

Die Begründung von Mischbeständen: Eine Möglichkeit zur Minderung von Risiko?

Establishing mixed forest stands: An appropriate method to reduce risk?

Thomas Knoke

Kurzfassung

Vorliegender Beitrag befasst sich mit der Wirkung von Baumartenmischungen auf das Risiko. Als Risiko wurde dabei die Möglichkeit einer Fehlabweichung hinsichtlich des erwarteten Produktionsergebnisses (Ausfallrisiko durch Sturmwurf oder Insektenschäden) bzw. in Bezug auf die erwarteten Produktpreise betrachtet. Untersucht wurden Mischungen aus Fichte und Buche, die durch Anlage von (Rein-)Kulturen aus beiden Baumarten hergestellt wurden. Betrachtet wurde ein Zeitraum von 120 Jahren. Das Risiko wurde mit Hilfe der Standardabweichung der Summen der Barwertüberschüsse (Kapitalwerte) beschrieben, die sich im Zuge von jeweils 1000 Monte-Carlo-Simulationen mit zufallsbehafteten Realisationen der Einzahlungsüberschüsse für jedes betrachtete Mischungsverhältnis ergab. Die zufällige Variation der Einzahlungsüberschüsse wurde durch die Berücksichtigung sowohl der naturalen Ausfallrisiken von Fichte und Buche als auch durch Integration der Fluktuation der Holzpreise erzeugt. Die Korrelation der Holzpreise zwischen Buche und Fichte floss dabei in die Betrachtung ein. Die Ergebnisse zeigten eine erhebliche streuungsmindernde Wirkung der Mischung, die nicht nur durch kompensatorische Effekte durch zufällig, aber in unterschiedliche Richtungen schwankende Holzpreise von Fichte und Buche hervorgerufen wurden. Zum Teil wurde die streuungsmindernde Wirkung auch auf eine durch die Mischung bedingte gleichmäßigere Verteilung der Einzahlungsüberschüsse auf die betrachteten Perioden hervorgerufen. Wird der aus der Investition in die Mischung resultierende Wohlstand anhand des Mittelwertes der Kapitalwerte und eines streuungsproportionalen Risikoabschlags beurteilt, ergab sich bei „normaler“ Risikoaversion ein Wohlstandsmaximum bei einer Mischung von 70 % Fichte und 30 % Buche. Ist die Risikoaversion des Entscheidungsträgers besonders hoch, kann er seinen Wohlstand durch eine Mischung von 50 % Fichte und 50 % Buche maximieren.

Abstract

This paper considers the impact of mixing two tree species on the risk of the investment. Mixtures of Norway spruce and European beech were investigated, which were formed by means of establishing young stands. The time horizon was comprised of 120 years. The risk was measured by the standard deviation of the net present value caused by randomly fluctuating net cash flows, which were generated via 1000 monte-carlo-simulations for each mixture. The random variation of net cash flows was achieved by considering the natural risk of spruce and beech as well as by integrating the fluctuation of stumpage prices. The present correlation between stumpage prices of beech and spruce was explicitly taken into account. The results showed a considerable decrease of the standard deviation of the net present values by specific mixtures. This effect was only partly explained by a more or less weak correlation of stumpage prices for spruce and beech. When a mixture was simulated a more regular distribution of the net cash flows contributed also to the reduction of the standard deviation of net present values. The welfare resulting from an investment into a species mixture may be measured by the mean of the net present value reduced by a risk cost, which is proportional to the variance of the net present values. The welfare was maximised

aus: Deutscher Forstverein e.V.
61. Jahrestagung
Forstwirtschaft im Dialog
gemeinsam die Zukunft
gestalten!

by a mixture of 70% spruce and 30% beech. If the decision-maker's risk-aversion were greater than "normal" he would maximise his welfare by a mixture of 50% spruce and 50% beech.

1 Einleitung

Zahlreiche abiotische und biotische Naturgefahren können im Laufe des Bestandeslebens zu einer Reduktion der erwarteten Wachstumsraten oder gar zum Ausfall der Bäume führen. Die an das relativ kühle Klima von Mittel- bzw. Hochgebirgen angepasste Baumart Fichte ist beim Anbau in tieferen Lagen nicht nur Gefahren durch Schnee- und Eisbruch sowie Windwurf ausgesetzt. In den Tieflagen gewinnen v.a. Ausfallrisiken aufgrund von Dürre und Insekten (Borkenkäfer, Kleine Fichtenblattwespe) erheblich an Bedeutung. Die Einwirkung der genannten Naturgefahren führt bei den in Mitteleuropa üblichen sehr langen Produktionszeiten dazu, dass nur ein Teil der Bestände (Bäume) tatsächlich das Ende des angestrebten Produktionszeitraums erreicht. Der andere Teil fällt aufgrund der genannten Gefahren vorzeitig aus. In diesem Falle entsteht ein Schaden, denn das tatsächlich eingetretene Produktionsergebnis weicht im negativen Sinne von dem erwarteten Ergebnis ab.

Herrscht in einem Produktionsprozess die Gefahr einer solchen Fehlabweichung, deren Eintritt sich mit Hilfe empirisch abgeleiteter oder subjektiv veranschlagter Wahrscheinlichkeiten quantifizieren lässt, sprechen wir von Risiko¹ (Risk-Management-Lexikon, 2003). Risiko wird anhand der Streuung der wirtschaftlichen Ergebnisse (z.B. der erreichten Barwertsummen der Finanzflüsse oder des erzielten Endvermögens) gemessen (Pflaumer, 1992). Die Streuung allein wird aber oft als Risikomaß für wenig aussagekräftig gehalten, denn eine bestimmte Streuung kann eher in Kauf genommen werden, wenn ein hoher Mittelwert der Summe der finanziellen Rückflüsse einer Investition zu erwarten ist. Anhand der Kombination der Streuung der Finanzrückflüsse mit deren Erwartungswert lassen sich so genannte „Verlustwahrscheinlichkeiten“ abschätzen. Diese geben an, mit welcher Wahrscheinlichkeit tatsächlich ein negatives wirtschaftliches Ergebnis eintreten wird, die Investition also unrentabel sein wird.

In der Forstwissenschaft haben sich zur Beschreibung natürlicher Produktionsrisiken die so genannten „Überlebenswahrscheinlichkeiten“ durchgesetzt (Möhring, 1986; König, 1995). Sie bezeichnen die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Bestand ein bestimmtes Alter erreicht. „Überlebenswahrscheinlichkeiten“ sind bereits in forstökonomische Studien zur realistischen Bewertung von Waldbehandlungsalternativen integriert worden (Dieter, 1997; Bräunig und Dieter, 1999; Dieter, 2001). Eine Baumartenmischung könnte in diesem Kontext v.a. dann Vorteile bergen, wenn hierdurch das Ausfallrisiko mindestens einer der miteinander gemischten Baumarten reduziert würde. Während ein solcher Effekt in Bezug auf das Windwurfisiko als unwahrscheinlich erachtet wird (König, 1995), wäre eine Minderung des Schadensrisikos durch die Kleine Fichtenblattwespe durch Beimischung von Laubholz zur Fichte denkbar.

Die Vorteile einer Baumartenmischung werden in der aktuellen forstökonomischen Diskussion aber weniger vor dem Hintergrund der Reduktion bestimmter Naturalrisiken beleuchtet. Vielmehr können vor dem Hintergrund der enormen Holzpreisfluktuation und aufbauend auf den Erkenntnissen der v.a. durch den Amerikaner Harry Markowitz in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts entwickelten Portfolio-Theorie eventuell risikomindernde Effekte einer Baumartenmischung erwartet werden. Werden zwei oder mehrere risikobehaftete Anlagevermögen miteinander gemischt, summieren sich die zufalls-(risiko-)behafteten Finanzrückflüsse der Einzelanlagen (je nach Betrachtungsweise zu einer Barwertsumme oder zu einem Endvermögen). Weichen nun die risikobehafteten Finanzrückflüsse zweier Anlagen entweder zufällig oder systematisch in unter-

schiedliche Richtungen vom erwarteten Finanzrückfluss ab, so können sich streuungs- und damit risikomindernde Wirkungen der Mischung ergeben. Diese Wirkungen werden als „Diversifikationseffekte“ bezeichnet (z.B. Spremann, 1996, S. 510).

Eine für die mitteleuropäische Forstökonomie beispielhafte Studie zur Untersuchung solcher Effekte in Bezug auf Forstbetriebe hat Weber (2001) vorgelegt. Er berechnete „Forst-Performance-Indices“ für die in Deutschland vorkommenden Hauptbaumarten. Dazu bewertete er eine kalkulatorisch nachhaltig einschlagbare Holzmenge für jede Hauptbaumart mit einem jährlich variierenden Holzpreis (hierzu wurden zurückliegende Preisentwicklungen verwendet), betrachtete zudem die durch die Holzpreisentwicklung bedingte Vermögensänderung und berechnete so – unter Abzug typischer Betriebsausgaben – die laufende Rendite einer Anlage in Wald einer bestimmten Baumart. Die Streuung dieser Rendite wurde letztlich durch die Holzpreisvariation bedingt.

Eine Risikominderung durch Mischung ergibt sich bei dieser Betrachtung immer dann, wenn die Holzpreisentwicklung für die gemischten Baumarten nicht gleichsinnig verläuft. In diesem Falle korrelieren die für die gemischten Baumarten erzielbaren Holzpreise nur unvollständig oder im günstigsten Falle sogar negativ miteinander. Die Finanzrückflüsse bei bestimmten Mischungsverhältnissen streuen unter dieser Voraussetzung im Vergleich zu den jeweils nur aus einer Baumart bestehenden Betrieben weniger stark.

In der Praxis erfolgt die Beimischung von Baumarten in einem Forstbetrieb zumeist durch Begründung von Mischbeständen oder durch die Anlage einer aus der Mischbaumart bestehenden Kultur. Der von Weber (2001) angenommene Ankauf von mehr oder weniger nachhaltig aufgebauten Betriebsteilen, die aus den jeweils zu mischenden Baumarten bestehen, ist bislang eher selten, zumal wirklich nachhaltig (normal) aufgebaute Betriebe kaum zu finden sind. Es erscheint deshalb interessant zu untersuchen, ob sich „Diversifikationseffekte“ auch durch die Begründung von Mischungen im Zuge der Kulturanlage erwarten lassen, wobei es sich aber nicht notwendig um Mischbestände handeln muss. Vielmehr sind „Diversifikationseffekte“ auch bei großflächigen Mischungen zu erwarten, die sich aus mehreren Reinbeständen mit jeweils unterschiedlichen Baumarten zusammensetzen. Mit der Kulturbegründung beginnend, wird das gesamte Bestandesleben betrachtet. Somit ist ein dynamischer Bewertungsansatz erforderlich. Auf diesem Ansatz basierend, soll die Wirkung einer Baumartenmischung aus Fichten- und Buchenbeständen auf die Streuung der Finanzrückflüsse exemplarisch untersucht werden. Ziel des Beitrages ist es dabei, die folgende Hypothese zu prüfen:

Hypothese „Eine Mischung aus Fichten- und Buchenbeständen führt zu keinen Diversifikationseffekten.“

Zunächst wird im Folgenden etwas genauer auf den Untersuchungsansatz eingegangen. Dann wird die theoretische Wirkung von gemischte Anlagen auf die Streuung der Finanzrückflüsse demonstriert. Die Ergebnisse des Beitrags untergliedern sich in die Analyse der Wirkung der Baumartenmischung auf die Streuung der Barwertsummen unter verschiedenen Annahmen und die exemplarische Untersuchung der Frage, welche Mischung vorteilhaft wäre. Der Beitrag wird durch eine Diskussion abgeschlossen, die versucht eine Antwort auf die oben formulierte Hypothese zu geben.

2 Methodik und verwendetes Datenmaterial

Im Folgenden wird die Kulturbegründung als eine Investition aufgefasst, deren Vorteilhaftigkeit mit Hilfe der Summe der Barwerte der durch die Kultur hervorgerufenen Zahlungsströme (Kapitalwert 2) gemessen werden soll. Die erwartete Streuung der Summe der Barwerte der Finanzflüsse und

die Wahrscheinlichkeit, mit der ein negativer Barwert eintritt (Verlustwahrscheinlichkeit) werden zur Beschreibung des Risikos herangezogen. Beide Kennwerte werden basierend auf der Methode der Monte-Carlo-Simulation abgeschätzt.

2.1 Finanzielle Konsequenzen der Bestandesbegründung als Realisationen mehrerer Zufallsvariablen

Durch die Monte-Carlo-Simulation können zufallsbehaftete Realisationen einer Variablen (z.B. von Zahlungsströmen) in annähernd beliebiger Häufigkeit generiert werden. Als Ausgangspunkt der Simulation wurden erwartete Zahlungsströme sowohl für einen Fichten- (Produktionszeit 100 Jahre) als auch für einen Buchenbestand (Produktionszeit 120 Jahre) verwendet (Abb. 1). Diese Zahlungsströme wurden für die Fichte aus dem Zukunftsorientierten Forstlichen Entscheidungsunterstützungssystem (ZEUS, Wuchsreihe Fichte 3) entnommen, für die Buche diente die Arbeit von Knoke (2003) als Grundlage. Insgesamt wurden zwölf Perioden (120 Jahre) betrachtet.

Als naturales Produktionsrisiko wurde das Windwurf- und Insektenfraßrisiko mit Hilfe von Überlebenswahrscheinlichkeiten berücksichtigt, die Dieter (2001) publiziert hat (Abb. 2). Die von Dieter verwendeten Überlebenswahrscheinlichkeiten für die Fichte erschienen sehr optimistisch. Es wurde daher eine weitere Variante betrachtet, bei der die Überlebenswahrscheinlichkeit für die Fichte wesentlich stärker mit dem Alter absinkt (gestrichelte Linie in der Abb. 2).

Als aktuelle Ausfallwahrscheinlichkeit in einer bestimmten Periode wurde die „Übergangswahrscheinlichkeit“ anhand der Entwicklung der „Überlebenswahrscheinlichkeit“ berechnet. Die „Übergangswahrscheinlichkeit“ bezeichnet diejenige Wahrscheinlichkeit, mit der ein Windwurfschaden in einer bestimmten Periode eintritt. Sie wurde anhand der Differenz der Überlebenswahrscheinlichkeit nach 10 Jahren $\bar{U}(t+10)$ und der aktuellen Überlebenswahrscheinlichkeit $\bar{U}(t)$ berechnet, die durch $\bar{U}(t)$ geteilt wurde. Hierdurch ergab sich die aktuelle Ausfallwahrscheinlichkeit innerhalb einer Periode, die als Erwartungswert in eine auf der Binomialverteilung fußende Zufallszahlenfunktion mit den möglichen Ergebnissen 0 (kein Schaden) und 1 (Schaden) eingesetzt wurde. Im Falle eines Schadens erfolgte im Anhalt an Dieter (1997) eine Bewertung des zu erwartenden Einzahlungsüberschusses mit der Hälfte des Abtriebswertes, der ohne Schaden hätte realisiert werden könne. Nach Eintritt eines Schadereignisses wurde das Bestandesalter auf Null gesetzt und Auszahlungen für eine erneute Kulturbegründung wurden veranschlagt (2000 Euro/ha im Falle der Fichte und 3500 Euro/ha im Falle der Buche). Die Simulation wurde nach Eintritt des Schadens bis zum Erreichen der zwölften Periode fortgesetzt.

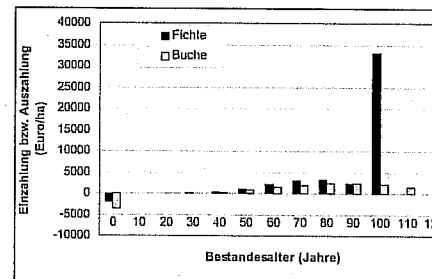


Abbildung 1. Erwartete Zahlungsströme für Fichte und Buche (bei Sicherheit)

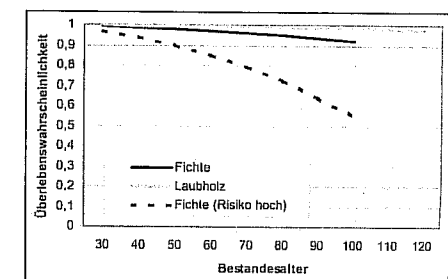


Abbildung 2. Überlebenswahrscheinlichkeiten für Fichte und Buche (nach Dieter, 2001, verändert)

Ein wesentliches Element der Monte-Carlo-Simulation bildete die Erzeugung zufällig variierender Holzpreise (Holzpreisszenarien). Forstliche Maßnahmen fanden bei dieser Simulation in einem festen zeitlichen Abstand von 10 Jahren statt (fixe Zeitstruktur). Es war deshalb nicht nötig, Korrelationen der Holzpreise von Periode zu Periode zu berücksichtigen (vgl. auch Knoke, Moog und Plusczyk, 2001). Für die Fichte wurde von einem Erwartungswert des Holzpreises (für die Sorte H4) in Höhe von 65 Euro/Efm ausgegangen (dies ist der mittlere Holzpreis der Jahre 1953 bis 2002). Als Standardabweichung ergab sich $\pm 17,64$ Euro/Efm. Der bei jedem Eingriff aktuell erzielbare Holzpreis für die Fichte wurde auf der Basis dieser Verteilungsparameter als Zufallsvariable anhand einer Normalverteilung simuliert.

Vor dem Hintergrund des angestrebten „Diversifikationseffektes“ kam es darauf an, den für die beizumischende Buche erwarteten Holzpreis so zu schätzen, dass die Korrelation der Holzpreise zwischen Buche und Fichte angemessen berücksichtigt wurde. Die Wichtigkeit einer tref-

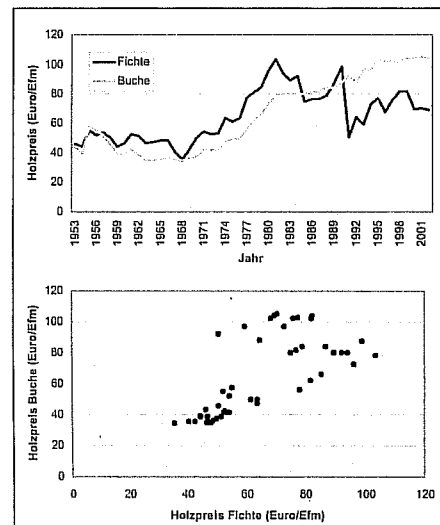


Abbildung 3. Entwicklung der Holzpreise für Leitsortimente von Fichte (H4) und Buche (L3b) innerhalb der Bayerischen Staatsforstverwaltung (oben) und Beziehung der Holzpreise der Buche zu denen der Fichte (unten)

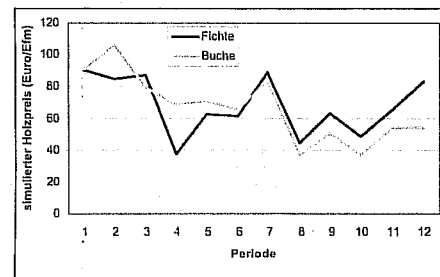


Abbildung 4. Beispiel eines Holzpreisszenarios für Fichte und Buche über 120 Jahre

findenden Abbildung der Korrelation zwischen den Holzpreisen beider Baumarten wird aus dem folgenden Abschnitt noch hervorgehen, denn wenn die Holzpreise von Buche und Fichte sehr stark korrelieren würden, könnte kein „Diversifikationseffekt“ erwartet werden. Zunächst wurden die in Abbildung 3 (oben) dargestellten Holzpreise analysiert, um eine Vorstellung über die Straffheit der Holzpreiskorrelation für Buchen- und Fichtenholz zu erhalten. Wie die Abbildung 3 zeigt, ist zwar tatsächlich eine gewisse Korrelation der Holzpreise für Buche und Fichte vorhanden, aber keine besonders straffe. Anhand der in der Vergangenheit erzielten Holzpreise wurde nun ein Regressionsmodell erstellt, welches den Holzpreis der Fichte in einem bestimmten Jahre als erklärende und den der Buche in demselben Jahr als zu erklärende Variablen enthielt. Hierdurch ergab sich eine in etwa durch den Ursprung verlaufende Funktion mit einer Steigung von ungefähr 1. Das Bestimmtheitsmaß der Regression betrug 0,49, der Korrelationskoeffizient war folglich +0,7. Es verblieb jedoch eine nicht durch die Holzpreise der Fichte erklärte Reststreuung in Höhe von $\pm 19,61$ Euro/Efm, die auf den Zufall zurückgeführt wurde. Der zufallsbehaftete Holzpreis der Buche wurde aufgrund dieser Ergebnisse bei jedem Eingriff anhand einer Normalverteilung generiert, deren Mittelwert anhand des simulierten Holzpreises der Fichte geschätzt wurde und deren Standardabweichung 19,61 betrug. Ein Beispiel für eine solches Holzpreisszenario über die 12 betrachteten Perioden hinweg enthält Abbildung 4.

Insgesamt wurden basierend auf diesen Grundlagen für jedes Mischungsverhältnis 1000 unterschiedliche, zufällig variierende Szenarien berechnet. Die gemäß Abbildung 1 zu erwartenden Einzahlungsüberschüsse wurden dann mit Hilfe eines Quotienten aus dem zufallsbehafteten simulierten Holzpreis und dem erwarteten Holzpreis korrigiert, so dass sich für die Zahlungen ebenfalls eine zufallsbedingte Variation ergab.

Zur Bildung der Barwerte der Finanzströme wurden schließlich alle zufallsbehafteten Einzahlungen mit Hilfe eines Zinssatzes in Höhe von 2 % auf den Beginn des Betrachtungszeitraumes abgezinst und den anfänglich zur Kulturbegründung notwendigen Auszahlungen gegenübergestellt (2000 Euro/ha für Fichte und 3500 Euro/ha für Buche), um die Summe der Barwerte als den Kapitalwert der Investition zu erhalten.

2.2 Zur Theorie der Wirkung von Mischungen auf die Streuung von Finanzflüssen

Als Maß für die Streuung eines Merkmals wird die Varianz (v) oder die Standardabweichung (s) verwendet. Die Varianz der Finanzrückflüsse einer Mischung aus den Anlagen 1 und 2 mit den Anteilen a und b sowie den Finanzrückflüssen F_1 und F_2 ergibt sich nach folgender Formel (vgl. Spremann, 1996):

$$v(a \cdot F_1 + b \cdot F_2) = a^2 \cdot s_{F_1}^2 + b^2 \cdot s_{F_2}^2 + 2 \cdot r \cdot a \cdot b \cdot s_{F_1} \cdot s_{F_2}$$

a bzw. b	Anteile der Anlage ($a+b=1$)
$v(a \cdot F_1 + b \cdot F_2)$	Varianz der Finanzrückflüsse der Mischung
s_{F_1} bzw. s_{F_2}	Standardabweichung der Finanzrückflüsse F_1 bzw. F_2
r	Korrelationskoeffizient zwischen den Finanzrückflüssen der Investitionen 1 und 2

Aus der obigen Formel ist zu erkennen, dass es zu einer reinen Addition der anteiligen Streuungen (mit Streuung ist im Folgenden immer die Standardabweichung gemeint) der Finanzrückflüsse beider Anlagen nur dann kommen kann, wenn der Korrelationskoeffizient $r = +1$ ist. Dann ergibt sich für die Varianz v :

$$v(a \cdot F_1 + b \cdot F_2) = (a \cdot s_{F_1} + b \cdot s_{F_2})^2$$

Und für die Standardabweichung s :

$$s(a \cdot F_1 + b \cdot F_2) = (a \cdot s_{F_1} + b \cdot s_{F_2})$$

Sobald r aber kleiner ist als 1, ergibt sich theoretisch eine Streuungsreduktion durch die Mischung, also der angestrebte Diversifikationseffekt. In diesem Falle weichen die zufallsbehafteten Finanzrückflüsse der beiden Anlagen zu einem gewissen Anteil in unterschiedlicher Richtung von dem erwarteten Rückfluss ab. Hierdurch ergibt sich hinsichtlich der Streuung ein kompensatorischer Effekt. Bei einem r von -1 , gleichen Mischungsanteilen beider Anlagen und identischen Streuungen der Finanzrückflüsse ergibt sich sogar eine totale Kompensation der Streuung. Sind die Streuungen beider Anlagen aber unterschiedlich hoch, ist auch theoretisch eine totale Streuungskompensation nur annähernd erreichbar. Zur Verdeutlichung der beschriebenen Zusammenhänge soll Abbildung 5 dienen.

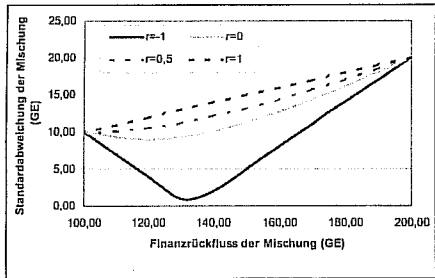


Abbildung 5. Wirkung der Korrelation Finanzrückflüsse bei Mischung zweier risikobehafteter Anlagen

der Anteil von F2 in 10 %-Stufen erhöht bis schließlich 100 % der Anlage F2 erreicht sind (rechter Bereich der Abbildung). Bei einem Korrelationskoeffizienten von $r = -1$ führt eine Mischung von 70 % F1 und 30 % F2 annähernd zu einer Elimination der Streuung und damit des Risikos. Steigt der Korrelationskoeffizient jedoch an, so lassen die Diversifikationseffekte nach, bis schließlich bei einem r von $+1$ die Standardabweichung der Mischung den anteiligen Standardabweichungen der Einzelanlagen entspricht und gar kein Diversifikationseffekt mehr auftritt. Eine Mischung wäre dann genauso gut oder schlecht wie die jeweilige Einzelanlage. Es wird deutlich, dass auch im Falle positiver, aber von 1 abweichender Korrelationen noch Diversifikationseffekte (also Streuungsminderungen durch Mischung) auftreten, wenngleich diese nur gering ausfallen.

3 Ergebnisse

3.1 Wirkung der Mischung auf die Standardabweichung der Barwertsummen

Im Folgenden soll also mit Hilfe der Methode der Monte-Carlo-Simulation untersucht werden, ob trotz der positiven Korrelation der Holzpreise zwischen Buche und Fichte nennenswerte Diversifikationseffekte durch Mischungen beider Baumarten erreicht werden können. Dazu werden zunächst die Ergebnisse von Simulationsserien mit relativ geringem Ausfallrisiko für die Fichte dargestellt. Dann werden die Resultate bei deutlich höherem Ausfallrisiko für die Fichte präsentiert. Schließlich wird für die Fichte die Möglichkeit der natürlichen Verjüngung angenommen.

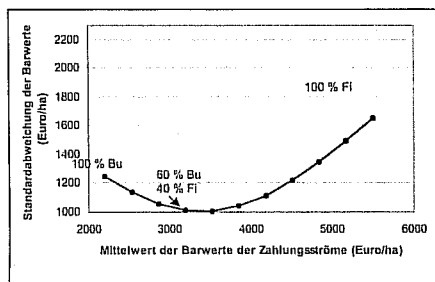


Abbildung 6. Mittelwerte der Barwertsummen der Finanzströme (Kapitalwerte) bei verschiedenen Mischungsverhältnissen zwischen Fichte und Buche sowie die resultierende Standardabweichung der Barwertsummen der Mischungen

Hier sind die Standardabweichungen der Finanzrückflüsse verschiedener Mischungen aus zwei risikobehafteten Anlagen dargestellt (F1 mit einem Finanzrückfluss von 100 Geldeinheiten (GE) und einer Standardabweichung von 10 GE sowie F2 mit 200 GE Finanzrückfluss und einer Standardabweichung von 20 GE). Die vier verschiedenen Linien gelten für unterschiedliche Korrelationskoeffizienten zwischen beiden Finanzrückflüssen.

Mit einem Anteil von 100 % der Anlage F1 beginnend (linker Bereich der Abbildung), wird der Anteil von F2 in 10 %-Stufen erhöht bis schließlich 100 % der Anlage F2 erreicht sind (rechter Bereich der Abbildung). Bei einem Korrelationskoeffizienten von $r = -1$ führt eine Mischung von 70 % F1 und 30 % F2 annähernd zu einer Elimination der Streuung und damit des Risikos. Steigt der Korrelationskoeffizient jedoch an, so lassen die Diversifikationseffekte nach, bis schließlich bei einem r von $+1$ die Standardabweichung der Mischung den anteiligen Standardabweichungen der Einzelanlagen entspricht und gar kein Diversifikationseffekt mehr auftritt. Eine Mischung wäre dann genauso gut oder schlecht wie die jeweilige Einzelanlage. Es wird deutlich, dass auch im Falle positiver, aber von 1 abweichender Korrelationen noch Diversifikationseffekte (also Streuungsminderungen durch Mischung) auftreten, wenngleich diese nur gering ausfallen.

Mit einem Anteil von 100 % der Anlage F1 beginnend (linker Bereich der Abbildung), wird

der Anteil von F2 in 10 %-Stufen erhöht bis schließlich 100 % der Anlage F2 erreicht sind (rechter Bereich der Abbildung). Bei einem Korrelationskoeffizienten von $r = -1$ führt eine Mischung von 70 % F1 und 30 % F2 annähernd zu einer Elimination der Streuung und damit des Risikos. Steigt der Korrelationskoeffizient jedoch an, so lassen die Diversifikationseffekte nach, bis schließlich bei einem r von $+1$ die Standardabweichung der Mischung den anteiligen Standardabweichungen der Einzelanlagen entspricht und gar kein Diversifikationseffekt mehr auftritt. Eine Mischung wäre dann genauso gut oder schlecht wie die jeweilige Einzelanlage. Es wird deutlich, dass auch im Falle positiver, aber von 1 abweichender Korrelationen noch Diversifikationseffekte (also Streuungsminderungen durch Mischung) auftreten, wenngleich diese nur gering ausfallen.

3.1 Wirkung der Mischung auf die Standardabweichung der Barwertsummen

Im Folgenden soll also mit Hilfe der Methode der Monte-Carlo-Simulation untersucht werden, ob trotz der positiven Korrelation der Holzpreise zwischen Buche und Fichte nennenswerte Diversifikationseffekte durch Mischungen beider Baumarten erreicht werden können. Dazu werden zunächst die Ergebnisse von Simulationsserien mit relativ geringem Ausfallrisiko für die Fichte dargestellt. Dann werden die Resultate bei deutlich höherem Ausfallrisiko für die Fichte präsentiert. Schließlich wird für die Fichte die Möglichkeit der natürlichen Verjüngung angenommen.

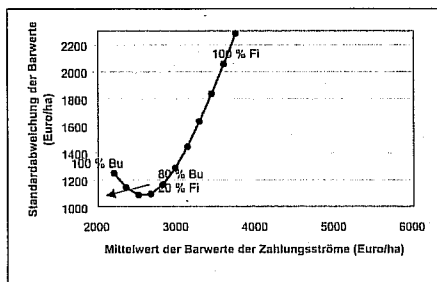


Abbildung 7. Mittelwerte der Barwertsummen der Finanzströme (Kapitalwerte) bei verschiedenen Mischungsverhältnissen zwischen Fichte und Buche sowie die resultierende Standardabweichung der Barwertsummen der Mischungen bei hohem Ausfallrisiko der Fichte

Ausfallrisiko für Fichte gering

Werden die von Dieter (2001) verwendeten Überlebenswahrscheinlichkeiten unterstellt, ergibt sich mit rund 5500 Euro/ha ein relativ hoher Mittelwert der Barwertsummen für die reine Fichte. Der Mittelwert ist aber mit einer Streuung von gut 1600 Euro behaftet. Eine Anlage aus 100 % Fichte wird in Abbildung 6 durch den Punkt rechts oben bezeichnet. Je mehr Buchenbestände beigemischt werden, um so niedriger wird die Streuung der Finanzrückflüsse; aber auch der Mittelwert der Barwertüberschüsse sinkt.

Bei einer Mischung von 40 % Fichte und 60 % Buche hat die Streuung der Finanzrückflüsse ein Minimum erreicht. Die Streuung wird durch diese Mischung im Vergleich zur Investition in reine Fichte um 64 und im Vergleich zur Anlage der Geldmittel in reiner Buche um 24 % reduziert. Der Mittelwert der Kapitalwerte erreicht bei einem Minimum der Streuung (Mischung 40 % Fichte und 60 % Buche) jedoch nur noch gut 60 % des Maximums, welches sich beim Anbau reiner Fichte einstellen würde. Wird ein Anteil von mehr als 60 % an Buchenbeständen beigemischt, steigt die Streuung bei sinkendem Erwartungswert der Kapitalwerte an. Mischungen mit über 60 % Buche wären vor diesem Hintergrund also nicht effizient.

Die streuungsmindernde Wirkung der Mischung fällt in Anbetracht der positiven Korrelation der Holzpreise von Buche und Fichte ($r = +0,7$) überraschend hoch aus. Mögliche Gründe für dieses Ergebnis werden in der Diskussion noch näher erörtert.

Ausfallrisiko für Fichte hoch

Wird ein deutlich höheres Ausfallrisiko für Fichte unterstellt, indem Überlebenswahrscheinlichkeiten angenommen werden, die der gestrichelten Linie in Abbildung 2 folgen, so fällt der Mittelwert der Kapitalwerte für Fichte von rund 5500 auf etwa 3700 Euro/ha ab (Abb. 7).

Gleichzeitig steigt die Standardabweichung der Kapitalwerte von 1650 auf etwa 2300 Euro/ha an. Eine Beimischung von Buchenbeständen wirkt in dieser Situation deutlich stärker streuungsmindernd. Ein Minimum der Standardabweichung der Kapitalwerte wird nun bei einer Mischung von 20 % Fichte und 80 % Buche erreicht. Die Streuung wird in diesem Punkt auf weniger als die Hälfte reduziert, aber auch der Mittelwert der Kapitalwerte fällt von etwa 3700 auf rund 2500 Euro/ha ab.

Ausfallrisiko für Fichte hoch, Naturverjüngung bei Fichte möglich

Im Gegensatz zu den oben vorgestellten Simulationsserien wurde im Folgenden von der Möglichkeit der Naturverjüngung bei Fichte ausgegangen. Anstatt der zunächst veranschlagten 2000 Euro/ha an Kulturkosten wurden lediglich Auszahlungen von 500 Euro für das Freischneiden eventuell zu dichter Naturverjüngung als anfängliche Auszahlung angesetzt. Der Mittelwert der Kapitalwerte für die reine Fichte erhöhte sich dadurch direkt um 1500 Euro/ha (von 3744 auf 5244 Euro/ha). An den Mischungsverhältnissen zur Erreichung eines Streuungsminimums änderte sich durch diese Variation jedoch nichts.

3.2 Auswahl einer vorteilhaften Mischung

Aus den bislang präsentierten Ergebnissen lässt sich noch nicht direkt ersehen, welche Mischung für einen Entscheidungsträger vorteilhaft wäre. Im Folgenden werden deshalb zum einen Verlustwahrscheinlichkeiten berechnet, die angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Investition in eine bestimmte Mischung unrentabel ist (was durch einen negativen Kapitalwert angezeigt wird). Zum anderen wird eine Näherungsformel vorgestellt, durch die der so genannte zu maximieren-

de „Endwohlstand“ aus einer Investition kalkuliert werden kann (vgl. Spremann, 1996, S. 512). Als Endwohlstand wird die Summe der auf das Ende des Betrachtungshorizontes prolongierten Finanzflüsse bezeichnet. In diesem Beitrag wird der „Endwohlstand“ aber durch die Summe der Barwerte der Finanzflüsse, also durch den Kapitalwert, ersetzt und als „Wohlstand“ bezeichnet. Als Grundlage für die folgenden Berechnungen wurde das Beispiel mit hohem Ausfallrisiko der Fichte herangezogen (vgl. Abb. 7).

Verlustwahrscheinlichkeiten

Zur Berechnung etwaiger Verlustwahrscheinlichkeiten war es notwendig, auch die neben den bisher berücksichtigten direkt mit der Holzernte und Bringung bzw. mit der Kulturbegründung verbundenen Auszahlungen anfallenden Zahlungen in Ansatz zu bringen. Hierfür wurde davon ausgegangen, dass bei jedem Eingriff zusätzliche Auszahlungen (z.B. für das Auszeichnen der Bestände) in Höhe von 200 Euro/ha anfallen. Der Barwert dieser Auszahlungen betrug damit rund 1028 Euro/ha. Er wurde von den jeweils simulierten Kapitalwerten abgesetzt. Unter Berücksichtigung der individuellen Standardabweichungen der Kapitalwerte der jeweiligen Mischung ergaben sich dann die in Abbildung 8 dargestellten relativen Häufigkeiten für negative Kapitalwerte, die als Verlustwahrscheinlichkeiten interpretiert wurden.

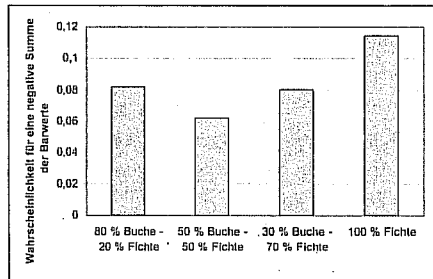


Abbildung 8. Relative Häufigkeiten (Wahrscheinlichkeiten) negativer Barwertsummen (Kapitalwerte) bei verschiedenen Mischungsverhältnissen zwischen Fichte und Buche

Maximierung des Wohlstandes

Im Anhalt an Spremann (1996, S. 512) wurde die folgende, etwas veränderte und zu maximierende Näherungsformel zur Kalkulation des „Wohlstandes“ (f) aus einer Mischanlage verwendet:

$$f(F1, F2) = E[C_{F1, F2}] - \frac{a}{2} \cdot s_{F1, F2}^2$$

- $f(F1, F2)$ Wohlstand, der Mischanlage (F1, F2) hervorgerufen wird
- $E[C_{F1, F2}]$ Erwartungswert bzw. Mittelwert der Kapitalwerte der Finanzrückflüsse der Mischung
- $\frac{a}{2} \cdot s_{F1, F2}^2$ Varianzproportionaler Risikoabschlag, a ist dabei eine von dem Grad der Risikoaversion abhängige Konstante die zwischen 1/Anlagebetrag (bei den meisten Menschen) und 2/Anlagebetrag (bei sehr risikoscheuen Menschen) schwankt

Die Formel zur Berechnung des „Wohlstandes“ berücksichtigt neben dem Erwartungswert (also dem Mittelwert) der Kapitalwerte auch dessen Streuung, indem ein zur Varianz der Kapitalwerte proportionaler Risikoabschlag vorgenommen wird. Als Proportionalitätskonstante wird a/2 verwendet. Soweit a größer als Null angenommen wird, wird implizit Risikoaversion unterstellt. Bei den meisten Menschen entspricht a dem Wert 1/(Höhe des Anlagebetrages). Liegt große Risikoscheu vor, kann a den Wert 2/(Höhe des Anlagebetrages) annehmen (Dieter, 1997, S. 62). Als Anlagebetrag können wir in unserem Beispiel die Kulturauszahlungen (c) betrachten. Für eine reine Fichtenkultur würde a damit zwischen 1/2000 und 2/2000 schwanken, für die Anlage einer reinen Buchenkultur läge a zwischen 1/3500 und 2/3500.

Wird „normale“ Risikoaversion unterstellt (a=1/c), ergibt sich ein Maximum des Wohlstandes bei einer Mischung von 70 % Fichte und 30 % Buche (Abb. 9). Noch bei einer Mischung von 30 % Fichte und 70 % Buche wird in etwa derselbe Wohlstand erreicht, wie bei Investition in 100 % Fichte. Nehmen wir eine noch größere Risikoaversion des Entscheidungsträgers an (a=2/c), so resultiert aus einer Mischung von 50 % Fichte und 50 % Buche der maximale Wohlstand. Eine Investition in reine Buche wäre in diesem Falle sogar einer Investition in reine Fichte überlegen.

4 Diskussion

Die eingangs aufgestellte Hypothese:

H₀: „Eine Mischung aus Fichten- und Buchenbeständen führt zu keinen Diversifikationseffekten“ konnte klar widerlegt werden. Die streuungsmindernde Wirkung der Mischung aus Fichte und Buche fiel vor dem Hintergrund der positiven Korrelation der Holzpreise für Buche und Fichte sowie in Anbetracht der von Weber (2001) erzielten Resultate sogar deutlich höher als erwartet aus. Dies kann mit der Existenz von Diversifikationseffekten begründet werden, die nicht direkt durch die Baumartenmischung hervorgerufen werden. Denn die hier untersuchte Mischung führt durch die unterschiedlichen Produktionszeiträume mittelbar auch zu einer etwas gleichmäßigeren Verteilung der erwarteten Einzahlungsüberschüsse auf die zwölf betrachteten Perioden. Dieser diversifizierende Effekt einer gleichmäßigeren Verteilung der Einzahlungsüberschüsse auf die Perioden soll am Beispiel der Abbildung 10 erläutert werden.

Die starke Konzentration der Einzahlungsüberschüsse auf die Endnutzung (Alter 100) im Falle der Investition in reine Fichte birgt das Risiko eines unerwartet niedrigen Holzpreises zu die-

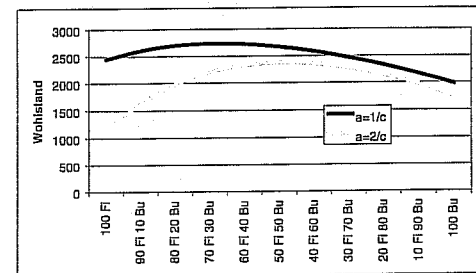


Abbildung 9. Entwicklung des „Wohlstandes“ (Mittelwert der Kapitalwerte minus streuungsabhängigem Risikoabschlag) bei verschiedenen Mischungen und unterschiedlichem Grad der Risikoaversion (a = risikoaversionsabhängige Konstante, c = anteilige Kulturauszahlungen)

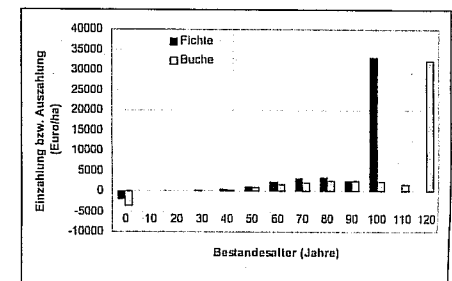


Abbildung 10. Erwartete Zahlungsströme (ohne Risiko) bei einer Mischung von 40 % Fichte und 60 % Buche im Vergleich zur reinen Fichte

sem Zeitpunkt. Dagegen erscheint es bei einer mehr oder weniger gleichmäßigen Aufteilung der Einzahlungsüberschüsse auf die Alter 100 und 120, die bei einer Mischung aus 40 % Fichte und 60 % Buche entsteht, weniger wahrscheinlich, dass zu beiden Zeitpunkten nur ein sehr niedriger Holzpreis zu erzielen ist.

Diese Interpretation der Diversifikationseffekte macht aber auch auf einen wesentlichen Nachteil der vorgestellten Simulation aufmerksam: Der simulierte Holzeinschlag erfolgte zu festen Zeitpunkten, egal wie hoch der erzielbare Holzpreis gerade war. Angemessener wäre sicherlich die Annahme bestimmter Mindestpreise gewesen, deren Unterschreitung zu einem Ernteaufschub geführt hätte. Dies unterstellten z.B. Knoke und Peter (2002) in einer Studie zum optimalen Erntezeitpunkt für Kiefern-Überhälter. Ein flexibler, vom Marktpreis abhängiger Holzeinschlag hätte aber zu einer wesentlichen Komplizierung der Simulationen geführt. Eingriffe zu frei wählbaren Zeitpunkten hätten jeweils unterschiedliche Prognosen der darauf folgenden Bestandesentwicklung erforderlich gemacht, so dass für jedes Mischungsverhältnis u.U. 1000 verschiedene Bestandesprojektionen hätten erstellt werden müssen.

Ein vom Marktpreis abhängiges Einschlagsverhalten hätte aber zu einer Reduktion der Streuung der Einzahlungsüberschüsse und auch zu einer Erhöhung der Kapitalwerte geführt. Bei den tatsächlich vorgestellten Berechnungen handelt es sich also um konservative, eher pessimistische Schätzungen. Zudem muss beachtet werden, dass ein vom Marktpreis abhängiges Einschlagsverhalten eine Ausweitung der Holzernte innerhalb der Bestände der Baumart bedingt hätte, für die gerade der höhere Holzpreis erzielbar wäre. Der Einschlag innerhalb der Bestände der anderen Baumart, für die der niedrigere Holzpreis erzielbar wäre, würde dagegen zurückgenommen. Ein solchermaßen differenzierter Holzeinschlag hätte aber zweifelsohne zu einer Verstärkung der schon bei dem geprüften passiven Einschlags-Konzept deutlich nachweisbaren Diversifikationseffekte geführt.

Die oben präsentierten, die Vorteile von Mischungen unterstreichenden Resultate sollen jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass erst zukünftige Generationen in den Genuss dieser Vorteile (also der Diversifikationseffekte) aus den heutigen Bemühungen zur Herstellung von Baumartenmischungen kommen werden. So dürfen die ersten Einzahlungsüberschüsse aus heute begründeten Buchenbeständen erst in etwa 50 Jahren erwartet werden. Sind Diversifikationseffekte aber bereits unmittelbar erwünscht, sollte der Zukauf bereits älterer Bestände der beizumischenden Baumart erwogen werden.

PD Dr. Thomas Knoke, Forstrat

Technische Universität München

Am Hochanger 13, 85354 Freising

Tel.: 08161/71-4700, Fax: 08161/71-4616, E-Mail: knoke@wbfe.forst.tu-muenchen.de

Literatur

- Bräunig, R. und Dieter, M. (1999): Waldumbau, Kalamitätsrisiken und finanzielle Erfolgskennzahlen – Eine Anwendung von Simulationsmodellen auf Daten eines Forstbetriebes. Schriften zur Forstökonomie Bd. 18. Frankfurt/Main: Sauerländer's.
- Dieter, M. (1997): Berücksichtigung von Risiko bei forstbetrieblichen Entscheidungen. Schriften zur Forstökonomie Bd. 16. Frankfurt/Main: Sauerländer's.
- Dieter, M. (2001): Land expectation values for spruce and beech calculated with Monte Carlo modelling techniques. *Forest Policy and Economics* 2: 157-166.
- Knoke, T. (2003): Eine Bewertung von Nutzungsstrategien in Buchenbeständen (*Fagus sylvatica* L.) vor dem Hintergrund des Risikos der Farbkernbildung – eine waldbaulich-forstökonomische Studie. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 193.
- Knoke, T. und Peter, R. (2002): Zum optimalen Zieldurchmesser bei fluktuierendem Holzpreis – eine Studie am Beispiel von Kiefern-Überhältern (*Pinus sylvestris* L.). *Allg. Forst- u. J. Ztg.* 173: 21-28.
- Knoke, T., Moog, M. und Plusczyk, N. (2001): On the effect of volatile stumpage prices on the economic attractiveness of a silvicultural transformation strategy. *Forest Policy and Economics* 2: 229-240.
- König, A. (1995): Sturmgefährdung von Beständen im Altersklassenwald: Ein Erklärungs- und Prognosemodell. Frankfurt/Main: Sauerländer's.
- Möhring, B. (1986): Dynamische Betriebsklassensimulation – Ein Hilfsmittel für die Waldschadensbewertung und Entscheidungsfindung im Forstbetrieb. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme-Waldsterben der Universität Göttingen Band 20.
- Pflaumer, P. (1992): Investitionsrechnung. München, Wien: Oldenbourg.
- Risk-Management-Lexikon (2003): <http://www.risknet.de>
- Spremann, K. (1996): *Wirtschaft, Investition und Finanzierung*. 5., vollständig überarbeitete, ergänzte und aktualisierte Auflage. München und Wien: Oldenbourg.
- Weber, M.-W. (2001): Anwendung von Portefeuille- und Optionspreis-Theorie auf Diversifikations- und Investitionsentscheidungen. Dissertation am Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt.

Anmerkungen

- Manche Autoren definieren Risiko allgemein als eine Situation unter Unsicherheit, in der eine Entscheidung getroffen werden muss, in der der Entscheidungsträger aber in der Lage ist, bestimmten zukünftigen Umweltzuständen subjektive oder objektive Wahrscheinlichkeiten zuzuordnen. Risiko umfasst bei dieser Definition nicht nur die Verlustgefahr, sondern auch die Chance ein unerwartet günstiges Ergebnis zu erzielen (vgl. z.B. Spremann, 1996, S. 110).
- Der Kapitalwert hat den Nachteil, dass die Vorteilhaftigkeit zweier Investitionen mit verschiedenen langen Laufzeiten durch ihn nur verzerrt wiedergegeben werden kann, indem die Investition mit der kürzeren Laufzeit zu ungünstig bewertet wird. Dieser Nachteil kommt auch in dieser Studie zum Tragen, da die für die Buche geplante Produktionszeit 120 Jahre beträgt, während die Fichte mit einer angestrebten Produktionszeit von 100 Jahren bewirtschaftet wird. Nach der geplanten oder durch Sturmwurf erzwungenen Ernte des jeweiligen Bestandes wird erneut eine Kultur begründet, die Auszahlungen für ihre Begründung erforderlich macht. Korrekterweise müsste nun am Ende der Betrachtung (nach 120 Jahren) der Barwert aller bis in die Unendlichkeit erwarteten Finanzflüsse der zukünftigen Waldbestände zu dem Kapitalwert der tatsächlich berücksichtigten Finanzflüsse innerhalb der betrachteten 120 Jahre addiert werden. Dieser Barwert müsste aber um 120 Jahre auf den Zeitpunkt zu Beginn der Betrachtung abdiskontiert werden, wodurch sich ein nur sehr geringer Betrag ergeben würde. Es erschien deshalb vertretbar, diesen Betrag zu vernachlässigen. Die Betrachtung wurde deshalb auf 120 Jahre beschränkt, und nur die innerhalb dieses Zeitraumes auftretenden Finanzflüsse wurden berücksichtigt.
- Die Daten wurden freundlicherweise von Dr. Bernd Felbermeier zur Verfügung gestellt.