

# Unsicherheiten und Risiken in der Forstplanung

Unsicherheit herrscht im Rahmen der Forstplanung in vielerlei Hinsicht. Wir haben zwar bestimmte Informationen bzw. Erwartungen zu heutigen und zukünftigen Waldzuständen und Entwicklungen, wissen aber nicht, wie verlässlich diese sind. Dieser Beitrag erläutert beispielhaft, wie sich Risiken von Unsicherheiten unterscheiden, wie sich diese Phänomene quantifizieren lassen und wie wir damit in der Forstplanung umgehen können.

Thomas Knoke

**W**ir sind unsicher, ob der Holzvorrat tatsächlich den gemessenen Werten oder unseren gutachtlichen Schätzungen entspricht, wie sich waldbauliche Eingriffe genau auswirken und ob ein heute begründeter Bestand tatsächlich sein planmäßiges Alter erreicht. Unklar ist auch, wie die Holzmärkte der Zukunft unseren Rohstoff bewerten, ob Märkte auf Dauer auch für Produkte und Leistungen abseits von Holz entstehen werden und ob der von uns hinterlassene Wald den Zielen und Vorstellungen zukünftiger Generationen gerecht werden kann. Man könnte diese Aufzählung noch weiter fortsetzen. Vielleicht kann man es am besten mit den Worten von Dennis Lindley [9] zusammenfassen, was Unsicherheit und unsicher sein bedeuten (Übersetzung durch Verfasser): „... es existieren viele Dinge, über die Du nicht weißt ob sie wahr oder falsch sind. Wir sagen, Du bist Dir unsicher über diese Dinge. Du bist Dir in unterschiedlichem Ausmaß unsicher über alles in der Zukunft ...“.

## Schneller Überblick

- Unsicherheit betrifft nahezu alle Bereiche der Zukunft
- Sie besteht aus möglicherweise positiven, aber auch negativen Abweichungen von unseren Erwartungen
- Positive Abweichungen können durch flexible Planungen ausgenutzt werden
- Zeitliche und räumliche Diversifikationen helfen, negative Abweichungen zu puffern

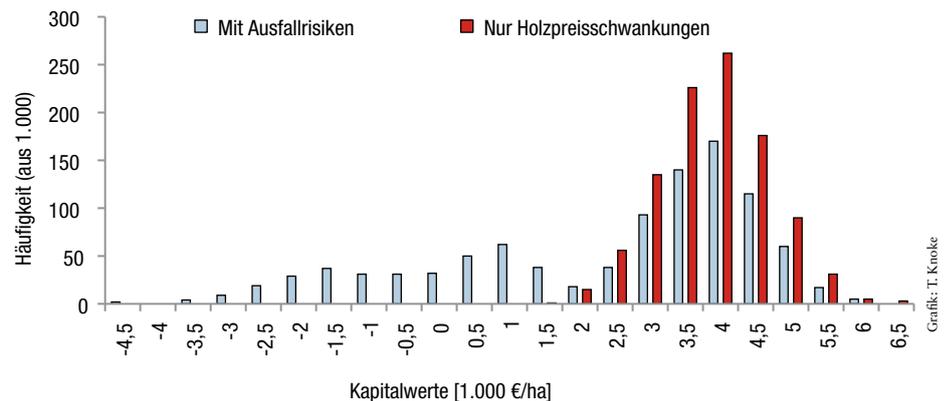


Abb. 1: Einfluss von Ausfallrisiken (Sturm, Borkenkäfer, Schneebruch, hier nicht differenziert) auf die Häufigkeiten simulierter Kapitalwerte für Fichtenbestände (2 % Diskontierungszinsfuß, Umtriebszeit 100 Jahre)

## Arten von Unsicherheiten

Mit Risiko wird üblicherweise eine negative Abweichung vom erwarteten Ergebnis bezeichnet, für welche man eine Eintrittswahrscheinlichkeit angeben kann. Unsicherheit dagegen umfasst auch die Chancen, also möglicherweise bessere Ergebnisse als erwartet. Das Vorliegen von Eintrittswahrscheinlichkeiten ist nicht erforderlich, um von Unsicherheit sprechen zu können. Nehmen wir beispielsweise die in der forstlichen Welt so wichtigen Ausfallursachen für Bäume oder Waldbestände, wie Windwurf, Borkenkäferbefall, Schneebruch oder in manchen Regionen auch Feuer. Dies sind typische Risiken, weil es praktisch undenkbar ist, dass aus solchen Ereignissen bessere Ergebnisse resultieren als erwartet. Eintrittswahrscheinlichkeiten lassen sich zumindest in einem groben Rahmen abschätzen.

Anders geartet sind die Schwankungen der Holzpreise. Holzpreise können sowohl über als auch unter den erwarteten Holzpreisen liegen. Abb. 1 zeigt, wie sich Risiken des Bestandesausfalls und Unsicherheit des Holzpreises deutlich unter-

schiedlich auf die Häufigkeiten von simulierten Kapitalwerten auswirken können.

In den möglicherweise positiven Abweichungen der aktuellen von den erwarteten Holzpreisen verbirgt sich eine Option [3]. Im Unterschied zu Landwirten können die Forstleute einen akzeptablen Preis abwarten, zu dem sie ihr Produkt anbieten möchten. Dieser positive Effekt kann nur erzielt werden, wenn die Stabilität der Bestände hoch genug ist, damit sich die Risiken des Stehenlassens von Bäumen im Wald in Grenzen halten. Das Nutzen dieser Flexibilität in der zeitlichen Umsetzung des Holzeinschlags kann die Kapitalwerte der Waldbewirtschaftung merklich erhöhen [6].

Darüber hinaus existieren noch zahlreiche weitere Quellen der Unsicherheit (siehe auch Kolo und Knoke auf S. 16 in dieser Ausgabe von AFZ-DerWald). Zwar wird in vielen ökonomischen Studien implizit Sicherheit über die Ziele der Waldbewirtschaftung als rein marktwirtschaftliche Zielsetzungen unterstellt, z. B. Maximierung des Gewinns bei akzeptablem Risiko und Erhalt des Vermögens.

Dies ist aber unrealistisch, da Entscheidungsträger meist vielfältige und heterogene Wertvorstellungen besitzen und somit auch multiple Zielsetzungen verfolgen [11]. Insbesondere über die möglichen Ziele zukünftiger Generationen herrscht große Unsicherheit.

Hinzu kommt die Unsicherheit bezüglich der Diskontierungsraten. Diskontierung wird verwendet, um die zeitlichen Präferenzen der Entscheidungsträger zu berücksichtigen. Man könnte sagen, dass die Diskontierungsrate zum einen ein Maß für die Ungeduld, zum anderen aber auch Ausdruck der Knappheit der finanziellen Mittel ist. Nimmt man eine Investitionsperspektive ein, so kann man argumentieren, dass man durch alternative Investition von derzeit im Wald gebundenen Kapital in vergleichbare Objekte ebenfalls eine interne Verzinsung erzielen kann (man hat also sogenannte Opportunitätskosten). Diese interne Verzinsung kann einen Anhalt für eine angemessene Diskontierungsrate zur Bewertung von waldbaulichen Maßnahmen sein. Eine andere Rechtfertigung für die Diskontierung ist das erwartete Konsumwachstum, welches zukünftige Generationen besser stellen kann als heutige. Beide Perspektiven, die Investitions- und die Konsumperspektive, bergen allerdings massive Unsicherheiten. Werden diese bei der Abschätzung angemessener Diskontierungsraten berücksichtigt, können sich im Zeitverlauf sinkende Diskontierungsraten ergeben [z. B. 1, 7].

### Quantifizierung von Unsicherheiten

In ökonomischen Studien haben die Quantifizierung und Berücksichtigung von Unsicherheiten bereits eine längere Tradition. Der Standardfall besteht darin, aus einer Anzahl möglicher Ergebnisse (z. B. Abb. 1) einen Mittelwert und eine Standardabweichung zu kalkulieren. Dabei gilt die Standardabweichung als Risikomaß, obwohl sie auch positive Abweichungen umfasst. Werden mehrere waldbauliche Optionen gemischt, z. B. Baumarten oder Methoden der Waldbehandlung, so sind zudem alle Kovarianzen möglicher Paarungen notwendig, um die aggregierte Standardabweichung für ein Baumarten- bzw. Aktivitäts-Portfolio zu kalkulieren. Auf dieser Basis lässt sich dann eine ökonomische Zielgröße bei

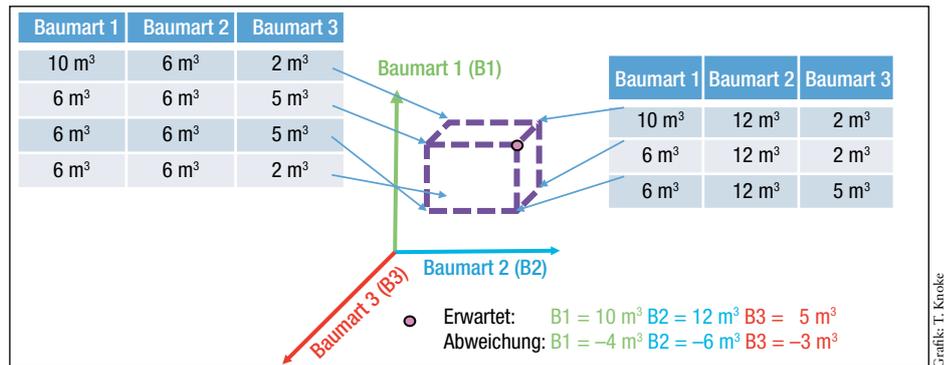


Abb. 2: Konstruktion einer Unsicherheitsbox für mögliche Variationen von (erfundenen) Zuwachswerten dreier potenziell zu mischenden Baumarten (B1, B2, B3). Für alle acht Eckpunkte der Box werden akzeptable Ergebnisse gefordert.

vordefiniertem bzw. akzeptiertem Risiko (ausgedrückt über die Standardabweichung) maximieren.

Im Falle multipler Zielsetzungen ist es bislang unüblich, Unsicherheiten zu berücksichtigen. Aber auch bei Betrachtung von vielfältigen Zielsetzungen (beispielsweise verschiedener Ökosystemleistungen) lassen sich Unsicherheiten integrieren. Vereinfachend können hier Unsicherheitsboxen konstruiert werden. Dies ist in Abb. 2 für drei hypothetische Baumarten mit verschiedenen (erfundenen) jährlichen Zuwachswerten (pro Hektar) dargestellt. Zusammen mit den angenommenen Abweichungen ergeben sich acht verschiedene Kombinationen an Zuwachswerten für die drei Baumarten, welche eine Box aufspannen. In diesem Beispiel werden nur negative Abweichungen betrachtet. Es handelt sich damit im Grunde um eine Risiko-Perspektive, aber ohne Wahrscheinlichkeitsbetrachtung. Optimierungen können nun alle acht

Fälle gleichzeitig berücksichtigen, um auch für den schlechtesten Fall noch ein möglichst gutes Ergebnis zu erzielen. Eine Mischung von 48 % Baumart 1, 52 % Baumart 2 und 0% Baumart 3 würde bei dieser Betrachtung der Unsicherheit die besten Ergebnisse erbringen.

Unsicherheitsboxen können für jede einzelne Zielgröße gebildet werden. Eine Normalisierung der Werte ist dann notwendig, wenn Zielgrößen mit unterschiedlichen Maßeinheiten, z. B. m³ Holz, Euro, t Kohlenstoff oder mm Grundwasserspende, einbezogen werden.

Im Falle der Betrachtung positiver Abweichungen, was zu einer Bewertung von Optionen genutzt werden kann, werden beispielsweise Funktionen zur Modellierung von Preisprozessen verwendet. Mit deren Hilfe werden Erwartungswerte für bestimmte Optionen bzw. Entscheidungen abgeleitet. Der Wert einer Option lässt sich dann aus dem Unterschied des Kapitalwertes mit Berücksichtigung der

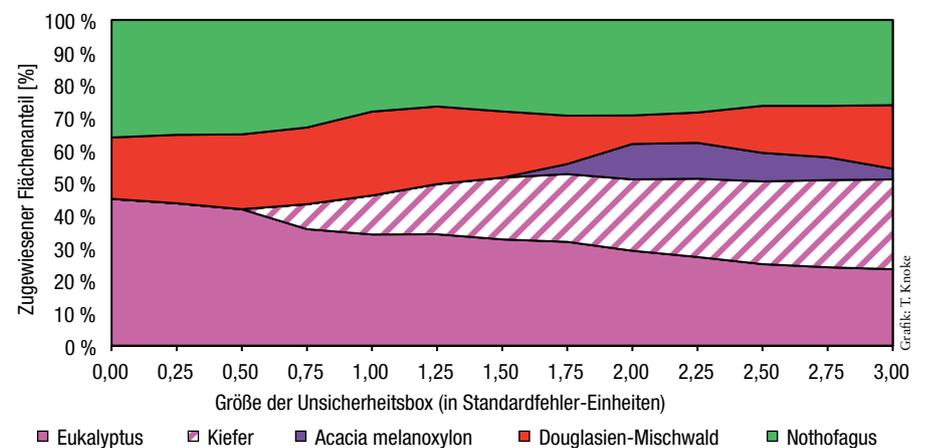


Abb. 3: Portfolios für Bestandestypen zur Erfüllung multipler Zielsetzungen für verschiedene Größen der Unsicherheitsbox (Holzproduktion, Wasserspende, Kohlenstoffspeicherung, Bodenqualität und Biodiversität [13])

Flexibilität (z. B. des Holzeinschlags) und demjenigen ohne deren Beachtung ableiten.

### Umgang mit Unsicherheiten in der Forstplanung

Im Rahmen der forstlichen Ertragsplanung streben wir seit langem nach kontinuierlich über lange Zeiträume verteilten Holz- und Geldflüssen, z. B. durch den Versuch, ein möglichst ausgeglichenes Verhältnis der Flächenausstattung der Altersklassen zu erzielen. Dies kann als eine Strategie zum Umgang mit Unsicherheit gewertet werden. Tavhonen und Kallio [12] haben gezeigt, dass es für Risiko meidende Forstleute

### Literaturhinweise:

[1] ARROW, K. J. et al. (2013): Determining Benefits and Costs for Future Generations. *Science* 341, S. 349-350. [2] BRUNETTE M. et al. (2017): Biotechnical Portfolio Management of Mixed-Species Forests. *Journal of Bioeconomics*, 19, S. 223-245. [3] DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. (1994): *Investment under uncertainty*. Princeton University Press. [4] HAHN, W. A. et al. (2014): Financially optimized management planning under risk aversion results in even-flow sustained timber yield. *Forest Policy and Economics*, 42, S. 30-41. [5] HÄRTL, F.; HAHN, A.; KNOKE, T. (2013): Risk-sensitive planning support for forest enterprises: The YAFO model. *Computers and Electronics in Agriculture*, 94, S. 58-70. [6] KNOKE, T.; WURM, J. (2006): Mixed forests and a flexible harvest policy: a problem for conventional risk analysis? *European Journal of Forest Research*, 125 (3), S. 303-315. [7] KNOKE, T.; PAUL, C.; HÄRTL, F. (2017): A critical view on benefit-cost analyses of silvi-cultural management options with declining discount rates. *Forest Policy and Economics*, 83, S. 58-69. [8] KNOKE, T.; MESSERER, K.; PAUL, C. (2017): The Role of Economic Diversification in Forest Ecosystem Management. *Current Forestry Reports*, 2 (3), 93-106. [9] LINDLEY, D. V. (2006): *Understanding Uncertainty*. Hoboken, New Jersey: Wiley. [10] NEUNER, S.; BEINHOFER, B.; KNOKE, T. (2013): The optimal tree species composition for a private forest enterprise – applying the theory of portfolio selection. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28, S. 38-48. [11] PASCUAL, U. et al. (2017): Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 26, S. 7–16. [12] TAHVONEN, O.; KALLIO, M. (2006): Optimal harvesting of forest age classes under price uncertainty and risk aversion. *Natural Resource Modeling*, 19, S. 557–585. [13] UHDE, B. et al. (2017): Bringing ecosystem services into forest planning – Can we optimize the composition of Chilean forests based on expert knowledge? *Forest Ecology and Management*, 404, S. 126-140.

vernünftig ist, ihre Wälder in eine Struktur mit mehreren Altersklassen zu überführen, selbst wenn ihr Wald anfänglich aus nur einer Altersklasse besteht. Durch mehrere Altersklassen wird eine zeitliche Diversifikation der Holz- und Geldflüsse erreicht, wodurch beispielsweise die Auswirkungen von ungünstigen Holzpreisen in einzelnen Jahren abgefedert werden können. Ähnliche Effekte im Sinne gleichmäßig verteilter Holzeinschläge zur Meidung von Risiken konnten Härtl et al. [5] sowie Hahn et al. [4] zeigen. Diese klassischen Mittel der Forstplanung (möglichst ausgeglichene Altersklassenverteilung sowie kontinuierliche und gleichmäßige Hiebssätze) sind damit bereits als effektive Maßnahmen zum Umgang mit Unsicherheiten durch zeitliche Diversifikation waldbaulicher Aktivitäten zu bewerten.

Daneben wurde die räumliche Diversifikation durch Mischung von Bestandestypen bzw. Baumarten untersucht, um die forstliche Produktionsplanung zu unterstützen. Dies erfolgte sowohl mit den klassischen Mittelwert-Standardabweichungsmethoden [10, 2] als auch basierend auf Unsicherheitsboxen [8]. Unsicherheitsboxen wurden beispielsweise zur Berücksichtigung multipler Zielsetzungen bei der Planung der Flächenanteile von Bestandestypen in mediterranen Regionen Chiles verwendet [13] (Abb. 3). Mit zunehmender Unsicherheit ergaben sich hierbei erwartungsgemäß stärker diversifizierte Portfolios aus den betrachteten Bestandestypen.

Schließlich kann die Forstplanung mit gewissen Korridoren für mögliche Hiebssätze operieren, um den Betrieben die Option zur Ausnutzung günstiger

Holzmarktsituationen zu eröffnen. Dies ist natürlich nur in gewissen Grenzen möglich, da die Kontinuität der waldbaulichen Aktivitäten und der Kundenbeziehungen ebenfalls wichtige und zu beachtende Größen sind.

### Fazit

Mit einigen Beiträgen soll beispielhaft aus laufenden Arbeiten an der Professur für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München berichtet werden. Hierzu wird zunächst eine Konzeption zur Berücksichtigung multipler Zielsetzungen und Unsicherheiten im Rahmen der Bewertung von Agroforstsystemen in Panama beschrieben (Gosling und Reith, S. 13). Kolo und Knoke gehen dann im Detail auf verschiedene Arten von Unsicherheiten ein (S. 16). Zwei Arbeiten aus dem Bereich der Fernerkundung [S. 19, S. 23] machen deutlich, wie sich Unsicherheiten durch bessere Informationen mildern lassen. Schließlich stellt Chreptun die Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Extremereignissen dar (S. 27).

Prof. Dr. Thomas Knoke,  
knoke@tum.de,  
leitet seit 2005 die Professur für  
Waldinventur und nachhaltige  
Nutzung an der Technischen Uni-  
versität München.

