %
	2	0,36 %	0,36 %	0,36 %	0,36 %	0,36 %
	3	0,37 %	0,37 %	0,37 %	0,37 %	0,37 %
Hiebsruhe	0	0,05 %	0,05 %	0,04 %	0,04 %	0,04 %
	1	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %
	2	0,06 %	0,06 %	0,06 %	0,06 %	0,06 %
	3	0,06 %	0,06 %	0,06 %	0,06 %	0,06 %
Zieldurch- messerernte	0	0,36 %	0,35 %	0,33 %	0,33 %	0,33 %
	1	0,29 %	0,26 %	0,24 %	0,23 %	0,23 %
	2	0,20 %	0,17 %	0,13 %	0,14 %	0,14 %
	3	0,11 %	0,07 %	0,06 %	0,06 %	0,06 %

Im Folgenden werden nun die risikominimalen Anteile an geasteten Beständen bei verschiedenen Astungsbaumzahlen beleuchtet (vgl. Tab. 4).

Bei allen Durchforstungsvarianten weist die Astungsvariante mit 50 geasteten Fichten je Hektar stets die höchsten risikominimalen Astungsanteile auf. Steigert man die Zahl der Astungsbäume auf 100, sinkt der risikominimale Astungsanteil gleichzeitig. Für 150, 200 und 250 Astungsbäume je Hektar ist der risikominimale Astungsanteil stets gleich. Mit Ausnahme der undurchforsteten Variante ist dieser Astungsanteil geringer als bei 100 Astungsbäumen je Hektar. Für die Durchforstungsvariante „Undurchforstet“ ändert sich der risikominimale Astungsanteil nicht mit dem Kalkulationszinssfuß. Sowohl bei der „Kombinierten Durchforstung“ als auch bei der „Hiebsruhe“ bleibt der risikominimale Astungsanteil mit steigenden Kalkulationszinssätzen zumeist konstant. Im Gegensatz dazu verringern sich die risikominimalen Astungsanteile bei der „Zieldurchmesserernte“ mit steigendem Kalkulationszinssatz. Insgesamt schwanken die risikominimalen Astungsanteile zwischen 0 % und 45 %.

3.2 Risikoreduktion durch Astung

Zur Untersuchung der Wirkung der Astung auf das Risiko wurde die prozentuale Risikosenkung der risikominimalen Mischung ermittelt (vgl. Tab. 5). Dabei wurde das Risiko des Bestandes ohne Astung, ausgedrückt durch die Standardabweichung des Kapitalwerts, als Referenz verwendet.

Insgesamt sind die festgestellten Risikoreduktionen sehr gering. Bei der „Kombinierten Durchforstung“ ist die Risikoabnahme mit maximal 0,37 % noch am höchsten, bei der „Hiebsruhe“ mit fast Null am geringsten. Die „Zieldurchmesserernte“ weist eine maximale Risikoreduktion von 0,36 % auf, bei der undurchforsteten Variante beträgt die Risikoreduktion konstant 0,18 %. Bei der „Zieldurchmesserernte“ sinkt die Risikoreduktion mit steigenden Zinssätzen, bleibt aber über die verschiedenen Astungsbaumzahlen hinweg etwa gleich. Bei den anderen Durchforstungsvarianten ergeben sich dagegen keine nennenswerten Veränderungen.

Tab. 6. Kapitalwertänderung in Prozent bei risikominimalem Astungsanteil gegenüber dem ungeasteten Bestand.
Changes of the net present value in percent for the share of pruned stands with minimal risk compared with the non-pruned stands.

Durchforstungs- variante	Zinssatz in %	Anzahl der geasteten Bäume je Hektar				
		50	100	150	200	250
Undurchforstet	0	1,8 %	1,6 %	1,4 %	1,3 %	1,1 %
	1	1,6 %	1,3 %	1,0 %	0,6 %	0,2 %
	2	1,3 %	0,7 %	-0,3 %	-1,3 %	-2,2 %
	3	-0,8 %	-4,0 %	-9,6 %	-15,0 %	-20,5 %
Kombinierte Df	0	2,2 %	2,2 %	2,3 %	2,4 %	2,3 %
	1	2,0 %	2,0 %	2,1 %	2,0 %	1,8 %
	2	1,8 %	1,7 %	1,7 %	1,4 %	1,0 %
	3	1,6 %	0,8 %	0,6 %	-0,7 %	-2,3 %
Hiebsruhe	0	0,9 %	0,8 %	1,1 %	1,1 %	1,1 %
	1	0,8 %	0,8 %	1,0 %	1,0 %	0,9 %
	2	0,7 %	0,7 %	0,9 %	0,7 %	0,5 %
	3	0,9 %	0,5 %	0,6 %	0,0 %	-0,5 %
Zieldurch- messerernte	0	1,9 %	2,3 %	2,2 %	2,3 %	2,2 %
	1	1,6 %	1,4 %	2,0 %	2,1 %	1,9 %
	2	1,4 %	1,2 %	0,9 %	0,9 %	0,7 %
	3	0,8 %	1,0 %	0,8 %	0,5 %	0,1 %

Tab. 7. Optimale Astungsanteile bei normaler Risikoaversion. Optimal share of pruned spruces for normal risk aversion.

Durchforstungs- variante	Zinssatz in %	Anzahl geasteter Bäume je Hektar				
		50	100	150	200	250
Undurchforstet	0	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	1	100 %	100 %	100 %	100 %	80 %
	2	100 %	100 %	0 %	0 %	0 %
	3	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Kombinierte Df	0	100 %	100 %	95 %	85 %	85 %
	1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	2	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	3	100 %	100 %	100 %	0 %	0 %
Hiebsruhe	0	100 %	100 %	90 %	85 %	85 %
	1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	2	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	3	100 %	100 %	100 %	25 %	0 %
Zieldurch- messerernte	0	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	2	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	3	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

3.3 Kapitalwertänderung bei risikominimalem Astungsanteil

Nachdem die Risikoabsenkungen minimal sind, stellt sich die Frage, ob diese auch noch mit Kapitalwertreduktionen erkaufte werden müssen oder ob die risikominimalen Astungsanteile einen höheren Kapitalwert bewirken (vgl. Tab. 6).

In den Fällen, in denen der ungeastete Bestand den größten Kapitalwert liefert, wird die minimale Risikosenkung zum Teil durch erhebliche Kapitalwertreduktionen erkaufte. Diese Reduktionen betragen bis zu 20 % und steigen mit der Höhe des Kalkulationszinssatzes an. Die höchste Steigerung des Kapitalwerts erreicht die Durchforstungsvariante „Kombinierte Durchforstung“ mit 2,4 %. Mit zunehmendem Kalkulationszinsfuß sinken die Kapitalwertsteigerungen allerdings.

3.4 Astungsanteile mit maximalem Sicherheitsäquivalent

Die optimalen Flächenanteile der geasteten Bestände sind bei starker Risikoaversion kleiner als oder gleich denen bei normaler Risikoaversion (vgl. Tab. 7 u. Tab. 8).

Bei normaler Risikoaversion bleibt der optimale Flächenanteil der geasteten Bestände mit steigender Astungsbaumzahl gleich, oder er sinkt. Bei „Zieldurchmesserernte“ ist immer die vollständige Astung optimal. Für die „Kombinierte Durchforstung“ und „Hiebsruhe“ steigt der optimale Astungsanteil bei 150 bis 250 Astungsbäumen je Hektar zunächst mit dem Zinssatz an, um bei noch höheren Zinssätzen wieder abzusinken. Lediglich bei 200 und 250 Astungsbäumen je Hektar fällt der optimale Astungsanteil schon bei Zinssätzen von 3 % deutlich unter 100 %. Für 50 und 100 Astungsbäume je Hektar ist immer die vollständige Astung optimal. Die optimalen Astungsanteile der undurchforsteten Variante sinken schon bei geringeren Zinssätzen als diejenigen der anderen Durchforstungsvarianten auf 0 %. Bei allen Durchforstungsvarianten ist zumeist die Astung der gesamten Fläche oder eines hohen Flächenanteils optimal.

Auch bei starker Risikoaversion bleiben die optimalen Astungsanteile mit steigender Astungsbaumzahl entweder gleich, oder sie sinken. Für die „Zieldurchmesserernte“ ist auch hier fast immer die vollständige Astung anzuraten. Bei den Durchforstungsvarianten „Hiebsruhe“ und „Kombinierte Durchforstung“ steigt der optimale Astungsanteil bei 100 bis 250 Astungsbäumen zunächst mit steigendem Zinssatz an, um bei noch höheren Zinssätzen wieder abzusinken. Für 50 As-

Tab. 8. Optimale Astungsanteile bei starker Risikoaversion. Optimal share of pruned spruces for high risk aversion.

Durchforstungs- variante	Zinssatz in %	Anzahl geasteter Bäume je Hektar				
		50	100	150	200	250
Undurchforstet	0	100 %	100 %	100 %	100 %	95 %
	1	100 %	100 %	100 %	100 %	55 %
	2	100 %	100 %	0 %	0 %	0 %
	3	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Kombinierte Df	0	100 %	75 %	55 %	50 %	50 %
	1	100 %	100 %	95 %	85 %	80 %
	2	100 %	100 %	100 %	100 %	85 %
	3	100 %	100 %	75 %	0 %	0 %
Hiebsruhe	0	100 %	65 %	45 %	45 %	45 %
	1	100 %	100 %	95 %	90 %	80 %
	2	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	3	100 %	100 %	100 %	15 %	0 %
Zieldurch- messerernte	0	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	2	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	3	100 %	100 %	100 %	100 %	80 %

tungsbäume je Hektar ist immer die vollständige Astung optimal. Schon bei geringeren Kalkulationszinssätzen als bei anderen Durchforstungsvarianten empfiehlt sich bei der undurchforsteten Variante ein Verzicht auf Astung.

4 Diskussion

Hier sollen die am Anfang gestellten Fragen diskutiert werden. Die erste Frage lautete dabei:

- Kann durch eine Mischung von geasteten und ungeasteten Beständen das finanzielle Risiko der Fichtenwirtschaft gesenkt werden?

Zunächst einmal kann man feststellen, dass bei allen Varianten eine risikominimale Mischung auftritt. Das Risikominimum liegt nie bei einer der Mischungskomponenten. Allerdings erreicht man durch diese Mischungen lediglich sehr geringe Risikoreduktionen gegenüber den ungeasteten Beständen, im Maximalfall 0,4 %. Gleichzeitig liegt der Kapitalwert der risikominimalen Mischung um bis zu 2,4 % über dem Kapitalwert bei einem völligen Verzicht auf Astung. Allerdings treten auch Fälle auf, in denen die Risikosenkungen mit Ertragsreduktionen von bis zu 20 % erkaufte werden müssen.

Auf den ersten Blick scheinen sich damit die Ergebnisse von Jacobsen und Helles (2006) zu bestätigen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die stärkere Diversifikation der angebotenen Sortimente einer Baumart kaum eine Risikosenkung zur Folge hat. Dies führten sie darauf zurück, dass bei der Ernte eines Baumes stets mehrere verschiedene Sortimente anfallen (vgl. Jacobsen u. Helles 2006). So fällt auch hier bei der Ernte einer geasteten Fichte neben dem Wertholz auch Holz normaler Qualität aus demselben Baum an. Auch wird in den geasteten Beständen viel Holz normaler Qualität z. B. in Durchforstungen geerntet. Je nach Durchforstungsvariante und der Anzahl der geasteten Fichten lag der Anteil des Wertholzes am gesamten Holzanfall lediglich zwischen 4 % und 17 %. Vergleicht man, um Zinseffekte zu vermeiden, die Überschüsse der Astungsinvestition und des geasteten Bestandes, liegt der Anteil der Astungsinvestition bei der Durchforstungsvariante „Hiebsruhe“ und 150 geasteten Fichten an den Gesamtüberschüssen bei lediglich 19 %. Dabei weist diese Variante annähernd die maximale absolute Wertholzmenge auf. Dies

bedeutet aber auch, dass gut 80 % der Überschüsse der geasteten und ungeasteten Bestände identisch sind.

Dieser hohe Anteil an identischen Zahlungen ist auch die Ursache für die hohe positive Korrelation der Kapitalwerte der geasteten und der ungeasteten Bestände, obgleich die Preise für Wertholz und Holz normaler Qualität nur schwach positiv korreliert sind.

Im Gegensatz zu dieser Untersuchung fielen bei Reeves und Haight (2000) in einer Mischungskomponente keine Sortimente des anderen Mischungsbestandteils an. Daneben ist anzumerken, dass sich die von Reeves und Haight (2000) genannte Risikoreduktion von 80 % auf eine Behandlungsvariante bezieht, die am risikominimalen Portfolio überhaupt nicht beteiligt ist. So wies die Behandlungsvariante mit Sägeholzproduktion bei einer Umtriebszeit von 35 Jahren die höchste Standardabweichung von 725 \$ ac⁻¹ auf. Gleichzeitig lieferte diese Variante den höchsten zu erwartenden Ertrag. Das Portfolio mit dem geringsten Risiko und einer Standardabweichung des Einkommens von nur noch 138 \$ ac⁻¹ bestand aber zu 55 % aus Sägeholzproduktion mit einer Umtriebszeit von 20 Jahren und zu 45 % aus Beständen zur Produktion von Holz für die Zellstoffherstellung. Gleichzeitig bewirkte dies aber eine Senkung des Einkommens um etwa 46 % (vgl. Reeves u. Haight 2000). So gesehen, müsste in der vorliegenden Arbeit die Variante mit der insgesamt höchsten Standardabweichung mit der Standardabweichung der insgesamt risikominimalen Mischung verglichen werden. Betrachtet man das in Abbildung 2 dargestellte Beispiel, würde so das Risiko um 38 % sinken, und gleichzeitig erhöht sich der Kapitalwert um gut 22 %. Bei Reeves und Haight (2000) lag das erwartete Einkommen aus der risikominimalen Mischung etwa im Bereich der beiden beteiligten Varianten. Gleichzeitig war das Risiko um 20 % geringer als bei jeder einzelnen der zwei Varianten (vgl. Reeves u. Haight 2000). Im Gegensatz dazu hatte das insgesamt risikominimale Portfolio aus geasteten und ungeasteten Beständen bei der „Zieldurchmesserernte“ nur ein minimal geringeres Risiko und einen minimal höheren Kapitalwert als der ungeastete Bestand für sich allein betrachtet.

Da es allerdings das Ziel dieser Untersuchung war, herauszufinden, ob durch das Hinzufügen von geasteten Beständen zu ungeasteten das finanzielle Risiko gesenkt werden kann, stellte diese Variante hier auch die Vergleichsgröße dar. Demnach ist somit festzustellen, dass durch Mischung geasteter und ungeasteter Fichtenbestände das finanzielle Risiko der Fichtenwirtschaft nur minimal gesenkt werden kann. Gleichzeitig wurde auch festgestellt, dass der Effekt der Durchforstung auf das finanzielle Risiko deutlich stärker ist als das der Astung bzw. der Mischung geasteter und ungeasteter Bestände.

Als zweite Frage wurde am Anfang gestellt:

- Welcher Flächenanteil eines Forstbetriebes soll geastet werden?

Anhand der Ergebnisse bei Betrachtung des Sicherheitsäquivalents als Entscheidungskriterium wurde festgestellt, dass zumeist hohe Flächenanteile geastet werden sollten. Dies gilt sowohl bei normaler als auch bei starker Risikoaversion. Gleichzeitig wurde festgestellt, dass sich bei über der Hälfte der betrachteten Fälle der optimale Astungsanteil zwischen normaler und starker Risikoaversion nicht änderte. Bei den restlichen Varianten war der optimale Astungsanteil bei starker Risikoaversion geringer als bei normaler Risikoaversion. Vergleicht man die Durchforstungsvarianten, so weist die „Zieldurchmesserernte“ mit fast immer 100 % als optimalem Astungsanteil die höchsten optimalen Astungsanteile auf.

Diese Ergebnisse überraschen vielleicht nach den geringen beobachteten Risikosenkungen durch Mischung geasteter und ungeasteter Fichtenbestände. Trotz dieser Ergebnisse erwiesen sich bei gemeinsamer Betrachtung von Risiko und Kapitalwert mit Hilfe des Sicherheitsäquivalents relativ hohe Anteile an geasteten Fichtenbeständen für risikoaverse Entscheidungsträger als optimal. Bedenkt man, dass diese Untersuchung auf den Daten sehr wüchsiger Fichtenbestände basiert, lässt sich daraus für Forstbetriebe schlussfolgern, dass zumindest in den Fichtenbeständen sehr guter Bonität die Chance der Astung genutzt werden sollte.

Fasst man die hier erzielten Ergebnisse mit denen von Jacobsen und Helles (2006) und Reeves und Haight (2000) zusammen, kommt man zu dem Schluss, dass für eine erfolgreiche Diversifizierung auf Sortimentebene innerhalb einer Baumart möglichst nur ein Sortiment je Mischungskomponente anfallen sollte. Überträgt man dies auf den Fall der Fichtenastung, müsste man hier konventionell bewirtschaftete Fichtenbestände zur Produktion von Holz normaler Qualität beispielsweise mit sehr stammzahllarm begründeten und dann geasteten Beständen mischen. In solchen Beständen würde das geastete Holz wertmäßig den Kapitalwert bestimmen, so dass auch stärkere Diversifizierungseffekte zu erwarten wären. Auch ist es interessant, die Betrachtung auf mehrere Sortimente und auch über Baumartengrenzen hinweg auszuweiten.

Daneben gibt es an der hier verwendeten Portfoliotheorie auch Kritik. Die finanzielle Optimierung im Sinne von Markowitz geht nicht nur davon aus, dass alle Investoren rational handeln, nicht übersättigt und risikomeidend sind. Darüber hinaus wird unterstellt, dass der Investor eine ganz bestimmte Risikonutzenfunktion (z. B. hier eine negativ exponentielle) mit klar fassbarer Risikoaversion besitzt und dass die Renditen eines Vermögenswertes einer multidimensionalen Normalverteilung folgen (z. B. Gotoh u. Konno 2000). Diese Annahmen sind umstritten. So hängt die Risikoaversion häufig von der konkreten Entscheidungssituation ab und ist im Zeitverlauf u. U. nicht konstant (z. B. Post u. van Vliet 2006). Auch die Annahme der Normalverteilung kann meist nicht aufrechterhalten werden (z. B. Gotoh u. Konno 2000).

So kritisieren Mandelbrot und Hudson (2005) die generelle Verwendung einer Gaußschen Glockenkurve als Häufigkeitsverteilung der Preis- bzw. Kursänderungen, da dadurch extreme Preisanstiege, aber auch extreme Preiseinbrüche bzw. Kursstürze, verglichen mit der Realität, zu selten vorkommen. So kamen Mandelbrot und Hudson (2005) zu dem Schluss, dass das wirkliche Risiko erheblich unterschätzt wird. Allerdings wurde bei der Analyse der Holzmarktdaten in dieser Arbeit auch festgestellt, dass bereits alle Wertholzpreise im Bereich der doppelten Standardabweichung um den Mittelwert lagen und die Verteilung der Normalholzpreise etwa einer Normalverteilung entsprach. So könnte man folgern, dass die Volatilität der Holzpreise geringer, besonders aber die Extremwerte seltener waren als bei Aktienkursen. Allerdings muss dabei die zeitliche Auflösung der Daten beachtet werden. Je größer diese ist, umso stärker wird das Risiko abgepuffert. So dürfen beispielsweise monatliche Kursschwankungen nicht mit Holzpreisschwankungen verglichen werden, die auf Jahresebene erhoben wurden. Dennoch wäre es wünschenswert, die verwendete Preisverteilung im Sinne der Kritik von Mandelbrot und Hudson (2005) der Realität mehr anzunähern.

Literatur

- Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten. 1972-2003. Holzpreisstatistik für das Kalenderjahr..., für die Jahre 1949-2003. München
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. 1999. Richtlinie zur Wertastung und zur Pflege von Astungsbeständen. München, Stand Juni 1999
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. 2005. Die zweite Bundeswaldinventur – BWI2, Der Inventurbericht. Bonn
- Deegen, P. 1995. Wertastungsrechnung. AFZ/DerWald 50, 1307-1308
- Ebert, H.-P. 1997. Der „Wert“ einer Wertastung. AFZ/DerWald 52, 1188-1190
- Gerber, H.U., Pafumi, G. 1998. Utility Functions: From Risk Theory to Finance. North American Actuarial Journal 2, 74-100
- Gotoh, J., Konno, H. 2000. Third Degree Stochastic Dominance Mean-Risk Analysis. Management Science 46, 289-301
- Heidingsfelder, A., Knoke, T. 2004. Douglasie versus Fichte – Ein betriebswirtschaftlicher Leistungsvergleich auf Grundlage des Provenienzversuches Kaiserslautern. Schr. z. Forstökonomie 26. Frankfurt a. M.
- Huss, J. 1990. Zur Durchforstung engbegründeter Fichtenjungbestände. Forstw. Cbl. 109, 101-118

- Jacobsen, J.B., Helles, F. 2006. Adaptive and nonadaptive harvesting in uneven-aged beech forest with stochastic prices. *Forest Policy and Economics* 8, 223-238
- Knoke, T. 1998. Die Stabilisierung junger Fichtenbestände durch starke Durchforstungseingriffe – Versuch einer ökonomischen Bewertung. *Forstarchiv* 69, 219-226
- Knoke, T., Stimm, B., Ammer, Ch., Moog, M. 2005. Mixed forests reconsidered: A forest economics contribution on an ecological concept. *For. Ecol. Manage.* 213, 102-116
- Kublin, E., Scharnagel, G. 1988. Verfahrens- und Programmbeschreibung zum BWI-Unterprogramm BDAT. *Forstl. Versuchs- u. Forschungsan. Baden-Württemberg*
- Mandelbrot, B.B., Hudson R.L. 2005. *Fraktale und Finanzen: Märkte zwischen Risiko, Rendite und Ruin.* München
- Markowitz, H. 1952. Portfolio selection. *The Journal of Finance* 7, 77-91
- Mosandl, R., Knoke, T. 2002. Produktion von Fichtenqualitätsholz durch Astung, waldbauliche und wirtschaftliche Aspekte. *AFZ/DerWald* 57, 120-123
- Post, T., van Vliet, P. 2006. Downside risk and asset pricing. *Journal of Banking and Finance* 30, 823-849
- Reeves, L.H., Haight, R.G. 2000. Timber harvest scheduling with price uncertainty using Markowitz portfolio optimization. *Annals of Operations Research* 95, 229-250.
- Roeder, A. 2003. Forstbetriebliches Management bei zeitlich offenen Entscheidungsfeldern – Wie gehen wir mit Langfristigkeit um? *Forst u. Holz* 58, 315-318 u. 364-367
- Weber, M.-W. 2002. Portefeuille- und Real-Optionspreis-Theorie und forstliche Entscheidungen. *Schr. z. Forstökonomie* 33. Frankfurt a. M.