

---

# Zur Rolle der Douglasie in einem finanziell optimierten Baumarten-Portfolio

Thomas Knoke

## Schlüsselwörter

Douglasie, finanzielles Risiko, Baumarten-Portfolio

## Zusammenfassung

Am Beispiel der Baumarten Douglasie, Buche und Fichte wird gezeigt, wie sich vor dem Hintergrund ungewisser Zukunftsrisiken ein finanziell optimales Baumarten-Portfolio ableiten lässt. Hierzu wird auf schon vorhandene finanzielle Kalkulationen für die erwähnten Baumarten und auf Simulationen der Risikoprofile für Buche und Fichte zurückgegriffen. Für die Douglasie musste das finanzielle Risiko gutachtlich eingeschätzt werden. In die Optimierung fließen Ertragswerte und deren Streuungen ein, aus denen ein Quotient gebildet wird. Hierdurch wird der durch Investition in das Baumarten-Portfolio gegenüber einer risikofreien Investition zusätzlich mögliche Ertrag auf das in Kauf zu nehmende Risiko bezogen. Auf Grund unbekannter zukünftiger Risiken werden Szenarien des schlechtesten Falles herangezogen und bei der Kalkulation der Streuung der Ertragswerte wird ein Sicherheitszuschlag vorgenommen. Hierdurch entstehen sehr robuste Portfolios, deren Zusammensetzung auch bei veränderten Eingangsparametern nicht besonders schwankt. Es stellte sich heraus, dass ein Baumarten-Portfolio selbst unter optimistischen Annahmen für die Douglasie nicht mehr als 57 Prozent Douglasie enthalten sollte.

## Die Fragestellung

Zahlreiche betriebswirtschaftliche Kalkulationen zum Douglasienanbau erbrachten überzeugende Ergebnisse (Heidingsfelder und Knoke 2004). So berichten z. B. Kenk und Ehring (1995) von einer jährlichen Wertleistung eines Douglasienbestandes in Höhe von circa 1.200 Euro je Hektar, während ein Mischbestand aus Fichte, Tanne und Buche nur etwa 430 Euro je Hektar und Jahr erreichte. Die bisher erstellten finanziellen Kalkulationen blenden jedoch mögliche Risiken zumeist aus. Deshalb kann es zu falschen Entscheidungen der Vorteilhaftigkeit von Baumarten kommen.

In der Praxis gilt die Douglasie als relativ risikoarm. Schütz et al. (2006) bestätigen diese Einschätzung, indem sie der Douglasie eine hohe Resistenz gegen Windwurf bescheinigen. Sehr häufig wird jedoch von erheblichen Problemen der Douglasie in der Phase der Kulturbegründung berichtet. Hier sind oft hohe Ausgaben für Nachbesserungen und Schutzmaßnahmen notwendig und es herrscht Unsicherheit im Hinblick auf die im Einzelfall tatsächlich notwendigen Kulturausgaben. Zudem ist offen, wie sich die Anfälligkeit der Douglasie gegenüber Schädlingen in Zukunft entwickeln wird. Ein allzu konsequentes, einseitiges Umschwenken auf die Douglasie kann folglich durchaus hohe finanzielle Risiken bergen. Auch auf Grund der negativen Erfahrungen mit dem Strobenanbau zu Beginn des letzten Jahrhunderts erheben sich daher immer wieder zur Vorsicht mahnende Stimmen, die den Anbau der Douglasie zwar befürworten, jedoch lediglich in bestimmten Mischungsanteilen.

Anzustrebende Anteile der Douglasie werden bisher meist intuitiv oder auf Grund von standörtlichen Informationen festgelegt. Letztlich ist die Entscheidung über den vorteilhaften Anteil der Douglasie jedoch auch eine finanzielle Frage. Es erscheint daher lohnend, die Antwort auf die Frage nach dem optimalen Anteil der Douglasie mit Hilfe finanztheoretischer Methoden zu suchen.

### Datengrundlage

Die finanzielle Analyse setzte auf Ertragswerten auf, die sich aus der Summe aller in Zukunft zu erwartenden Zahlungsüberschüsse (Einzahlungen minus Auszahlungen) bei einem Diskontierungszins von zwei Prozent ergeben. Zur Quantifizierung des finanziellen Risikos wurde die zu erwartende, vor allem von Schadereignissen und Holzpreisschwankungen verursachte Standardabweichung der Ertragswerte verwendet. Hierzu wurde auf Daten von Knoke und Wurm (2006) zurückgegriffen, die aus Monte-Carlo-Simulationen für Buche und Fichte hervorgingen. Im Falle der Douglasie wurden Finanzkalkulationen von Heidingsfelder und Knoke (2004) herangezogen, wobei aktualisierte Kulturausgaben verwendet wurden (4.000 Euro/Hektar, Standardabweichung  $\pm 2.000$ ). Zur Douglasie liegen bisher jedoch keine Informationen zu Schadwahrscheinlichkeiten vor, so dass Annahmen zu treffen waren. Es wurde davon ausgegangen, dass der in Heidingsfelder und Knoke (2004) kalkulierte Abtriebswert (U=87 Jahre) auf Grund von Schadereignissen um zehn Prozent reduziert werden muss. Insgesamt wurden für die Douglasie optimistische Annahmen getroffen, so dass die resultierenden Mischungsanteile eher als eine Obergrenze zu verstehen sind. Die aus den verwendeten Grundlagen und Annahmen hervorgehenden Eckdaten der Finanzkalkulation sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

### Methode

Werden Mischungen von Baumarten angelegt, so ergibt sich oft eine Risikokompensation. Voraussetzung hierfür ist, dass die Ertragswerte der verschiedenen Baumarten, die in Folge von Schadereignissen wie z. B. Windwurf, Schneebruch, Insekten sowie Holzpreisschwankungen naturgemäß stark variieren, nicht vollständig synchron schwanken. Letzteres ist für Mischungen aus Laub- und Nadelholz kaum zu erwarten, denn Buchen bleiben beispielsweise unbeschädigt, wenn Fichten vom Borkenkäfer befallen werden. Auch ist der Holzpreis der Buche unter Umständen gerade dann hoch, wenn der der Fichte (oder Douglasie) niedrig ist und umgekehrt. Für eine korrekte Kalkulation des Risikos eines Baumarten-Portfolios (Baumartenmischung) ist jedoch eine Einschätzung der Korrelationskoeffizienten der Risiken notwendig (für unseren Fall siehe Tabelle 1).

Die in Tabelle 1 angegebenen Standardabweichungen lassen sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Baumartenanteile und Korrelationskoeffizienten gemäß Formel (s. Kasten) kombinieren, so dass eine Risikoabschätzung für Baumarten-Portfolios möglich wird.

Über die Variation der Baumartenanteile lassen sich für vordefinierte Standardabweichungen (Risiken) die mittleren Ertragswerte maximieren. Die Kombination der maximierten Ertragswerte und Risiken in einem Ertragswert-Risiko-Diagramm wird als „Effizienzlinie“ bezeichnet, höhere Mittelwerte der Ertragswerte lassen sich bei gegebenem Risiko nicht erreichen (vgl. Abbildung 1). Effizienzlinien können mit Hilfe eines Programms (MS Excel „Solver“) kalkuliert werden. Sie werden als Lösung eines Maximierungsproblems ermittelt, wobei der Ertragswert bei vorgegebenem Risiko und unter der Restriktion, dass die Summe der dezimalen Flächenanteile 1 ergeben muss, zu maximieren ist.

Als Entscheidungskriterium zur Auswahl einer optimalen Mischung wird zunächst das Verhältnis aus dem zu erwartenden, mittleren Ertragswert und dem hierzu in Kauf zu nehmenden Risiko herangezogen (Quotient Ertragswert  $\div$  Risiko). Auf Grund der möglichen Entwicklung neuer Risikoquellen in der Zukunft wird zudem ein zweiter, modifizierter Quotient gebildet. Hierzu wird mit Hilfe der Inversen der Verteilungsfunktion einer Normalverteilung<sup>1)</sup> ein minimaler Ertragswert abgeschätzt, der durch eine um einen Sicherheitsfaktor erhöhte Standardabweichung geteilt wird. Hieraus ergibt sich eine robuste Einschätzung der optimalen Baumartenanteile, die auf eine Optimierung des „schlechtesten Falls“ abzielt. Das zuletzt genannte Verfahren ist insbesondere deshalb interessant, weil hier versucht wird, unbekannte Zukunftsunsicherheiten (hierzu Ben-Haim 2006) zu berücksichtigen. Zudem führt es nur zu relativ geringen Variationen der Zusammensetzung des Portfolios, wenn fehlerhafte Eingangsdaten verwendet werden (Knoke und Hildebrandt, eingereicht).

---

1) Hierzu kann die Excel-Funktion NORMINV(Irrtumswahrscheinlichkeit; Mittelwert; [erhöhte] Standardabweichung) verwendet werden. Als Irrtumswahrscheinlichkeit wurde 0,05 verwendet, die erhöhte Standardabweichung ergab sich in Anlehnung an Goldfarb und Iyengar (2003) aus folgender Formel:

$$\sqrt{\sigma_p^2 + 0,1 \cdot \sigma_{\min}^2}$$

Baumart	U (Jahre)	Ertragswert (€/ha)	S	S in %	Korrelationskoeffizient			
					Dgl	Bu	Fi	Fi NVJ
Douglasie (Dgl)	87	9.232	2.929	32	1,0	0,0	0,5	0,5
Buche (Bu)	100	3.123	1.398	45		1,0	0,0	0,0
Fichte (Fi)	100	4.166	2.504	60			1,0	1,0
Fichte NVJ	100	5.973	2.504	42				1,0

Tabelle 1: Eckdaten der Finanzkalkulation

S: Standardabweichung der Ertragswerte, Ertragswerte als Summe der mit 2 % abgezinsten Zahlungsüberschüsse

Ertragswert (€/ha)	S	Anteil			Quotient Ertragswert ÷ Risiko	Minimaler Ertragswert (€/ha)	Robuster Quotient
		Douglasie	Buche	Fichte			
4.067	1.200	0,13	0,72	0,16	3,39	1.573	1,04
5.283	1.370	0,35	0,61	0,04	3,86	2.562	1,55
6.016	1.570	0,47	0,53	0,00	3,83	3.018	1,66
6.594	1.770	0,57	0,43	0,00	3,73	3.308	1,66
7.105	1.970	0,65	0,35	0,00	3,61	3.524	1,62
7.580	2.170	0,73	0,27	0,00	3,49	3.699	1,57
8.033	2.370	0,80	0,20	0,00	3,39	3.847	1,51
8.471	2.570	0,88	0,12	0,00	3,30	3.977	1,46
8.898	2.770	0,95	0,05	0,00	3,21	4.094	1,40
9.232	2.929	1,00	0,00	0,00	3,15	4.179	1,36

Tabelle 2: Effiziente Baumartenmischungen (Fichte wird künstlich verjüngt)

S: Standardabweichung der Ertragswerte, Robuster Quotient: Minimaler Ertragswert + erhöhte Standardabweichung (Erklärung siehe Text)

Ertragswert (€/ha)	S	Anteil			Quotient Ertragswert ÷ Risiko	Minimaler Ertragswert (€/ha)	Robuster Quotient
		Douglasie	Buche	Fichte			
4.360	1.200	0,12	0,71	0,17	3,63	1.867	1,23
5.446	1.370	0,31	0,54	0,15	3,98	2.726	1,65
6.106	1.570	0,43	0,44	0,13	3,89	3.108	1,71
6.651	1.770	0,52	0,36	0,12	3,76	3.365	1,68
7.144	1.970	0,61	0,28	0,11	3,63	3.563	1,64
7.607	2.170	0,69	0,21	0,10	3,51	3.726	1,58
8.053	2.370	0,76	0,15	0,09	3,40	3.867	1,52
8.485	2.570	0,84	0,08	0,08	3,30	3.992	1,46
8.908	2.770	0,91	0,02	0,07	3,22	4.104	1,41
9.232	2.929	1,00	0,00	0,00	3,15	4.179	1,36

Tabelle 3: Effiziente Baumartenmischungen (Fichte wird natürlich verjüngt)

S: Standardabweichung der Ertragswerte, Robuster Quotient: Minimaler Ertragswert + erhöhte Standardabweichung (Erklärung siehe Text)

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i \in N} f_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i \in N} \sum_{\substack{j \in N \\ j \neq i}} f_i f_j k_{i,j} \sigma_i \sigma_j}$$

$$\sum_{i \in N} f_i = 1$$

$$k_{i,i} \sigma_i \sigma_j = \text{COV}_{i,j}$$


---

$\sigma_p$  Standardabweichung des Baumartenportfolios  
 $N$  Anzahl der Baumarten  
 $f_i$  Anteil der Baumart als Dezimalzahl, z. B. 0,5 für 50 %  
 $\sigma_i$  Standardabweichung des Ertragswerts einer bestimmten Baumart  
 $k_{i,j}$  Korrelationskoeffizient zwischen den Ertragswerten von Baumart i und j  
 $\text{COV}_{i,j}$  Kovarianz zwischen den Ertragswerten von Baumart i und j

### Ergebnisse

Die Anlage reiner Fichten- oder Buchenkulturen ist unter den getroffenen Annahmen nicht effizient (Abbildung 1). Eine Mischung von Baumarten kann die Ertragswerte bei gleich bleibendem bzw. sogar geringerem Risiko erheblich steigern. So erreicht die Buche bei einer Standardabweichung von  $\pm 1.398$  einen Ertragswert von 3.123 Euro pro Hektar, während eine Mischung aus 35 Prozent Douglasie, 61 Prozent Buche und vier Prozent Fichte bei einer vergleichbaren Standardabweichung von  $\pm 1.370$  zu einem Ertragswert von 5.283 Euro pro Hektar führt (+ 69 Prozent). Die Fichte lässt bei einer Standardabweichung von  $\pm 2.504$  einen Ertragswert von 4.166 Euro pro Hektar erwarten. Ein sogar etwas geringeres Risiko von  $\pm 2.370$  führt jedoch im Falle einer Mischung aus 80 Prozent Douglasie und 20 Prozent Buche zu einem Ertragswert von 8.033 Euro pro Hektar. Dies bedeutet eine Steigerung von fast 100 Prozent im Vergleich zur reinen Fichte (Tabelle 2). Die Beimischung von Douglasie bietet damit ein erhebliches betriebswirtschaftliches Verbesserungspotential.

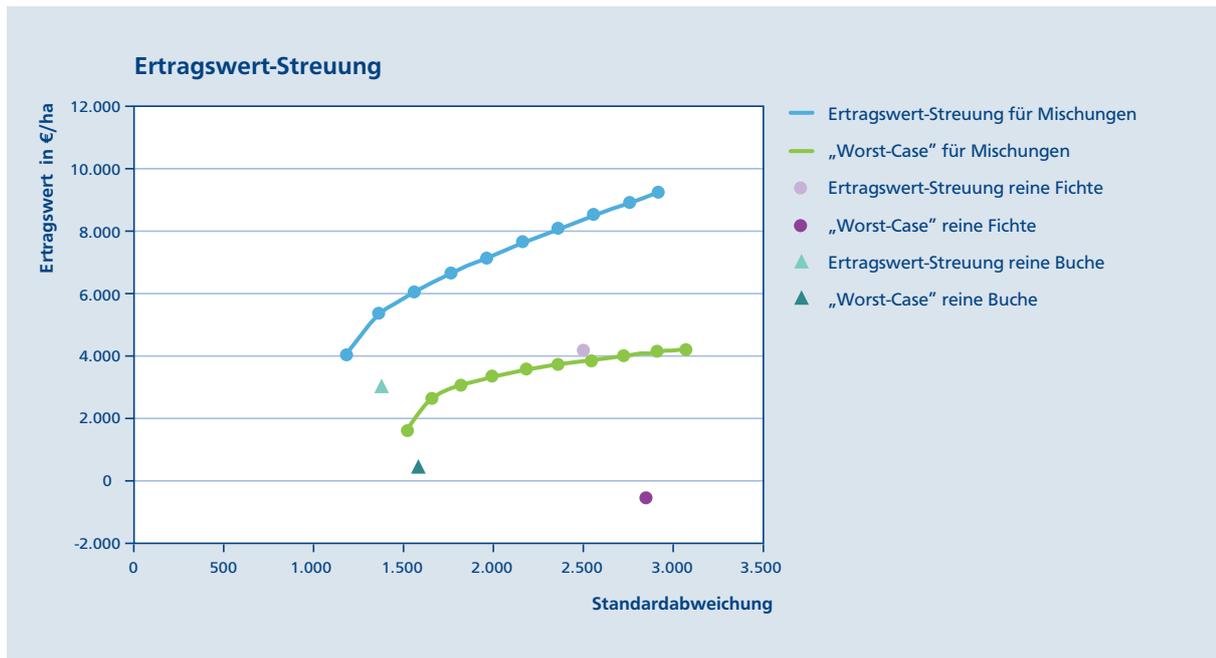


Abbildung 1: Maximale erwartete Ertragswerte für gegebene Risiken (Standardabweichungen) bei Mischung von Baumarten im Vergleich zu Ertragswert und Risiko für reine Fichte und reine Buche; die jeweiligen Punkte auf den Linien korrespondieren zu den in Tabelle 2 angegebenen Mischungen. „Worst-Case“ bezeichnet eine Einschätzung des minimalen Ertragswertes für eine akzeptierte Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05 und bei Annahme einer durch zusätzliche Zukunftsrisiken erhöhten Standardabweichung.

Wird eine Maximierung des erzielbaren Ertragswertes im Verhältnis zu dem hierzu in Kauf zu nehmenden Risiko angestrebt, zeigt sich jedoch ganz klar, dass reine Douglasien-Betriebe nicht das Ziel sein können. Der Ertragswert ÷ Risiko-Quotient ist für eine Mischung aus 35 Prozent Douglasie, 61 Prozent Buche und vier Prozent Fichte maximal, wenn die Fichte gepflanzt werden muss (Tabelle 2). Besteht dagegen die Möglichkeit der Naturverjüngung der Fichte, so wäre eine Mischung aus 31 Prozent Douglasie, 54 Prozent Buche und 15 Prozent Fichte optimal (Tabelle 3).

Wird eine Maximierung der Ertragswerte unter Annahme der schlechtesten Randbedingungen angestrebt (Vorsichtsprinzip), verschieben sich die Mischungen zu Gunsten der Douglasie. Sie gewinnt dann mehr als 20 bzw. zehn (Naturverjüngung Fichte möglich) Prozentpunkte an Mischungsanteil hinzu (Tabellen 2 und 3). Die risikoarme Buche behält jedoch einen hohen Anteil zwischen 43 und 44 Prozent, während der Anteil der Fichte nur bescheiden ausfällt – zumindest gemessen an ihrem heutigen Flächenanteil. Der optimale Anteil der Fichte beträgt 15 Prozent bei gegebenen Naturverjüngungsmöglichkeiten. Die Fichte fällt sogar gänzlich aus dem optimalen Baumarten-Portfolio heraus, wenn die Notwendigkeit der Pflanzung besteht.

## Fazit

Wir können damit festhalten, dass selbst unter optimistischen finanziellen Annahmen die Anteile der Douglasie 57 Prozent nicht überschreiten sollten. Dies ist als ein Maximalwert zu betrachten. Mischungsanteile von circa 30 Prozent führen schon zu einer erheblichen Verbesserung der finanziellen Situation. Als Aufgabe für die Wissenschaft bleibt eine verbesserte Einschätzung der Risiken der Douglasie bestehen, wie auch die Quantifizierung von Baumarteninteraktionen bei kleinflächiger Mischung. Der letzte Aspekt ist bis heute kaum untersucht (Knoke und Seifert 2008) und wurde auch in dieser Abhandlung ausgeklammert.

## Literatur

- Ben-Haim, Y. (2006): *Info-Gap Decision Theory: Decisions Under Severe Uncertainty*. Second edition, Elsevier Academic Press, Amsterdam
- Heidingsfelder, A.; Knoke, T. (2004): *Douglasie versus Fichte: Ein betriebswirtschaftlicher Leistungsvergleich auf Grundlage des Provenienzversuches Kaiserslautern*. Schriften zur Forstökonomie Band 26, Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.
- Goldfarb, D.; Iyengar, G. (2003): *Robust portfolio selection problems*. Mathematics of Operations Research 28, S. 1–38
- Kenk, G.; Ehring, A. (1995): *Tanne-Fichte-Buche oder Douglasie?* Allgemeine Forstzeitschrift 50, S. 567–569
- Knoke, T.; Wurm, J. (2006): *Mixed forests and a flexible harvest strategy: A problem for conventional risk analysis?* European Journal of Forest Research 125, S. 303–315
- Knoke, T.; Seifert, T. (2008): *Integrating selected ecological effects of mixed European beech – Norway spruce stands in bioeconomic modelling*. Ecological Modelling 210, S. 487–498
- Knoke, T.; Hildebrandt, P. (2008): *Robust portfolio optimization with erroneous data – An example from forestry*. Eingereicht bei Management Science
- Schütz, J.-P.; Götz, M.; Schmid, W.; Mandallaz, D. (2006): *Vulnerability of spruce (Picea abies) and beech (Fagus sylvatica) forest stands and consequences for silviculture*. European Journal of Forest Research 125, S. 291–302