

forstarchiv 80, 4–14
(2009)

DOI 10.237603004112-80-4

© M. & H. Schaper
GmbH
ISSN 0300-4112

Korrespondenzadresse:
hoellerls@forst.tu-
muenchen.de

Eingegangen:
10.12.2008

Angenommen:
16.01.2009

Berücksichtigung finanzieller Aspekte bei waldbaulichen Entscheidungen – eine Fallstudie für reine Fichtenbestände in der Bergmischwaldzone

Consideration of financial aspects in silvicultural decisions – a case study on pure spruce stands in the montane mixed forest zone

SEBASTIAN HÖLLERL

Lehrstuhl für Waldbau, Technische Universität München (TUM), Am Hochanger 13, D-85354 Freising

Kurzfassung

Der Waldbau ist eine Disziplin, die von jeher auf die Entscheidungsunterstützung in der Waldbewirtschaftung ausgerichtet ist, und er integriert deshalb verschiedene Aspekte. Gerade die Verschränkung von naturalen und finanziellen Forschungsansätzen in der Waldbauwissenschaft wird immer wichtiger, da die Bedeutung der Knappheit von Mitteln im Forstbereich zunimmt. Es wird deshalb anhand eines Fallbeispiels gezeigt, wie in waldbaulichen Studien finanzielle Aspekte umfassend berücksichtigt werden können.

Eine Untersuchung zur Stabilität von reinen Fichtenbeständen in der montanen Stufe war zu dem Ergebnis gekommen, dass Steigerungen von Resistenz und Elastizität dieser Bestände nur durch sehr frühe waldbauliche Eingriffe erreicht werden können. Nachdem diese frühen Eingriffe im Gebirge oft defizitär ausfallen und deshalb in der Praxis oft nicht durchgeführt werden, wurden die finanziellen Auswirkungen solcher Maßnahmen mit Methoden der Investitionsrechnung bewertet. Zwei Szenarien „Bestand behandeln“ und „Bestand nicht behandeln“ wurden hinsichtlich ihrer finanziellen Vorteilhaftigkeit miteinander verglichen. Dabei wurde zusätzlich berücksichtigt, welche Auswirkungen 6 unterschiedlich teure Holzernverfahren (Harvester, kombiniert, Vollbaum, Schlepper, Seil bergauf und Seil bergab) auf diesen Vergleich haben. Beim Szenario „unbehandelt“ wurde außer der Kulturbegründung lediglich eine fiktive Ernte im Alter 100 Jahre unterstellt, beim Szenario „behandelt“ ging man zusätzlich von Durchforstungseingriffen im Bestandesalter von 40, 60 und 80 Jahren aus. Zur Bewertung der beiden Optionen wurden Kapitalwerte berechnet. Mittels Monte-Carlo-Simulationen wurde auch das Ausfallrisiko der Bestände aufgrund von Schneebruch, Sturmwurf oder Insektenschäden berücksichtigt. Die abschließende Wertung hinsichtlich der finanziellen Vorteilhaftigkeit einer der beiden Handlungsoptionen wurde anhand der Entscheidungsprinzipien μ - σ -Regel und Stochastische Dominanz durchgeführt. Beide Methoden führten in den meisten Fällen zu dem Ergebnis, dass unter Berücksichtigung von Risiken die Variante „behandelt“ finanziell vorteilhafter abschneidet als die Variante „unbehandelt“. Insofern spricht nicht nur der Stabilitätsaspekt, sondern auch der finanzielle Aspekt für eine waldbauliche Behandlung von Fichtenbeständen in der montanen Zone.

Das Fallbeispiel zeigt, dass man durch die Berücksichtigung finanzieller Aspekte in waldbaulichen Fragestellungen zu einer umfassenderen Entscheidungsunterstützung kommt, als es mit einer rein natural ausgerichteten Forschung möglich wäre.

Schlüsselwörter: Waldbau, montane Zone, Risiko, Monte-Carlo-Simulation, μ - σ -Regel, Stochastische Dominanz, Überlebenswahrscheinlichkeit, Entscheidungsunterstützung

Abstract

The discipline of silviculture has always been directed towards supporting decisions in forest management. Therefore it integrates several different aspects. Especially at this time where financial resources are scarce it is of utmost importance that natural and financial research approaches in silviculture are combined. A case study will show how financial aspects can be comprehensively taken into account in silvicultural studies.

A survey conducted on the stability of pure spruce stands in the montane zone has proven that an increase in resistance and elasticity can only be achieved if silvicultural measures are applied to those stands at a very early stage. However, treatments in the montane zone which are carried out at an early stage often generate a deficit. Hence, in practice, experts often decide against these treatments. For this reason the financial impact of these methods has been evaluated from an investment point of view. There are two options: a stand can be left untreated or it can be treated. These two scenarios have been compared with regard to their financial benefit. In addition 6 different harvesting methods (“Harvester”, “Combined”, “Full-Tree Logging”, “Skidder”, “Cable Yarding Uphill” and “Cable Yarding Downhill”) and their effects on the comparison, due to their differing costs have been taken into account. In scenario number one “untreated plots” apart from stand establishment only a virtual logging of trees at the age of 100 years has been assumed. In scenario number 2 “treated plots” it has also been assumed that thinning measures are carried out in the stands at the age of 40, 60 and 80 years. In order to evaluate both options net present values have been calculated. Due to the deployment of Monte-Carlo simulations it was possible to incorporate contingency risks caused by snow breakage, wind breakage and insects. The final assessment with regard to the financial benefits of the two different options has been carried out according to the μ - σ rule and the stochastic dominance in order to support the decision process. In most cases both methods lead to the conclusion that treated stands generate a higher financial benefit than untreated stands if risks are taken into consideration. Therefore, stability as well as financial aspects clearly support silvicultural measures of pure spruce stands in the montane zone.

The case study shows that the decision-making process, with regard to silvicultural measures, is comprehensively supported and facilitated if financial aspects are taken into account. A purely natural bias to research would not support the decision-making process to such an extent.

Key words: silviculture, montane zone, risk, Monte-Carlo simulation, μ - σ rule, stochastic dominance, survival probability, decision support

Einleitung

Der Waldbau als Kerndisziplin der Forstwissenschaft ist von je her auf die Entscheidungsunterstützung bei der Waldbehandlung ausgerichtet und integriert dabei verschiedene Aspekte. So schreibt beispielsweise Liebold (1967): „Gegenstand der Waldbauwissenschaft ist die waldbauliche Tätigkeit, die darauf gerichtet ist, den Wald planmäßig so an- und aufzubauen, daß die volkswirtschaftlichen Bedürfnisse an seinen Erzeugnissen nachhaltig in möglichst vollkommener Weise und unter der Berücksichtigung der Relation Aufwand zu Ertrag aus ihm gedeckt werden können. Die methodische Bearbeitung jedes waldbautechnischen Problems muß deshalb von den methodischen Grundeinheiten Biologie, Ökologie und Ökonomie incl. Technik ausgehen, soll der Waldbau nicht um seiner selbst Willen betrieben werden.“

Gerade die Verschränkung von naturalen und finanziellen Forschungsansätzen in der Waldbauwissenschaft wird immer wichtiger, da die Bedeutung knapper Mittel auch im Forstbereich zunimmt. Haben doch waldbauliche Entscheidungen immer auch finanzielle Konsequenzen für den Waldbesitzer. Werden diese Konsequenzen innerhalb der waldbaulichen Forschung völlig außer Acht gelassen, dann sind die erzielten Forschungsergebnisse möglicherweise nicht mehr entscheidungsrelevant. Mosandl (1997) bezeichnet den Waldbau deshalb als ein Fachgebiet, das sich von seinem Selbstverständnis her immer zwischen Ökonomie und Ökologie befindet. Auch Baker (1950) bringt dies in seinem Buch „Principles of Silviculture“ deutlich zum Ausdruck: „A knowledge of the nature of forests and forest trees, how they grow, reproduce and respond to changes in their environment, makes up the broad field of forestry called *silvics*. This is practically equivalent to the *forest ecology* of some writers. The methods of handling the forest in view of its *silvics* – modified in practice by economic factors – is silviculture.“

Anhand des Untersuchungsobjektes „Reine Fichtenbestände in der Bergmischwaldzone“ soll hier aufgezeigt werden, wie die Berücksichtigung finanzieller Aspekte im Rahmen waldbaulicher Forschung zu einer umfassenderen Entscheidungsunterstützung führt, als es mit einer rein natural ausgerichteten Forschung möglich wäre.

Die finanzielle Studie, um die es im Folgenden geht, war Teil einer umfassenden Untersuchung zur Stabilität von Fichtenreinbeständen in der Bergmischwaldzone (Hölllerl in Vorbereitung). In dieser Zone bilden im Idealfall Fichte, Buche, Tanne, Bergahorn und weitere Baumarten stabile Bestände, welche verschiedensten Naturgefahren widerstehen können. Auf großen Flächen in den Bayerischen Alpen sind diese montanen Bergmischwälder aber aufgrund menschlicher Einflussnahme durch reine Fichtenbestände ersetzt worden. Diese Monokulturen gelten als instabil und anfällig gegenüber Naturgefahren wie Schnee, Sturm und Insekten. Es wurde deshalb untersucht, ob und in welchem Umfang waldbauliche Maßnahmen dazu geeignet sind, die Stabilität der Fichtenbestände zu erhöhen. Stabilität wurde hier im Anhalt an Begon et al. (1991) sowie Grimm und Wissel (1997) in die beiden Aspekte „Resistenz“ und „Elastizität“ unterteilt. Als „Resistenz“ bezeichnet man die Fähigkeit eines Systems, trotz der Anwesenheit von Störungen in einem Gleichgewichtszustand zu verharren. Die „Elastizität“ bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, nach Auftreten einer Störung möglichst schnell in ein Ausgangsgleichgewicht zurückzukehren. Demnach war es Ziel der Studie, herauszufinden, ob durch waldbauliche Eingriffe in die reinen Fichtenbestände deren Resistenz und Elastizität gesteigert werden können.

Waldbauliche Maßnahmen im Gebirge sind aber in der Regel mit deutlich höheren Kosten belastet als vergleichbare Maßnahmen im Flachland. In vielen Fällen resultieren negative Deckungsbeiträge bei Durchführung dieser Maßnahmen, und somit wird häufig die Frage gestellt, ob diese Eingriffe gerechtfertigt sind. Deshalb wurde

zusätzlich zu den naturalen Untersuchungen hinsichtlich einer möglichen Stabilisierung eine Studie zu den finanziellen Auswirkungen der waldbaulichen Eingriffe durchgeführt. Insgesamt wurde ein dreistufiger Forschungsansatz verwendet. Der erste Schritt beinhaltete Expertenbefragungen mit forstlichen Wirtschaftern. In strukturierten Interviews wurde sowohl deren Einschätzung zur Gefährdung der Bestände abgefragt als auch ihre Meinung zu geeigneten Behandlungsstrategien. Hier ergaben sich schon eindeutige Hinweise auf die Relevanz der finanziellen Auswirkungen von Behandlungen. Jungbestandspflege wurde beispielsweise als eine potenzielle Stabilisierungsmaßnahme genannt, welche aus Kostengründen nicht durchgeführt werde. Generell wurde empfohlen, Durchforstungs- und Verjüngungsmaßnahmen so früh wie möglich durchzuführen. Die Befragten gaben aber zu, dass in ihrem Handeln ein positiver Deckungsbeitrag ein entscheidendes Kriterium für die Durchführung der Maßnahmen sei. Dies sei besonders problematisch in den Bereichen, in denen nur eine teure Ernte mit der Seilbahn möglich ist. Hier werde man entsprechend spät tätig.

In einem zweiten Schritt wurden anhand von konkreten Waldbeständen die Effekte von waldbaulichen Maßnahmen auf die Stabilität geprüft. Die Ergebnisse dieses Untersuchungsschrittes unterstrichen die Notwendigkeit früher Eingriffe. Eine Erhöhung der Resistenz der Altbestände im Zuge von Durchforstungsmaßnahmen ist nur in begrenztem Umfang möglich und vor allem nur dann, wenn man sehr früh mit den Maßnahmen beginnt. Eine Erhöhung der Elastizität der Bestände durch Förderung einer gemischten Verjüngung ist in größerem Umfang möglich. Aber auch hier muss entsprechend früh mit den Maßnahmen begonnen werden.

Abgeleitet aus Schritt eins und zwei wurde in Schritt drei untersucht, welche finanziellen Auswirkungen solch frühe Maßnahmen haben. Folgende forschungsleitende Fragestellungen wurden dabei zugrunde gelegt:

- Sind Vornutzungseingriffe in Fichtenreinbestände der Bergmischwaldstufe bei umfassender Bewertung finanziell vorteilhaft?
- Wie wirkt sich das gewählte Holzertverfahren auf die finanzielle Vorteilhaftigkeit aus?
- Wie stark müssen die stabilisierenden Effekte einer Jungbestandspflege (JP) ohne Ertrag sein, damit solch eine Maßnahme finanziell vorteilhaft wird?

Material und Methoden

Erstellung von Wuchsreihen

Zur Beantwortung der Fragen im finanziellen Bereich wurden zwei verschiedene Behandlungsszenarien miteinander verglichen. Im Szenario „unbehandelt“ wurden außer einer Kulturbegründung keinerlei Maßnahmen bis zu einer fiktiven Ernte im Alter 100 unternommen. Im Szenario „behandelt“ wurden zusätzliche Durchforstungs- und Verjüngungseingriffe zum Bestandesalter 40, 60 und 80 Jahre angenommen. Für den Vergleich zwischen den Szenarien wurden Wuchsreihen aus den Untersuchungsflächen der naturalen Studie gebildet (Abbildung 1). Hier waren waldbaulich behandelte und unbehandelte Bestände verschiedenen Alters aufgenommen worden, welche sich zur Erstellung solcher Reihen gut eigneten. Die Umtriebszeit wurde für beide fiktiven Behandlungsvarianten auf 100 Jahre festgelegt, da die Wuchsreihen nur bis etwa 90 Jahre mit Daten untersetzt waren. Die Verwendung einer längeren Umtriebszeit, wie sie im Gebirge durchaus üblich ist, hätte unsicherer Extrapolationen der Wuchsreihen bedurft.

Aus den Wuchsreihen konnte die Vorratsentwicklung in beiden Szenarien und die Entwicklung des Entnahmesatzes in der Behandlungsvariante modelliert und für die genannten Eingriffszeitpunkte abgelesen werden.

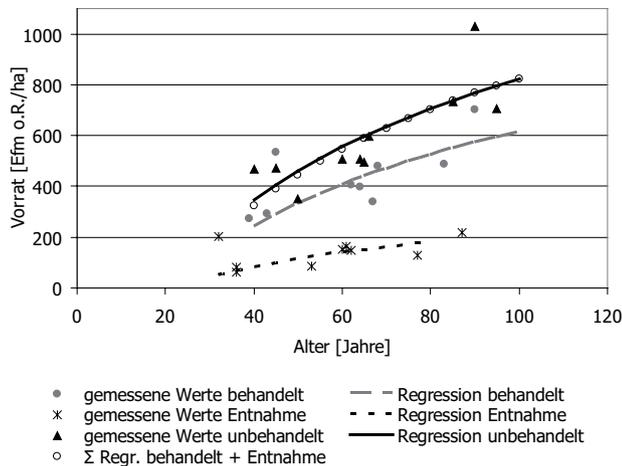


Abbildung 1. Wuchsreihen der Vorräte in behandelten und unbehandelten Beständen sowie des Entnahmesatzes in den behandelten Beständen.
Growth series of stocks in treated and untreated stands and of the removed volume in treated stands.

Bewertung ohne Berücksichtigung von Risiko

Die Vorräte wurden zunächst mithilfe des Programms „Holzsortierung“ von Felbermeier (2007) sortiert und dann mit aktuellen Holzpreisen bewertet. Bei der Ermittlung der Holzertekosten¹ wurden sechs verschiedene Ernteverfahren berücksichtigt und für die Region übliche Marktpreise eingesetzt:

- Harvestereinschlag und Bringung mittels Forwarder („Harvester“)
- ein kombiniertes Ernteverfahren wie bei Haberl et al. (2006) beschrieben: motormanuelle Fällung im Bestand, Vorrücken zum Rückweg mittels Schlepper, dort Aufarbeitung durch Harvester, anschließende Rückung zur Forststraße mit Forwarder („Kombiniert“)
- konventionelles motormanuelles Verfahren mit Schleperrückung („Schlepper“)
- Vollbaumbringung mit Seilkran („Vollbaum“)
- motormanuelle Aufarbeitung und Bergaufseilung („Seil bergauf“)
- motormanuelle Aufarbeitung und Bergabseilung („Seil bergab“).

Aus den gewonnenen Werten wurden zunächst Deckungsbeiträge für die einzelnen Maßnahmen berechnet und aufsummiert. Diese Art der Bewertung berücksichtigt jedoch die unterschiedlichen Zahlungszeitpunkte nicht, was für einen forstlichen Wirtschaftler von entscheidender Bedeutung ist. Nachdem er nicht über unbegrenzte Finanzmittel verfügt, ist eine frühe Einzahlung für ihn mehr wert als eine spätere. Er könnte die Mittel aus der Einzahlung ja beispielsweise zur Bank bringen und verzinsen. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden für die Bewertung Kapitalwerte berechnet.

Der Kapitalwert wird ähnlich wie der Deckungsbeitrag kalkuliert. Auch hier werden für jede Maßnahme Differenzen aus Einzahlungen und Auszahlungen gebildet. Im Unterschied zum Deckungsbeitrag werden aber beim Kapitalwert alle Zahlungsvorgänge auf einen Anfangszeitpunkt (in diesem Fall den Zeitpunkt der Kulturbegründung) abgezinst (diskontiert) (vgl. Kató 1986, Vahs und Schäfer-Kunz 2005, Wöhe 2005). Im Falle der unbehandelten Variante setzt sich der Kapitalwert nur aus den Kulturkosten und dem diskontierten Abtriebswert zum Ende der Umtriebszeit zusammen. Im Falle der

¹ Streng genommen handelt es sich hierbei nicht um Kosten, sondern um Auszahlungen. Es werden hier aber die im forstlichen Bereich gebräuchlichen Termini wie „Erntekosten“ und „Holzpreise“ verwendet.

behandelten Variante kommen die diskontierten Einzahlungsüberschüsse für die Durchforstungen im Alter 40, 60 und 80 Jahre dazu.

Für die Diskontierung musste ein geeigneter Zinssatz festgelegt werden. In der Regel werden für die Verzinsung von Waldbeständen verhältnismäßig niedrige Zinssätze angesetzt, die sich an den Volumenzuwachsprozenten der Bestände orientieren (Williams 1981). Übereinstimmend mit Knoke et al. (2005) wurde hier deshalb ein Zinssatz von 0,02 gewählt.

Integration von Risiken

Fast alle Investitionen im Forstbereich werden sehr langfristig angelegt und unterliegen deshalb in besonderem Maße Unsicherheiten. Auch bei der finanziellen Beurteilung waldbaulicher Behandlungsvarianten müssen künftige Unsicherheiten berücksichtigt werden. So können sich beispielsweise die Holzpreise oder die Holzertekosten ändern. Große Unsicherheit ist auch durch verschiedene Kalamitätsrisiken gegeben. Deterministische Bewertungsverfahren wie die Kapitalwertmethode berücksichtigen solche Risiken nicht und unterstellen völlige Sicherheit hinsichtlich künftiger Zahlungsströme (Pflaumer 1998). Um die Risiken in die Kalkulationen einbeziehen zu können, wurde eine Risikoanalyse mittels Monte-Carlo-Simulationen durchgeführt. Die Monte-Carlo-Methode wurde in den 1940er-Jahren von den Physikern Stanislaw Ulam, John von Neumann, Nicholas Metropolis und Enrico Fermi entwickelt, die im Los Alamos National Laboratory an der Entwicklung von Nuklearwaffen arbeiteten (Metropolis und Ulam 1949, Metropolis 1987). In den Finanzbereich wurde sie in den 1960er-Jahren beispielsweise durch Hess und Quigley (1963) und vor allem durch Hertz (1964) übertragen. Auch im ökologischen (z. B. Waller et al. 2003) und forstlichen Bereich wird diese Technik angewandt (Klemperer 1996, Dieter 2001, Knoke und Mosandl 2004, Knoke und Wurm 2006, Mercer et al. 2007).

Im Rahmen der Monte-Carlo-Simulationen (MCS) macht man sich das Gesetz der großen Zahlen zunutze und generiert die Kapitalwerte mit zufällig veränderten Einflussgrößen so häufig, bis sich stabile Verteilungen ergeben. Im vorliegenden Fall wurden die Einflussgrößen „Holzpreis“ und „Überlebenswahrscheinlichkeit“ variiert, um mögliche Holzpreisschwankungen und Schadereignisse zu simulieren. Die Holzertekosten wurden nicht variiert, da mit den sechs Ernteverfahren ohnehin eine große Bandbreite an möglichen Erntekosten abgedeckt wurde. Hinsichtlich der veränderlichen Einflussgrößen werden bei Integration in die MCS bestimmte Wahrscheinlichkeitsverteilungen unterstellt. Die Schwankung der Holzpreise wurde hier als normalverteilt angenommen. Als Standardabweichung wurde ein Wert verwendet, den Beinhofer (2007) aus den Holzpreisstatistiken der Bayerischen Staatsforstverwaltung für die Jahre 1974-2003 exzerpierte.

Zur konkreten Quantifizierung des Ausfallrisikos aufgrund von Kalamitäten werden in der Regel Übergangswahrscheinlichkeiten von Beständen bestimmter Altersklassen in die nächste Altersklasse hergeleitet. Solche Übergangswahrscheinlichkeitskurven für Fichte finden sich z. B. bei Möhring (1986), König (1996), Kouba (2002), Hanewinkel und Holcey (2006), Beinhofer (2007, 2008) sowie Knoke und Seifert (2008). In der vorliegenden Untersuchung wurden zwei verschiedene Überlebenswahrscheinlichkeitskurven mit unterstellter Binomialverteilung (0 für den Eintritt eines Schadens und 1 für das Überleben) verwendet (Abbildung 2).

Zunächst wurde die Sturmschadenskurve von König (1996) für das relativ alpennahe Wuchsgebiet 14 in Bayern zugrunde gelegt. Die Risiken von Schneebruch- und Insektenkalamitäten wurden nach der Methode von Bräunig und Dieter (1999) ergänzt. Dazu wurden aus langjährigen Kalamitätsaufzeichnungen der ehem. Bayerischen Staatsforstverwaltung für die zwangsbedingten Einschläge (ZE) in drei Untersuchungsforstämtern von 1990 bis 2003 die mitt-

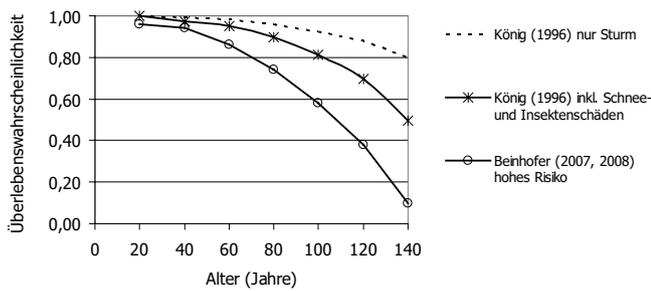


Abbildung 2. Den Risikoanalysen liegen die Überlebenswahrscheinlichkeiten nach König (1996) incl. Schnee- und Insektenschäden sowie Beinhofer (2007, 2008) zugrunde.

The risk analysis is based on the survival probability of König (1996) incl. snow- and insect-damages and the survival probability of Beinhofer (2007, 2008).

leren Anteile von Sturm-, Schnee-, und Insektenschäden abgeleitet. Die Sturmschadenswahrscheinlichkeiten nach König (1996) wurden dann um die Schnee- und Insektenschadensanteile erhöht. Nachdem die Überlebenskurven von König (1996) verhältnismäßig optimistisch ausfallen, wurde eine weitere Variante mit höherem Risiko gerechnet. Bei dieser Variante wurde die Überlebenskurve für hohes Risiko von Beinhofer (2007, 2008) verwendet. Beinhofer (2007, 2008) wertete Überlebenskurven aus verschiedenen Studien aus und leitete davon eine Kurve für mittleres und eine für hohes Risiko ab.

Die modifizierte Überlebenswahrscheinlichkeitskurve nach König (1996) wird im Folgenden mit „Risiko moderat“ bezeichnet, die Überlebenskurve nach Beinhofer (2007, 2008) mit „Risiko erhöht“. Anhand der beiden Kurven wurden mögliche Schadenseintritte zu den Zeitpunkten 20, 40, 60, 80 und 100 simuliert. Treten Schadereignisse ein, erzielen die Forstbetriebe erfahrungsgemäß deutlich geringere Holzpreise aufgrund von gebrochenen und geworfenen Stämmen nach Sturmereignissen, oder aufgrund von qualitativ minderwertigem Holz nach Insektenbefall („Käferholz“). Dazu kommt unter Umständen ein Preisverfall, der zumindest im Gefolge von größeren Schadereignissen eintritt. Die Holzerntekosten sind dagegen im Schadensfall oft deutlich höher als bei regulärem Einschlag. Dies ist erstens auf die erschwerten Arbeitsbedingungen, und zweitens auf die höheren Holzerntekosten aufgrund des Wettbewerbs um begrenzte Fäll- und Rückekapazitäten nach Großschadereignissen zurückzuführen. Dieter (1997) berücksichtigte dies in seiner Untersuchung, indem er die erzielten Deckungsbeiträge halbierte. Auch Knoke und Wurm (2006) verwendeten diesen Reduktionssatz. In der vorliegenden Untersuchung wurde davon ausgegangen, dass sich die Deckungsbeiträge im Schadensfall im Gebirge tendenziell noch stärker reduzieren als im Flachland. Gerade verstreuter Holzanfall stellt im Gebirge noch ein deutlich größeres Problem dar. Deshalb wurden hier bei Schäden die Holzpreise um 50 % reduziert, während die Erntekosten in vollem Umfang beibehalten wurden.

Im Rahmen der MCS wurden für beide Szenarien 5000 Kapitalwerte erzeugt, bei denen im Rahmen der Überlebenswahrscheinlichkeiten zufällig Schadereignisse eintraten oder nicht. Außerdem schwankte der Holzpreis in den oben genannten Grenzen. Daraus ergaben sich Häufigkeitsverteilungen wie in Abbildung 3 beispielhaft dargestellt.

Bewertung unter Risiko

Die Ergebnisse der MCS wurden dazu benutzt, um die beiden Handlungsoptionen „Behandeln“ und „Nicht behandeln“ unter Berücksichtigung von Risiken gegeneinander abzuwägen. Dabei kamen

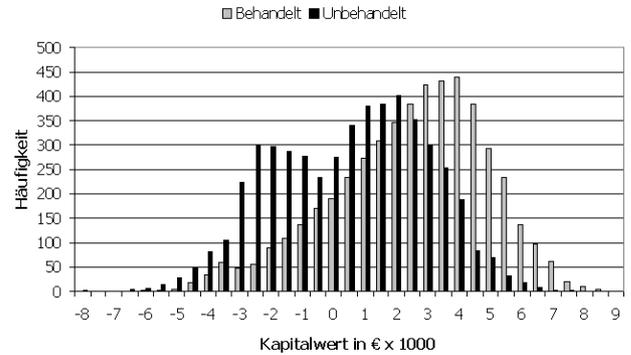


Abbildung 3. Beispiel einer Häufigkeitsverteilung der Kapitalwerte im Rahmen der Monte-Carlo-Simulation.

Frequency distribution of net present values in Monte-Carlo simulations.

zwei verschiedene Entscheidungsverfahren aus dem Bereich der Investitionsrechnung zur Anwendung, die $\mu-\sigma$ -Regel und das Entscheidungsprinzip der Stochastischen Dominanz.

$\mu-\sigma$ -Regel

Die $\mu-\sigma$ -Regel (Markowitz 1952, Wöhe 2005, Bamberg und Coenenberg 2006) nutzt zur Beurteilung einer Investition den Erwartungswert (μ) und die Varianz (σ) der Erträge. Die Verwendung der Varianz berücksichtigt, dass ein Anleger, der Risiko generell meidet, eine Investition mit einem schwankenden Erwartungswert geringer bewertet als eine Investition, welche einen sicheren Erwartungswert aufweist. Dem risikoscheuen Anleger ist beispielsweise eine Investition lieber, aus der er sichere 100 € bekommt, als eine, bei der es vielleicht 100 €, 300 € oder aber -100 € sein können.

Das Risikoverhalten eines Anlegers kann durch sogenannte Nutzenfunktionen charakterisiert werden. Dabei wird das Verhalten eines risikoscheuen Investors häufig durch eine negativ exponentielle Nutzenfunktion der folgenden Form beschrieben (Heidingsfelder und Knoke 2004, Bamberg und Coenenberg 2006, Knoke 2008):

$$U(Z) = 1 - e^{-\alpha Z} \quad (1)$$

$U(Z)$ = Nutzen U einer Zahlung Z (bzw. Investition, die Zahlungen hervorruft)

e = Eulersche Zahl

α = Maß für die absolute Risikoaversion

Z = Zahlung (bzw. Investition)

Der risikoscheue Anleger versieht eine Investition mit schwankenden Erwartungswerten hinsichtlich seines persönlichen Nutzens also mit einem Abschlag. Die Formel, welche den nutzenmäßigen Abschlag bei unsicheren Einzahlungen entsprechend der geeigneten negativ exponentiellen Nutzenfunktion quantifiziert, lautet folgendermaßen (z. B. Gerber und Pafumi 1998)²:

$$S = E(Z) - \alpha \cdot \frac{VAR(Z)}{2} \quad (2)$$

S = Sicherheitsäquivalent

$E(Z)$ = Erwartungswert (μ)

α = Maß für die absolute Risikoaversion

$VAR(Z)$ = Varianz (σ^2)

Das Sicherheitsäquivalent ist also der sichere Geldbetrag, der vom Investor als äquivalent dem Erwartungswert einer unsicheren Investition eingeschätzt wird. Um wie weit er den Erwartungswert der

² Diese Formel gilt für relativ kleine α .

unsicheren Investition für sich reduziert, hängt zum einen von der Streuung (Varianz) der Investition ab und zum anderen vom Grad seiner Risikoaversion.

Spremann (1996) zufolge liegt die absolute Risikoaversion α bei den meisten Menschen in der Größenordnung von $1/b$, wobei b das eingesetzte Vermögen darstellt. Als eingesetztes Vermögen sind im vorliegenden Fall die Kulturkosten anzusehen. Der Wert im Zähler wird allgemein als relative Risikoaversion a bezeichnet. In der vorliegenden Studie wurden für die relative Risikoaversion zwei verschiedene Niveaus angesetzt, einmal die von Spremann (1996) vorgeschlagene relative Aversion 1 und einmal ein höheres Aversionsniveau mit $a = 2$. Demnach wurden für die Anwendung der $\mu-\sigma$ -Regel die zwei Risikoniveaus $1/\text{Kulturkosten}$ und $2/\text{Kulturkosten}$ verwendet.

Stochastische Dominanz

Das Prinzip der Stochastischen Dominanz ist bereits sehr alt. Laut Levy (1992) veröffentlichte bereits Karamata (1932, zit. n. Levy 1992) ein Theorem, das der Stochastischen Dominanz zweiter Ordnung sehr ähnelt. Eingang in die Finanzwirtschaft erhielt das Prinzip der Stochastischen Dominanz im Wesentlichen durch die Publikationen von Quirk und Saposnik (1962), Hadar und Russel (1969), Hanoch und Levy (1969) und Rothschild und Stiglitz (1970). Auch im forstlichen Bereich wird diese Methode angewandt, um Entscheidungen unter Risiko zu treffen (Heikkinen und Kuosmanen 2002, Mercer et al. 2007, Knoke 2008). Während sich die Beurteilung einer Investition anhand der $\mu-\sigma$ -Regel immer auf eine bestimmte Nutzenfunktion des Anlegers stützt, hat die Stochastische Dominanz den Vorteil, dass die Ergebnisse für viele Nutzenfunktionen gültig sind. Es wird zwischen Stochastischer Dominanz erster Ordnung und zweiter Ordnung unterschieden. Die Bedingungen der Stochastischen Dominanz erster Ordnung sind dann erfüllt, wenn eine bestimmte Handlungsoption unter allen erdenklichen Umweltkonstellationen immer finanziell vorteilhafter abschneidet als eine andere Handlungsoption. In diesem Fall gilt das Ergebnis für jeden Anleger, der höhere Kapitalwerte gegenüber niedrigen bevorzugt. Alle werden sich für die dominierende Handlungsoption entscheiden.

Ist die Situation nicht so eindeutig, dass man nach der Stochastischen Dominanz erster Ordnung entscheiden kann, kommt die Stochastische Dominanz zweiter Ordnung zum Tragen. Sind deren Bedingungen erfüllt, so gilt das Ergebnis noch für alle Anleger, die risikoavers sind, unabhängig vom Grad der Risikoabneigung (Bamberg und Coenenberg 2006, Kruschwitz 2007). Zur Anwendung der $\mu-\sigma$ -Regel muss der Grad der Risikoaversion dagegen definiert werden.

Die allgemeinere Gültigkeit der Aussagen im Rahmen der Stochastischen Dominanz liegt darin begründet, dass hier nicht nur Erwartungswert und Varianz der Kapitalwerte bei der zu beurteilenden Investitionen betrachtet werden, sondern die gesamten Verteilungsfunktionen. Im Folgenden soll dies kurz anhand zweier fiktiver Handlungsoptionen (Option 1 und Option 2) generell erläutert werden.

Abbildung 4 zeigt einen möglichen Verlauf der Verteilungsfunktionen dieser Optionen. In dieser Beispiel-Konstellation beträgt für Option 1 die Wahrscheinlichkeit, einen Kapitalwert von unter 2000 Geldeinheiten zu erwirtschaften, 0,2 (vgl. senkrechte Linie). Daraus folgt, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,8 (1-0,2) mehr als 2000 Geldeinheiten erwirtschaftet werden. Im Falle der Option 2 beträgt diese Wahrscheinlichkeit nur 0,4 (1-0,6). Egal welchen Betrag man als mindestens geforderten Kapitalwert ansetzt: Die Wahrscheinlichkeit, selbigen zu erwirtschaften, liegt bei Option 1 immer höher. Damit sind die Bedingungen der Stochastischen Dominanz erster Ordnung (First degree stochastic dominance = FSD) erfüllt (Bamberg und Coenenberg 2006, Levy 2006, Kruschwitz 2007).

Es gilt:

$$Opt_1(x) \leq Opt_2(x) \text{ für alle } x \text{ und} \tag{3}$$

$$Opt_1(x) < Opt_2(x) \text{ für mindestens ein } x$$

$Opt_1(x)$ = Verteilungsfunktion der Option 1

$Opt_2(x)$ = Verteilungsfunktion der Option 2

Somit dominiert Option 1 die Option 2 nach der ersten Ordnung: $Opt_1 \succ_{FSD} Opt_2$

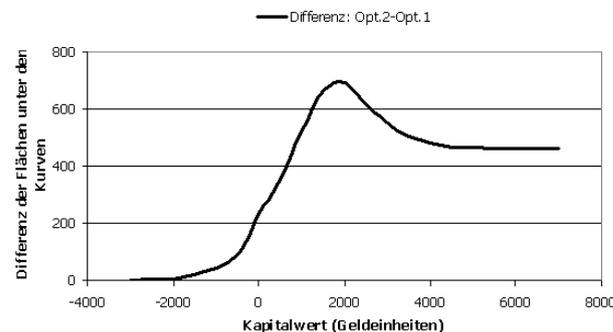
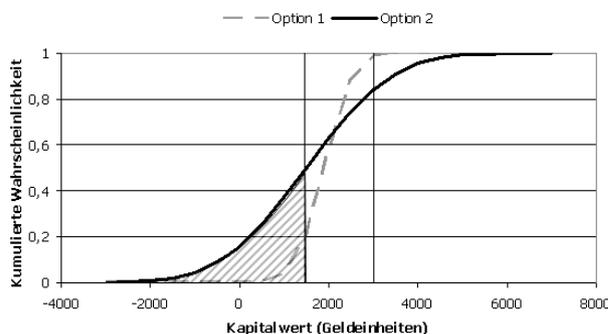
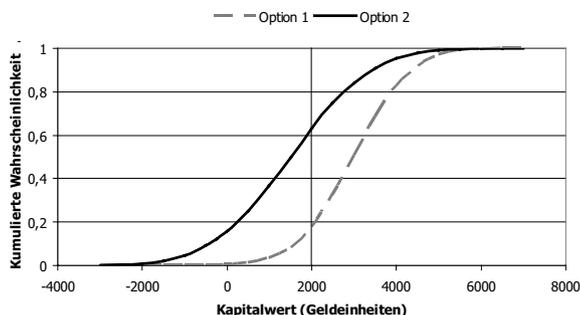


Abbildung 4. Beispielhafte Verteilungsfunktionen der Kapitalwerte zur Verdeutlichung der stochastischen Dominanz erster Ordnung.

Cumulative distribution function of net present values for illustration of first order stochastic dominance.

Abbildung 5. Verdeutlichung der Stochastischen Dominanz zweiter Ordnung. 5a (oben): Verteilungskurven und Fläche unter der Kurve „Option 2“ bei 1.500 Geldeinheiten. 5b (unten): Integral der Differenz aus Option 2 und Option 1.

Illustration of second order stochastic dominance: 5a (above) Cumulative distribution functions and area under the curve of "Option 2" at 1,500 monetary units; 5b (below) integral of difference of Option 2 minus Option 1.

Empirische Untersuchungen von Finanzmärkten zeigen allerdings, dass FSD eher selten als Entscheidungskriterium angewendet werden kann (Schmid und Trede 2006). Häufig schneiden sich die Wahrscheinlichkeitsverteilungen wie in Abbildung 5a). In diesem Fall wird nach der Stochastischen Dominanz zweiter Ordnung (Second degree stochastic dominance = SSD) entschieden. Dabei werden die Flächen unter den Wahrscheinlichkeitskurven betrachtet, indem die Funktionen integriert werden (Abbildung 5b).

Um SSD zu erfüllen, muss die Fläche unter der Verteilungsfunktion von Option 1 für alle x-Werte kleiner als die Fläche der Verteilungsfunktion von Option 2 sein. Dies ist der Fall, wenn das Integral aus der Differenz von Option 2 und Option 1 für alle x-Werte positiv ist. Abbildung 5b zeigt, dass diese Bedingung hier erfüllt ist. Die Kurve liegt überall im positiven Bereich.

Zur Erfüllung der SSD muß demnach gelten (Levy 2006, Kruchwitz 2007):

$$\int_{-\infty}^x Opt_2(t) - Opt_1(t) \geq 0 \text{ für alle } x \text{ und} \quad (4)$$

$$\int_{-\infty}^x Opt_2(t) - Opt_1(t) > 0 \text{ für mindestens ein } x$$

$Opt_1(t)$ = Verteilungsfunktion der Option 1
 $Opt_2(t)$ = Verteilungsfunktion der Option 2

Somit dominiert Option 1 nach der zweiten Ordnung:
 $Opt_1 \succ_{SSD} Opt_2$

Eine Dominanz nach SSD bedeutet, dass hier das Risiko niedriger Kapitalwerte deutlich geringer ist. Der risikoaverse Anleger wird sich aus diesem Grund im gezeigten Beispiel immer für Option 1 entscheiden. Die Wahrscheinlichkeit, weniger als 1.500 Geldeinheiten zu erzielen, liegt beispielsweise für Option 1 nur bei 0,2, während sie im Falle von Option 2 bei fast 0,5 liegt (siehe linke senkrechte Linie). Die rechte senkrechte Linie zeigt an, dass es auch umgekehrte Bereiche gibt. Aber der risikoscheue Anleger schaut eben v. a. auf den Bereich niedriger Kapitalwerte.

Übertragen auf das Fallbeispiel der Fichtenreinbestände wurden die Optionen „behandeln“ und „nicht behandeln“ für alle Holzernvarianten auf Stochastische Dominanz erster und zweiter Ordnung geprüft.

Bewertung einer Jungbestandspflege

Abschließend wurde noch der Frage nachgegangen, unter welchen Bedingungen sich eine Jungbestandspflege (JP) finanziell vorteilhaft auswirken kann, obwohl sie zum Zeitpunkt der Maßnahme nur mit

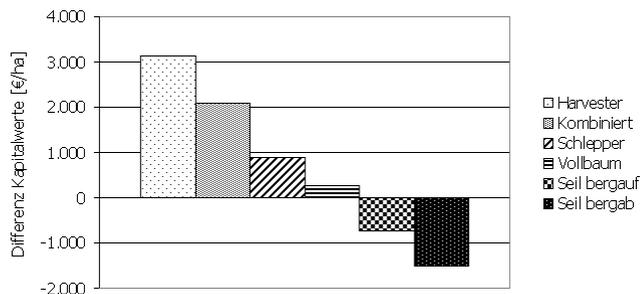


Abbildung 6. Differenzen der Kapitalwerte [€/ha]. (Kapitalwert der behandelten Variante abzüglich Kapitalwert der unbehandelten Variante). Differences of net present values [€/ha] (net present value of treated stands minus net present value of untreated stands).

Auszahlungen und mit keinen Einzahlungen verbunden ist. Theoretisch kann dennoch ein finanzieller Vorteil erwachsen, wenn durch die JP ein entsprechender Stabilisierungseffekt auftritt und dadurch die Überlebenswahrscheinlichkeit des Bestandes entsprechend steigt. Als Ausgangspunkt für die Berechnung des Break-Even-Points, an dem die gesteigerte Überlebenswahrscheinlichkeit die Auszahlungen der Pflegemaßnahme aufwiegt, wurden die Kalkulationen der Sicherheitsäquivalente herangezogen. Die Sicherheitsäquivalente wurden zunächst mit den Auszahlungen für eine extensive JP belastet. Anschließend wurde in weiteren MCS die Überlebenswahrscheinlichkeit schrittweise gesteigert, bis der Break-Even-Point überschritten wurde und die Sicherheitsäquivalente höher ausfielen als ohne JP.

Ergebnisse

Szenario „Behandelt“ kontra Szenario „Unbehandelt“

Das eingesetzte Holzernteverfahren hatte vor allem bei der alleinigen Betrachtung der Deckungsbeiträge großen Einfluss darauf, welche Behandlungsvariante finanziell vorteilhafter abschnitt. So ergab sich nur bei den kostengünstigen Verfahren „Harvester“ und „Kombiniert“ ein klarer Vorteil der Behandlung, beim Schlepperverfahren nur ein sehr geringer. Aufgrund der deutlich höheren Kosten bei den seilgestützten Verfahren schnitt hier die unbehandelte Variante finanziell vorteilhafter ab.

Die Berücksichtigung der Knappheit von Finanzmitteln durch eine Verzinsung der Zahlungsströme veränderte das Bild. Frühe Einzahlungen im Rahmen von Durchforstungsmaßnahmen erhielten größeres Gewicht, weshalb sich die Behandlungsvariante beim Schlepperverfahren jetzt deutlich vorteilhaft darstellte und auch beim Vollbaumverfahren besser abschnitt als das Szenario ohne Behandlung (Abbildung 6). Abbildung 6 und 7 sind Differenzgrafiken. Es ist jeweils der Kapitalwert der unbehandelten Variante vom Kapitalwert der behandelten Variante abgezogen. Zeigt die jeweilige Säule also einen Wert über null, dann ist die behandelte Variante finanziell vorteilhafter, unter null die unbehandelte.

Die Berücksichtigung von Risiken veränderte das Bild weiter. Ein moderates Risiko vorausgesetzt, wurde der Vorteil einer Behandlung noch größer. So stellten sich bei Anwendung der $\mu - \sigma$ -Regel unter Annahme normaler Risikoaversion waldbauliche Maßnahmen in fast allen Fällen als finanziell vorteilhaft dar. Einzige Ausnahme bildete das Seilverfahren bergab (Abbildung 7). Unter Annahme einer ho-

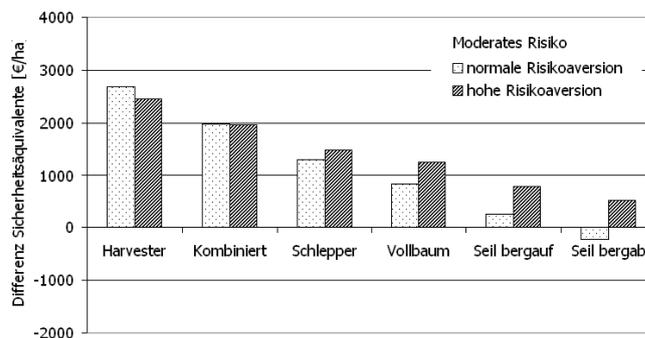


Abbildung 7. Differenzen der Sicherheitsäquivalente [€/ha] unter Berücksichtigung des moderaten Risikos bei normaler und hoher Risikoaversion (Sicherheitsäquivalent der behandelten Variante abzüglich Sicherheitsäquivalent der unbehandelten Variante).

Differences of certainty equivalents [€/ha] in consideration of moderate risk at normal and high risk aversion (certainty equivalent of treated stands minus certainty equivalent of untreated stands).

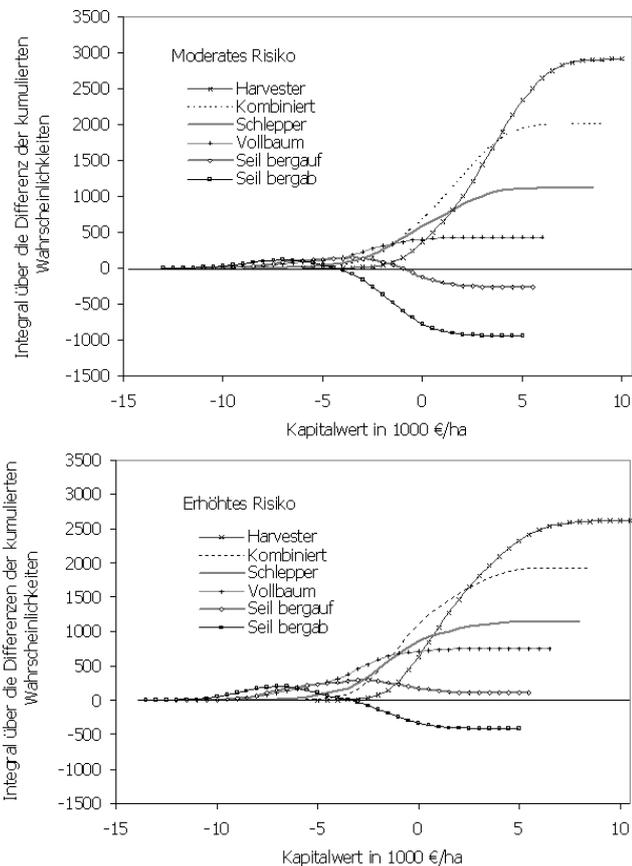


Abbildung 8. Integral über die Differenzen der kumulativen Wahrscheinlichkeiten von behandelter und unbehandelter Variante zur Beurteilung nach SSD. 8a (oben): Moderates Risiko unterstellt, 8b (unten): erhöhtes Risiko unterstellt. Integral of differences of cumulative distribution functions (untreated stands minus treated stands). 8a (above): Considering moderate risk, 8b (below): Considering high risk.

hen Risikoaversion des Wirtschafters schnitt das Behandlungsszenario allerdings sogar bei einer teureren Bergabseilung besser ab als das Szenario ohne Behandlung (Abbildung 7). Die Unterstellung eines erhöhten Risikos anstelle des moderaten verstärkte die Vorteilhaftigkeit waldbaulicher Maßnahmen weiter.

Die Ergebnisse zur Stochastischen Dominanz stützen die Ergebnisse aus der $\mu - \sigma$ -Regel. Im Falle eines moderaten Risikos dominierte die Behandlung bei allen Verfahren außer Seilung bergauf und bergab (Abbildung 8a). Bei erhöhtem Risiko ergab sich eine Dominanz der Behandlung auch für Bergaufseilung. Lediglich für Bergabseilung konnte keine Dominanz der Behandlung verzeichnet werden (Abbildung 8b). In Tabelle 1 sind sämtliche Ergebnisse der Kalkulationen unter Risiko zusammengefasst.

Finanzielle Auswirkungen einer Jungbestandspflege

In Abbildung 9 sind die Sicherheitsäquivalente inklusive JP bei schrittweise gesteigerten Überlebenswahrscheinlichkeiten dargestellt (beispielhaft unter Annahme von moderatem Risiko und normaler Risikoaversion). Die zugehörigen Ausgleichsgeraden zeigen an, dass je nach gewähltem Holzernteverfahren die Ausfallwahrscheinlichkeit um 1/4 bis 1/3 gesenkt werden muss, damit sich die JP rechnet.

Diskussion

Diskussion der Methoden und Ergebnisse

Mit der Kapitalwertmethode, der MCS, sowie der $\mu - \sigma$ -Regel und der Stochastischen Dominanz wurden Methoden aus dem Finanzbereich auf eine forstwirtschaftliche Fragestellung übertragen. Auch in anderen forstlichen Studien wurden diese Methoden schon erfolgreich angewandt (Klemperer 1996, Dieter 2001, Heikkinen und Kuosmanen 2002, Heidingsfelder und Knoke 2004, Knoke und Mosandl 2004, Knoke und Wurm 2006, Mercer et al. 2007, Knoke 2008). Da Anleger im forstlichen Bereich Oesten (1978) zufolge als risikoscheu einzustufen sind, erschienen die $\mu - \sigma$ -Regel und das Prinzip der Stochastischen Dominanz für die Beurteilung der beiden Handlungsoptionen „behandeln“ und „nicht behandeln“ durchaus geeignet.

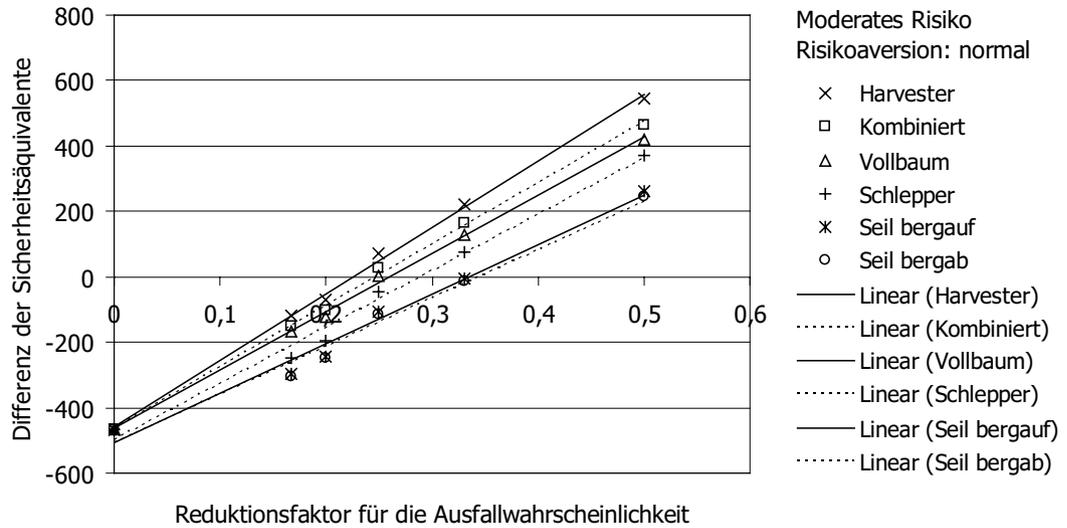
Nachdem die beiden Bewertungskriterien zu ähnlichen Ergebnissen führten, soll hier auf eine Diskussion der Vor- und Nachteile dieser Methoden verzichtet werden. Ausführlicheres hierzu findet sich

Tabelle 1. Übersicht der Dominanzen aus $\mu - \sigma$ -Regel und Stochastischer Dominanz (FSD = First degree stochastic dominance, SSD = Second degree stochastic dominance, beh = behandelt dominiert, unbeh = unbehandelt dominiert, X = keine Entscheidung möglich).

Summary of dominance out of $\mu - \sigma$ rule and stochastic dominance (FSD = First degree stochastic dominance, SSD = Second degree stochastic dominance, beh = treated stands dominating, unbeh = untreated stands dominating, X = no decision possible).

	Moderates Risiko				Erhöhtes Risiko			
	FSD	SSD	$\mu - \sigma$	$\mu - \sigma$	FSD	SSD	$\mu - \sigma$	$\mu - \sigma$
			normale Risikoaversion	hohe Risikoaversion			normale Risikoaversion	hohe Risikoaversion
Harvester	beh	beh	beh	beh	X	(beh)	beh	beh
Kombiniert	beh	beh	beh	beh	beh	beh	beh	beh
Schlepper	beh	beh	beh	beh	beh	beh	beh	beh
Vollbaum	X	beh	beh	beh	X	beh	beh	beh
Seil bergauf	X	X	beh	beh	X	beh	beh	beh
Seil bergab	X	X	unbeh	beh	X	X	beh	beh

Abbildung 9. Differenzen der Sicherheitsäquivalente mit JP und ohne JP bei unterschiedlichen Reduktionsfaktoren für die Ausfallwahrscheinlichkeit (Risiko = moderat, Risikoaversion = normal).
 Differences of certainty equivalents (thinned stands minus unthinned stands) at different levels of reduction of calamity probabilities (risk = moderate, risk aversion = normal).



bei Höllerrl (in Vorbereitung). Auch die genauen Eingangsgrößen für die Berechnungen sind dort nachzulesen.

Als entscheidende Eingangsgrößen sollen jedoch die gewählten Überlebenswahrscheinlichkeiten kurz diskutiert werden. Sind diese zu hoch oder zu niedrig, kann das Ergebnis stark verfälscht werden. Nachdem es für den Gebirgsbereich keine eigens errechneten Überlebenskurven gibt, wurden möglichst passende Kurven aus dem Flachland verwendet. Um zu verifizieren, ob diese Kurven die Realität im Gebirge ohne erhebliche Abweichungen beschreiben können, wurden Plausibilitätsberechnungen anhand tatsächlicher Schadereignisse in den Untersuchungsgebieten im Zeitraum von 1990 bis 2003 durchgeführt. Diesen Berechnungen zufolge zeichnet die Kurve für moderates Risiko ein sehr realistisches Bild, während die Kurve „erhöhtes Risiko“ größere Kalamitätsnutzungen unterstellt, als es in natura von 1990 bis 2003 der Fall war. Dennoch haben diese Ergebnisse eine Bedeutung. Sie stellen sozusagen eine Berechnung „mit Sicherheitszuschlag“ dar. Beispielsweise im Zusammenhang mit dem Klimawandel kann dieser Sicherheitszuschlag relevant werden. Wenn Klimaveränderungen zu häufigeren Sturmereignissen führen oder die Borkenkäferaktivität in höheren Lagen begünstigen, wird unter Umständen das erhöhte Risiko bald zur Realität.

Ein gewisser Nachteil liegt darin, dass für beide Behandlungsalternativen die gleichen Überlebenswahrscheinlichkeiten verwendet werden mussten. Es ist bekannt, dass die Schadanfälligkeit von Waldbeständen kurz nach Durchforstungseingriffen steigt und schließlich aufgrund von Stabilisierungseffekten der Einzelbäume wieder abnimmt (z. B. König 1995). Diese Entwicklungen konnten in die Berechnungen nicht einbezogen werden, da die Veränderungen von Überlebenswahrscheinlichkeiten aufgrund von Eingriffen bisher nicht quantifiziert wurden. Hier bietet sich noch ein breites Forschungsfeld, welches aber vermutlich nur durch sehr aufwendige Untersuchungen bearbeitet werden kann. Auch Moog (1997) bezeichnete die Berücksichtigung von Unsicherheiten und Kalamitätsrisiken in forstbetriebswirtschaftlichen Forschungen als eine der wichtigsten derzeitigen Aufgaben der Forstökonomie.

Die Tatsache, dass die Berücksichtigung von Risiken trotz gleicher verwendeter Überlebenswahrscheinlichkeiten einen großen Einfluss auf die finanzielle Vorteilhaftigkeit hat, liegt an zweierlei Effekten. Zum einen reduzieren die Durchforstungs- und Verjüngungseingriffe, wie auch Moog (2004), beschreibt den dem Risiko ausgesetzten Vorrat. Holzmengen, die bereits im Rahmen von Durchforstungs-

maßnahmen entnommen wurden, können nicht mehr in Form von niedriger bewertetem Sturmholz anfallen. Zum anderen sorgen die regelmäßigen Eingriffe in den behandelten Beständen für eine geringere Streuung der Kapitalwerte als in den unbehandelten Beständen, wo außer der einen, fiktiven Ernte am Ende des Bestandeslebens nur unkontrollierte Kalamitätsnutzungen anfallen. Diese reduzierte Streuung im behandelten Szenario hat für einen risikoaversen Wirtschaftler einen Nutzen. Erhöhte Streuung bedeutet eine größere Wahrscheinlichkeit für hohe Verluste: ein Effekt, den risikoaverse Entscheider in der Regel meiden (Spremann 1996). Möglichkeiten einer flexiblen, dem Holzmarkt angepassten Nutzung in der Behandlungsvariante, wie bei Knoke und Wurm (2006) berücksichtigt, sind

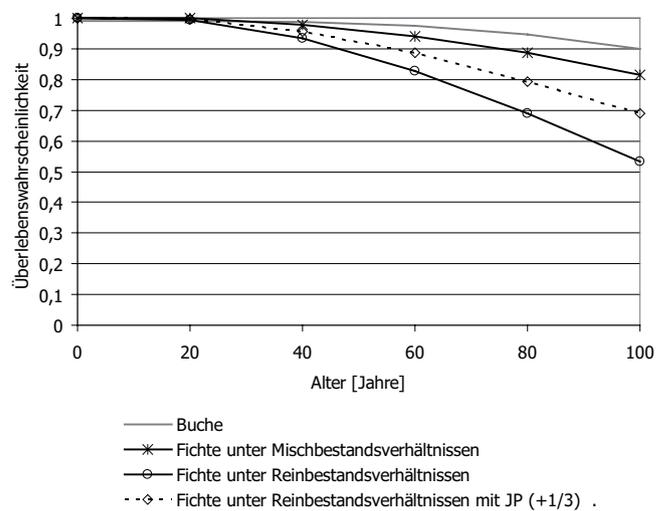


Abbildung 10. Vergleich der Überlebenskurven nach Knoke und Seifert (2008) mit einer fiktiven Überlebenskurve für Fichte mit JP (Ausfallwahrscheinlichkeit um 1/3 reduziert).
 Comparison of the survival curves after Knoke and Seifert (2008) with a fictitious survival curve of thinned spruce (Probability of calamities reduced by 1/3).

in diese Betrachtung noch gar nicht eingegangen und bergen sicher noch weitere finanzielle Vorteile einer Behandlung.

Eine wichtige weiterführende Frage werfen die Ergebnisse aus der Bewertung der JP auf. So stellt sich die Frage, ob eine Senkung der Ausfallwahrscheinlichkeit um 1/4 bis 1/3 realistischerweise durch JP-Maßnahmen erreicht werden kann. Diese Frage konnte zwar nicht abschließend beantwortet werden, aber der Vergleich mit einer Untersuchung von Knoke und Seifert (2008) lieferte wichtige Hinweise. Die Autoren berechneten Kapitalwerte für unterschiedliche Mischungen aus Fichte und Buche. Bei ihren Berechnungen berücksichtigten sie unter anderem auch den stabilisierenden Effekt der Buchenbeimischung auf die Fichte. Sie verwendeten dazu unterschiedliche Überlebenskurven: eine für Buche und zwei für Fichte: Fichte unter Reinbestandsverhältnissen und Fichte, deren Überlebenswahrscheinlichkeit aufgrund der Buchenbeimischung höher eingeschätzt wurde. Die drei Überlebenskurven sind in Abbildung 10 dargestellt. Sie können einen gewissen Anhaltspunkt geben, ob man die für die Amortisation der JP notwendigen Steigerungen in der Überlebenswahrscheinlichkeit realistischerweise erreichen kann. Dazu wurde, basierend auf der Überlebenskurve für die Fichte unter Reinbestandsverhältnissen eine zusätzliche fiktive Kurve berechnet, bei der die Überlebenswahrscheinlichkeit überall um 1/3 der Ausfallwahrscheinlichkeit erhöht wurde. Entlang dieser Kurve müsste die Überlebenskurve nach der Jungbestandspflege verlaufen, damit die Maßnahme finanziell vorteilhaft wird.

Die fiktive Überlebenskurve mit der um 1/3 reduzierten Ausfallwahrscheinlichkeit liegt relativ mittig zwischen der Reinbestands-Fichtenkurve von Knoke und Seifert (2008) und der Kurve, bei der die Autoren eine Stabilisierung durch Buchenbeimischung unterstellt haben.

Geht man, wie beispielsweise Nielsen (1990, 1991, 1995), davon aus, dass die Verankerung von Fichten am wirksamsten durch JP-Maßnahmen gesteigert werden kann, dann erscheint die geforderte Verbesserung der Überlebenswahrscheinlichkeit im Vergleich mit den anderen Kurven nicht unerreichbar. Hinzu kommt, dass im Rahmen von solchen JP-Maßnahmen auch vorhandene Mischbaumarten gesichert werden können. Eine Maßnahme, die in dieselbe Richtung wirkt, wie die unterstellte Stabilisierung durch Buchenbeimischung bei Knoke und Seifert (2008).

Finanzielle Aspekte in waldbaulicher Forschung

Die Ergebnisse der finanziellen Teilstudie sind von entscheidender Bedeutung im gesamten Forschungsprojekt zur Behandlung von Fichtenreinbeständen der montanen Stufe. Beeinflussen sie doch die letztendlich zu treffenden Entscheidungen hinsichtlich der Durchführung von Eingriffen stark. Wie eingangs schon bemerkt, stellen die finanziellen Auswirkungen waldbaulicher Maßnahmen wichtige Triebfedern für deren Durchführung dar. Dies kam auch in der Expertenbefragung zum Ausdruck, innerhalb derer mehrfach Maßnahmen als sinnvoll geschildert wurden, deren Durchführung aber an finanzielle Bedingungen geknüpft wurde. Forschungsprojekte auf rein natürlicher Ebene erzeugen also möglicherweise einen Erkenntnisgewinn, erhalten aber nicht die Praxisrelevanz, die ihnen zukommen könnte, wenn finanzielle Aspekte mitberücksichtigt würden. Der Waldbau als interdisziplinäres und entscheidungsorientiertes Fach muss aber bis zu dieser Praxisrelevanz vordringen.

Genau dieser Mangel an ökonomischen und integralen Ansätzen wird oft als Problem der Waldbauwissenschaft gesehen. In vielen Fällen wurde die Interdisziplinarität des Waldbaus in der Vergangenheit nicht mehr mit Leben erfüllt, und die Forschung wurde einseitig auf die Ökologie ausgerichtet. Bauer (1962) und Knoke (in Vorbereitung) sehen darin die Ursache für eine schwindende wissenschaftliche Bedeutung des Waldbaus unter vielen anderen ökologischen Disziplinen und die Ursache für eine abnehmende Praxisrelevanz.

In der Praxis wurden die Aspekte Ökologie und Ökonomie dagegen z. T. sehr erfolgreich kombiniert. Die Dauerwaldbewegung und die naturgemäße Waldwirtschaft sind nicht vorrangig aus ökologischen Gründen entstanden als vielmehr aus der Motivation heraus, wirtschaftlich zu arbeiten. Man arbeitet mit Naturverjüngung, um Kulturkosten zu sparen und schafft Reserven, um die Flexibilität zu erhöhen. Pflegende Eingriffe sorgen für frühe Einnahmen. Dies führt zu einem Dauerwald. Angesichts der unbestrittenen ökologischen wie ökonomischen Erfolge dieser Art der Waldwirtschaft ist Mosandl (2000) der Meinung, der Waldbau sei in Zukunft gut beraten, wieder die Anbindung an die Ökonomie zu suchen.

In weiten Bereichen der waldbaulichen Forschung läßt diese Anbindung aber nach wie vor zu wünschen übrig. Nur wenige Studien in der jüngeren Vergangenheit berücksichtigen die unterschiedlichen Ansprüche ökonomischer, ökologischer und sozialer Art an den Wald (Knoke und Mosandl 2004, Felbermeier und Mosandl 2004, Knoke und Hahn 2007, Knoke und Seifert 2008, Knoke et al. 2008).

Die hier beschriebene Studie weist in ihrer Dreistufigkeit allerdings einen über die bisherigen Studien hinausreichenden Ansatz zur Kombination von Ökologie und Ökonomie bei der Entscheidungsunterstützung auf, wie er in einer waldbaulichen Studie bisher noch nicht angewandt wurde. Aufgrund des interdisziplinären Anspruchs im Waldbau könnte dieser Ansatz jedoch für viele andere waldbauliche Fragestellungen beispielgebend sein.

Dabei bedingt die Berücksichtigung ökonomischer Gegebenheiten keineswegs eine Beschränkung im ökologischen Bereich, wie häufig befürchtet wird. Im Forstbereich herrscht oftmals die Meinung vor, dass Rentabilitätsüberlegungen dem Wesen der nachhaltigen Waldbewirtschaftung widersprechen und eine an der Rentabilität ausgerichtete Bewirtschaftung zwangsläufig zur Waldverwüstung führen muss (Möhring 2001a, b, Knoke in Vorbereitung). Dies gilt jedoch nur, wenn keine umfassenden, sondern lediglich einseitige und unvollständige finanzielle Überlegungen angestellt werden. Umfassende finanzielle Berechnungen, welche auch naturale Effekte von Bewirtschaftungsmaßnahmen (z. B. stabilisierende Effekte) und Risiken berücksichtigen, können dagegen einseitige Kalkulationen widerlegen, die auf Minimierung der Ausgaben abzielen und zur Unterlassung von wichtigen Maßnahmen führen.

Wie Mosandl (1997) konstatiert, ist heute in Kreisen der Forstwirtschaft die reduktionistische Sichtweise weit verbreitet, und es gilt vielfach die Parole „Sparen – koste es, was es wolle“. Dies sei allerdings nicht neu. Schon Heinrich Cotta habe sich Anfang des vorletzten Jahrhunderts über seine wenig weitsichtigen Zeitgenossen mit folgenden Worten beklagt:

„Wer bei einem Verwaltungszeige angestellt wird, will gerne glänzen und in unseren geldarmen Zeiten vorzüglich als guter Finanzierer erscheinen ... Aber wie groß der Nachteil ist, welchen dieser ersparte Taler durch vernachlässigte Forstwirtschaft zur Folge haben, fällt nicht so in die Augen, wenn auch derselbe den Vorteil vielmal überwiegt. Dieser lässt sich auf dem Papier sogleich nachweisen; jener hingegen wird erst späterhin im Wald sichtbar“ (zit. n. Richter 1950, S. 200).

Die effektivste Methode, diesem Trend heute entgegenzutreten, ist es, eben den Nachteil bestimmter Maßnahmen oder Unterlassungen auch „auf dem Papier nachzuweisen“, um in der Diktion von Cotta zu bleiben. Solches gelang beispielsweise in den Forschungen von Moog (2004), Knoke et al. (2005), Knoke und Wurm (2006), Knoke und Hahn (2007), Knoke und Seifert (2008) sowie Knoke et al. (2008), wo man aufgrund der Berücksichtigung von Diversifikationseffekten und Risiken zu dem Ergebnis kam, dass Mischbestände nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch gegenüber Reinbeständen von Vorteil sind. Die vorliegende Untersuchung folgt einem ähnlichen Prinzip, wenn sich vordergründig defizitäre Eingriffe aufgrund der Berücksichtigung von Risiken als finanziell vorteilhaft entpuppen. Letztlich könnte diese Tendenz noch deutlich stärker

ausfallen, wenn es gelänge, stabilisierende Effekte von waldbaulichen Maßnahmen genau zu quantifizieren und in die Kalkulationen einzubeziehen.

So können fundierte finanzielle Untersuchungen, welche auch die Erkenntnisse natürlicher Studien berücksichtigen, zu ganz anderen Erkenntnissen kommen als einseitige Kalkulationen, welche nur die Ausgabenseite betrachten.

Dies stellt vermutlich eine der wenigen Möglichkeiten dar, einen Trend aufzuhalten, den Mosandl (1997) folgendermaßen beschreibt:

„Im Unterschied zu Cottas Zeiten sind wir heute noch etwas forscher. Wir sind zumindest teilweise bereit, unter dem ökonomischen Sparzwang auch die forstlichen Ziele und damit die forstliche Ethik über Bord zu werfen. Dies wird fatale Folgen für die Forstwirtschaft und letztlich auch für die Gesellschaft haben.“

Gerade in einer Zeit, in der die Begrenztheit der Ressourcen immer deutlicher wird, in der ungehemmtes Wachstum und Umweltverbrauch fragwürdig werden, fängt der einzige Bereich der Wirtschaft, der über ein zukunftsfähiges Modell des sparsamen Energieeinsatzes und der geschlossenen Stoffflüsse verfügt, nämlich die Forstwirtschaft, an, ihr Weltmodell zu demontieren und der übrigen Wirtschaft nachzueifern.“

Wenn es gelingt, aufgrund synoptischer Studien natürlicher und finanzieller Art, beispielsweise durch Berücksichtigung von Risiken, dem von Mosandl (1997) beschriebenen Trend entgegenzuwirken und vorausschauendere Entscheidungen in der Waldbewirtschaftung zu treffen, kommen wir dem forstlichen Ideal der Nachhaltigkeit näher. Ein wichtiger Schritt, der allerdings nicht ganz einfach zu gehen ist, wie Messier und Kneeshaw (1999) meinen: „The integration of social, economic and ecological issues into decision-making systems is thus a crucial step towards sustainability. It is difficult, however, as there is little to no tradition of such integration.“

Danksagung

Professor Dr. Reinhard Mosandl und Prof. Dr. Thomas Knoke sei für die Betreuung während der Forschungsarbeiten herzlich gedankt. Für die finanzielle Unterstützung bedanke ich mich beim Kuratorium für forstliche Forschung in Bayern. Herzlichen Dank auch den beiden Gutachtern des Artikels für wertvolle Verbesserungsvorschläge.

Literatur

- Baker F.S. 1950. Principles of silviculture. The American Forestry Series. New York
- Bamberg G., Coenenberg A.G. 2006. Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. München
- Bauer F.W. 1962. Waldbau als Wissenschaft. Band 1: Waldbauliche Wissenschaftslehre und Grundlegung. München, Basel, Wien
- Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. 1991. Ökologie. Basel
- Beinhofer B. 2007. Zum Einfluß von Risiko auf den optimalen Zieldurchmesser der Fichte. Forstarchiv 78, 117-124
- Beinhofer B. 2008. Zum optimalen Einschlagszeitpunkt von Fichtenbeständen. Allg. Forst- u. Jagd- Ztg. 179, 121-132
- Bräunig R., Dieter M. 1999. Waldumbau, Kalamitätsrisiken und finanzielle Erfolgskennzahlen. Eine Anwendung von Simulationsmodellen auf Daten eines Forstbetriebes. Schriften zur Forstökonomie 18. Frankfurt
- Dieter M. 2001. Land expectation values for spruce and beech calculated with Monte Carlo modelling techniques. Forest Policy and Economics 2/2002, 157-166
- Felbermeier B. 2007. Holzsortierung. Unveröffentlichtes Programm zur Holzsortierung, basierend auf BDAT (Kublin und Scharnagl 1988)
- Felbermeier B., Mosandl R. (Hrsg.), 2004. Zukunftsorientierte Forstwirtschaft, Entwicklung eines forstlichen Entscheidungsunterstützungssystems (ZEUS) auf der Grundlage von Untersuchungen verschiedener Waldbehandlungsoptionen in Forstbetrieben Mittelschwabens. Ökosystem Management 1, Weilheim
- Gerber H.U., Pafumi G. 1998. Utility Functions: From Risk Theory to Finance. North American Actuarial Journal 2, 74-100
- Grimm V., Wissel C. 1997. Babel, or the ecological stability discussions: an inventory and analysis of terminology and a guide for avoiding confusion. Oecologia 109, 323-334
- Haberl A., Meier B., Obermayer F. 2006. 1. Forsttechnisches Bergwaldforum der Bayerischen Staatsforsten. Innovative Holzernetzsysteme im Bergwald. AFZ/DerWald 61/2, 59-61
- Hadar J., Russel W.R. 1969. Rules for Ordering Uncertain Prospects. The American Economic Review 59, 25-34
- Hanewinkel M., Holcay J. 2006. A forest management risk insurance model and its application to coniferous stands in southwest Germany. Forest Policy and Economics 8, 161-174
- Hanoch G., Levy H. 1969. The Efficiency Analysis of Choices Involving Risk. Review of Economic Studies 36, 335-346
- Heidingsfelder A., Knoke T. 2004. Douglasie versus Fichte. Ein betriebswirtschaftlicher Leistungsvergleich auf der Grundlage des Provenienzversuches Kaiserslautern. Schriften zur Forstökonomie 26. Frankfurt
- Heikkinen V.-P., Kuosmanen T. 2002. Stochastic Dominance Portfolio Analysis of Forestry Assets, Economics Working Paper Archive, EconWPA, Finance 0210002
- Hertz D.B. 1964. Risk Analysis in Capital Investment, Harvard Business Review 42/1, 95-106
- Hess S.W., Quigley H.A. 1963. Analysis of Risk in Investment using Monte Carlo Techniques. Chemical Engineering Progress Symposium Series 42, 55-63
- Hölllerl S. in Vorbereitung. Auswirkungen von waldbaulichen Maßnahmen auf die Stabilität (Resistenz und Elastizität) von Fichtenreinbeständen in der Bergmischwaldstufe der Bayerischen Alpen. Dissertation an der Studienfakultät für Forstwissenschaft. Technische Universität München
- Kató F. 1986. Statische und klassische dynamische Verfahren der forstlichen Investitionsrechnung. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 85. Frankfurt
- Klemperer W.D. 1996. Forest Resource Economics and Finance, New York
- Knoke T. 2008. Mixed forests and finance - Methodological approaches. Ecological Economics 65, 590-601
- Knoke T. in Vorbereitung. A Scientific Perspective for Silviculture.
- Knoke T., Mosandl R. 2004. Integration ökonomischer, ökologischer und sozialer Ansprüche: Zur Sicherung einer umfassenden Nachhaltigkeit im Zuge der Forstbetriebsplanung. Forst und Holz 59/11, 535-539
- Knoke T., Wurm J. 2006. Mixed forests and a flexible harvest policy: a problem for conventional risk analysis? Eur. J. Forest. Res. 125, 303-315
- Knoke T., Hahn A. 2007. Baumartenvielfalt und Produktionsrisiken: Ein Forschungseinblick und -ausblick. Schweiz. Z. Forstwes. 158/10, 312-322
- Knoke T., Seifert T. 2008. Integrating selected ecological effects of mixed European beech-Norway spruce stands in bioeconomic modelling. Ecological Modelling 210, 487-498
- Knoke T., Stimm B., Ammer C., Moog M. 2005. Mixed forests reconsidered: A forest economics contribution on an ecological concept. For. Ecol. Manage. 213, 102-116
- Knoke T., Ammer C., Stimm B., Mosandl R. 2008. Admixing broadleaved to coniferous tree species: a review on yield, ecological stability and economics. Eur. J. Forest. Res. 127(2), 89-101
- König A. 1995. Sturmgefährdung von Beständen im Altersklassenwald – Ein Erklärungs- und Prognosemodell. Frankfurt
- König A. 1996. Abgrenzung von Sturmschadensrisikoklassen und Entwicklung von risikoorientierten Endnutzungsstrategien für den bayerischen Staatswald, Abschlußbericht an das Kuratorium der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Freising
- Kouba J. 2002. Das Leben des Waldes und seine Lebensunsicherheit. Forstwiss. Cbl. 121, 211-228
- Kruschwitz L. 2007. Finanzierung und Investition. München, Wien
- Kublin E., Scharnagl G. 1988. Verfahrens- und Programmbeschreibung zum BWI-Unterprogramm BDAT. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg
- Levy H. 1992. Stochastic Dominance and expected utility: survey and analy-

- sis. *Management Science* 38/4, 555-593
- Levy H. 2006. *Stochastic Dominance. Investment Decision Making under Uncertainty*. New York
- Liebold E. 1967. Kritische Betrachtung zur Waldgefügetypenlehre von J. Weck, *Archiv für Forstwesen* 16/3, 265-310
- Markowitz H. 1952. Portfolio Selection. *The Journal of Finance* 7, 77-91
- Mercer D.E., Prestemon J.P., Butry D.T., Pye J.M. 2007. Evaluating Alternative Prescribed Burning Policies To Reduce Net Economic Damages From Wildfire. *American Journal of Agricultural Economics* 89/1, 63-77
- Messier C., Kneeshaw D.D. 1999. Thinking and acting differently for sustainable management of the boreal forest. *The Forestry Chronicle* 75/6, 929-938
- Metropolis N. 1987. The Beginning of the Monte Carlo Method. In: *Los Alamos Science Special Issue: Stanislaw Ulam 1909-1984*, 15, 125-130
- Metropolis N., Ulam S. 1949. The Monte Carlo Method. *Journal of the American Statistical Association* 44/247, 335-341
- Möhring B. 1986. Dynamische Betriebsklassensimulation. Ein Hilfsmittel für die Waldschadensbewertung und Entscheidungsfindung im Forstbetrieb. *Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben Göttingen* 20
- Möhring B. 2001a. Nachhaltige Forstwirtschaft und Rentabilitätsrechnung - ein Widerspruch? *Allg. Forst- u. Jagd- Ztg.* 172/4, 61-66
- Möhring B. 2001b. The German struggle between the „Bodenreinertragslehre“ (land rent theory) and „Waldreinertragslehre“ (theory of the highest revenue) belongs to the past - but what is left? *Forest Policy and Economics* 2, 195-201
- Moog M. 1997. Forstwirtschaft: Wirtschaften mit naturnahen Ökosystemen, Rundgespräche der Kommission für Ökologie 12, Forstwirtschaft im Konfliktfeld Ökologie-Ökonomie, 37-43
- Moog M. 2004. Ökonomische Bewertung der Waldbehandlungsoptionen unter Berücksichtigung des Bestandesrisikos. In: Felbermeier B., Mosandl R. (Hrsg.) *Ökosystem Management* 1, 102-108
- Mosandl R. 1997. Waldbau zwischen Ökonomie und Ökologie, Rundgespräche der Kommission für Ökologie 12, Forstwirtschaft im Konfliktfeld Ökologie-Ökonomie 107-117
- Mosandl, R. 2000. Waldbauliche Rationalisierungsmöglichkeiten im Bereich der Bestandesbegründung. In: Wagner, S. (Hrsg.) *Perspektiven in der Waldbau-Wissenschaft. Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt*. Beiheft 1, 79-95
- Nielsen C.C.N. 1990. Einflüsse von Pflanzabstand und Stammzahlhaltung auf Wurzelform, Wurzelbiomasse, Verankerung sowie die Biomasseverteilung im Hinblick auf die Sturmfestigkeit der Fichte. *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt* 100. Frankfurt
- Nielsen C.C.N. 1991. Zur Verankerungsökologie der Fichte. *Forst und Holz* 45, 178-182
- Nielsen C.C.N. 1995. Recommendations for stabilisation of Norway spruce stands based on ecological surveys. In: Coutts M.P., Grace J. *Wind and Trees. Selected papers from a conference held at Heriot-Watt University*. Edinburgh, Juli 1993, 424-435
- Oesten G. 1978. Untersuchungen zur Sozialisation von Nachwuchsmitgliedern für die Forstverwaltungen. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Brsg.
- Pflaumer P. 1998. *Investitionsrechnung*. München, Wien
- Quirk J.P., Saposnik R. 1962. *Admissibility and Measurable Utility Functions*. *Review of Economic Studies* 29, 140-146
- Richter A. 1950. *Heinrich Cotta. Leben und Werk eines deutschen Forstmannes*. Radebeul, Berlin
- Rothschild M., Stiglitz J.E. 1970. Increasing Risk: I. A Definition. *Journal of Economic Theory* 2/3, 225-243
- Schmid F., Trede M. 2006. *Finanzmarktstatistik*. Berlin Heidelberg
- Spremann K. 1996. *Wirtschaft, Investition und Finanzierung*. München, Wien
- Vahs D., Schäfer-Kunz J. 2005. *Einführung in die Betriebswirtschaftslehre*. 5. Aufl. Stuttgart
- Waller L.A., Smith D., Childs J.E., Leslie A.R. 2003. *Monte Carlo assessment of goodness-of-fit for ecological simulation models*. *Ecol. Model.* 164, 49-63
- Williams M.R.W. 1981. *Decision-Making in Forest Management*. Chichester
- Wöhe G. 2005. *Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. München