

Neue Optimierungstechniken in der Forstbetriebsplanung:

Finanzielle Optimierung und Integration von Risiken

Andreas Hahn

Strategische Entscheidungen werden in Forstbetrieben im Rahmen der Forstbetriebsplanung gefällt. Dabei werden Baumartenzusammensetzung, Altersklassenausstattung und Vorratshöhe betrachtet und Zielstärken oder Umtriebszeiten definiert. Die Festsetzung des Nachhaltigkeitsatzes ist das Hauptergebnis einer Forstbetriebsplanung. Die Anforderungen an die Ergebnisse einer solchen Planung sind also recht klar. Bei den Methoden zur Herleitung ist das weniger der Fall, da traditionelle Methoden nicht alle betrieblichen Belange abdecken.¹⁾

Eine Forstbetriebsplanung dient der Planung betrieblicher Schwerpunkte für die kommenden 10 bis 20 Jahre. Die Aufnahme des Waldzustandes (Inventur) bildet dabei die Basis für die Kontrolle der Umsetzung der vergangenen Planung. Die neue Planung baut auf den Erfahrungen aus den letzten Planungsperioden und der erwarteten Waldentwicklung auf. So entsteht ein umfangreiches und kostspieliges Planungswerk. Auf der Suche nach Möglichkeiten zur Kosteneinsparung gibt es sicher auch den ein oder anderen Forstbetrieb, der hier den Rotstift ansetzt, da die waldbaulichen Behandlungen ja feststünden und sich aus deren Summe der Forstbetriebsplan automatisch ergäbe. Am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung gehen wir einen anderen Weg: wir favorisieren eine effiziente Inventur [9] und eine bessere Anpassung der eigentlichen Planung an die Eigentümerbedürfnisse, um die es in diesem Beitrag geht.

Dipl.-Forstwirt (Univ.) FOR A. Hahn ist wissenschaftlicher Assistent am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München (TUM). Er ist als Angehöriger der Bayerischen Forstverwaltung von der Bay. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) an die TUM abgeordnet.



Andreas Hahn

andreas.hahn@forst.wzw.tum.de

Forstbetriebsplanung

„Die Forstbetriebsplanung befasst sich mit forstbetrieblichen Planungsentscheidungen, wobei die waldbaulichen Planungseinheiten simultan betrachtet und die Erfordernisse der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden“ ([16], S. 17). Die Planungstätigkeit umfasst dabei die Entscheidungsfindung und die Vorbereitung der Umsetzung ([16], S. 13 f.).

Kunden der Forstbetriebsplanung

Für welche Forstbetriebe ist eine Planung, wie sie hier angesprochen wird, überhaupt lohnend? Sie ist für alle Forstbetriebe sinnvoll, die aus einer Vielzahl von Waldbeständen bestehen. Je mehr Waldbestände vorhanden sind, desto größer wird die Abweichung der waldbaulichen Einzelplanung von einem Forstbetriebsplan sein.

Die Vorteile der Forstbetriebsplanung kommen somit erst ab 50 bis 100 ha Betriebsfläche zur Geltung²⁾. Die Größe des Forstbetriebes wirkt sich wiederum auf die Ausgestaltung der Ziele aus [1]. Neben der Betriebsgröße legt die Eigentumsform ebenfalls Ziele fest. Die Sicherung bestimmter Waldfunktionen ist für den öffentlichen Wald in forstlichen Rechts- und Verwaltungsvorschriften auf das Niveau der Vorbildlichkeit fixiert. Für den Privatwald ist die ordnungsgemäße und nachhaltige Bewirtschaftung festgeschrieben.

Idealvorstellung einer Forstbetriebsplanung

Eine Forstbetriebsplanung muss mit der Klärung der Eigentümerziele beginnen. Die Forstplaner sollten in diesem Prozess den Eigentümern bzw. Eigentümervertretern die Konsequenzen möglicher Planungsvarianten für Forstbetrieb und Waldstruktur verdeutlichen. Das mag für einen Dienstleister eine etwas unkalkulierbare Aufgabe sein, sie ist aber insgesamt sehr wichtig. Beispielsweise spielen finanzielle Kenngrößen in der Forstbetriebsplanung in Deutschland bisher eine untergeordnete Rolle, obwohl die meisten Forstbetriebe sicherlich auch nach finanziellen Kriterien bewirtschaftet werden³⁾ und die Ökonomie stets als eine Säule der Nachhaltigkeit angeführt wird.

Wenn über die Eigentümerziele Klarheit besteht, kann der Informationsbedarf festgelegt werden: Welche Größen sollen gemessen werden? Und wie sind die Anforderungen an die Datenqualität? Dann startet die Inventur, die in der Regel als temporäre oder permanente Stichprobeninventur durchgeführt wird. Es folgt die Auswertung der Inventurdaten [9] und ein Abgleich der Entwicklung der letzten Planungsperiode als Evaluierung der zuletzt geplanten Maßnahmen.

Nun folgt der zweitwichtigste Schritt: die eigentliche Ertragsplanung, also die Festlegung der Nutzungen für die kommende Planungsperiode. Das erfolgt üb-

¹⁾ Dieser Beitrag ist im Rahmen des Projektes „E47: Flexibilität als Kriterium einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung“ entstanden. E47 wird vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert.

²⁾ Hier werden die betriebswirtschaftlichen Vorteile einer Forstbetriebsplanung für die Betriebssteuerung, unabhängig von gesetzlichen Verpflichtungen für den öffentlichen Wald, angesprochen (vgl. [16]).

³⁾ Nehmen wir den „Bauernbuckel“ als Indiz für einen holzpreisabhängigen Einschlag im Privatwald oder auch die Zunahme der Marktteilnahme und Vermarktungsintensität bei kleineren Waldeigentumsgrößen [24]. Im Staatswald mögen die umfangreichen Verwaltungsformen in Richtung zu einer mehr privatwirtschaftlichen Ausrichtung als Beleg dienen.



Abb. 1: Notwendige Daten und Verarbeitungsschritte zum Aufsetzen eines Betriebsoptimierers

licherweise auf Basis einer waldbaulichen Einzelplanung für Waldbestände oder Straten. Die Nutzungen ergeben sich aus den Produkten von Nutzungssätzen bzw. Haubarkeitserträgen und den dazugehörigen Bestands- bzw. Einreihungsflächen. Das Ergebnis der waldbaulichen Einzelplanung wird dann mit Hiebssatzweisern verprobt. Dabei gibt es zwei grundsätzliche Möglichkeiten:

- die Annäherung an einen normal aufgebauten Forstbetrieb (bspw. mit Hiebssatzweisern nach PAULSEN und HUNDESHAGEN oder GEHRHARDT (vgl. [18])
- und ein Vorgehen, bei dem Betriebsdaten wie der Zuwachs, der Vorrat hiebseifen Holzes, der Vorausverjüngungsvorrat oder Ähnliches als Indikatoren für eine langsamere oder schnellere Nutzung von Verjüngungsbeständen verwendet werden.

Bei der Hiebssatzverprobung sollten immer beide Methoden berücksichtigt werden. Die Festsetzung des Hiebssatzes erfolgt dann in einer kritischen Würdigung aller Einzelkriterien. Hier besteht ein durchaus großer gutachterlicher Spielraum, weshalb eine transparente Abwägung einen hohen Stellenwert haben sollte.

Verfahren der Unternehmensforschung lassen sich ebenfalls nutzen, um Hiebssätze herzuleiten. Denn im Grundsatz handelt es sich bei der Frage, wann in welchem Bestand wie viel Holz geerntet werden soll, um ein Optimierungsproblem, das mithilfe der Rechenmethode der „linearen Programmierung“ gelöst werden kann. Solche Optimierungsrechnungen finden in der Forstwirtschaft bereits weltweit Anwendung – in Mitteleuropa sind sie bisher aber nur mit „Studiencharakter“ vertreten [5,6,15,17,24]. Erweitert man diese Methode um eine Risikobetrachtung im Sinn des Vorsichtsprinzips, was dann als „nicht-lineare Programmierung“ bezeichnet wird, ist sie auch gut auf die naturnahe Forstwirtschaft anwendbar. Im Gegensatz zu den gängigen Verfahren der Forstbetriebsplanung kann man mithilfe dieser Methode den Wert und die finanziellen Erträge des Betriebs unter Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit wie z. B.

der Generationengerechtigkeit (= Vermögenssicherung und geringere finanzielle Risiken) verbessern. Das nachfolgende Planungsbeispiel für einen kleinen kommunalen Forstbetrieb (83 Hektar Holzbodenfläche) verdeutlicht die Anwendung, die aber ohne weiteres auch auf größere (Staats-) Betriebe [6] oder auf den Privatwald übertragbar ist [5].

Effizienz sichern

Was ist das Besondere an der „linearen“ und „nicht-linearen Programmierung“? Diese Verfahren suchen den effizientesten Weg zur Zielerreichung. Welche Ressource als Ziel dient, ob naturale oder finanzielle Größen effizient bewirtschaftet werden sollen, obliegt dem Planer. Im Beispiel werden finanzielle Größen favorisiert, da jeder Forstbetrieb zum Überleben Einkünfte erwirtschaften muss. Die Kostendeckung ist daher ein ökonomisches Minimalziel für eine nachhaltige Forstwirtschaft [11,20]. Das deckt sich auch mit dem Vorgehen in anderen Kontinenten [2,4,7]. Es wird also berücksichtigt, durch welche Maßnahmen das eingesetzte Kapital am besten reinvestiert bzw. wie am kostengünstigsten durch Holzeinschläge finanziert wird: Beispielsweise könnte die Ernte von einem Bestand vorteilhafter als ein Aufschieben der Ernte sein, während sich in einem anderen Fall z.B. die Verlängerung der Buchenumtriebszeit als sinnvoll herausstellen könnte. Um solche Kalkulationen in Abhängigkeit vom Standort und den waldbaulichen Konsequenzen durchführen zu können, benötigt man eine große Menge Daten, die mithilfe von Waldwachstumssimulatoren gewonnen werden können.

In unserem Beispiel geht es zunächst nur um die Frage, wann und wie stark welche Bestände im Zuge der Verjüngungsnutzung genutzt werden sollen. Für eine vergleichende Bewertung der waldbaulichen Optionen müssen die unterschiedlichen Zahlungszeitpunkte zunächst auf einen gemeinsamen Zeitpunkt bezogen werden. Dazu ist die Wahl eines Zinssatzes

notwendig, der sich beispielsweise an der besten Alternative des Waldeigentümers orientiert. Was würde er ansonsten mit dem Geld machen? Würde man einen Zinssatz von 0 % ansetzen, wäre dies aus einer investitionstheoretischen Sicht kritisch zu werten, da Ungleiches gleich gemacht würde; eine Einnahme in 50 Jahren wäre der heutigen damit gleich gestellt. Für die Planungszeiträume der Forstbetriebsplanung besteht daher bei fast allen Ökonomen Einigkeit über die Anwendung der Zinsrechnung mit individuell festgelegten, positiven Zinssätzen. Als forstlicher Branchenzinssatz wird in Deutschland häufig 1,5 % oder 2 % verwendet; den folgenden Berechnungen liegt eine Renditeforderung von 2 % zugrunde [16].

Beispiel einer finanziell optimierten Ertragsplanung

Wie könnte eine Einschlagsplanung aussehen, die die oben gestellten Ansprüche erfüllt? Zur Verdeutlichung der Optimierungstechniken nutze ich Inventurdaten eines mit 440 Efm/ha Ausgangsvorrat sehr vorratsreichen Kommunalwaldes in der Bergmischwaldzone. Zunächst müssen die Vorratswerte für die verbleibenden und ausscheidenden Bestände über den Planungszeitraum simuliert werden, um sie dann mithilfe von Koeffizienten zur Stärke- und Gütesortierung, Holzpreisen und Aufarbeitungskosten in Euro zu bewerten. Die Umsetzung der nachfolgenden Optimierung erfolgt mithilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms, z.B. MS Excel (vgl. Abb. 1).

Die Frage, wo wann wie viel Holz geerntet werden soll, kann in Anhalt an das Flächenfachwerksverfahren nach COTTA [3] als Tabelle dargestellt werden. Zeilenweise werden dann die einzelnen Waldorte (Bestände oder Bestandstypen) aufgeführt, während die Spalten für Eingriffszeitpunkte stehen (Jahre, Perioden o.Ä.). Die Werte in den Kästchen im Schnittpunkt aus Waldort und Zeit geben dann Auskunft über die Fläche, die geerntet werden soll. Diese Flächen sind somit die Entscheidungsvariablen, durch die Berechnungen in optimaler Weise festgelegt werden. Sie werden deshalb als **veränderbare Zellen** bezeichnet und beinhalten zum Schluss das unmittelbare Ergebnis der Optimierung. Optimal ist die Kombination von Flächen und Maßnahmen, welche die mathematisch gewählte **Zielfunktion** maximiert. Ich möchte im Folgenden den Value-at-Risk als Zielgröße vorstellen, den man sich als Maximierung eines finanziellen Mindestbetriebswertes (ohne Boden) vorstellen kann, der in 99 % aller mög-

lichen Zukunftslagen erreicht werden soll (vgl. [16] und den Beitrag von HÄRTL ab S. 13 in dieser Ausgabe). Das dürfte der Einstellung vieler Waldbesitzer und aller versicherungsliebenden Menschen recht nahe kommen, da es sich dem Konstrukt nach um die Zielfunktion eines risikomeidenden Investors handelt. Zudem kann Risikovermeidung als Anwendung des Vorsichtsprinzips gesehen werden. Sie ist damit auch aus Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit heraus wünschenswert – schließlich sind die Folgen unseres Handelns die Basis für die kommenden Generationen.

Restriktionen schränken bei der Optimierungsberechnung den Raum möglicher Lösungen ein. Sie passen die Lösung durch Berücksichtigung betrieblicher Ansprüche aber auch besser an den jeweiligen Forstbetrieb an. Denkbar sind beispielsweise Umsetzungen von Hiebssatzkorridoren oder Forderungen nach einem Mindest- oder Zielvorrat oder eines gewissen Mindestdeckungsbeitrags pro Jahr. Bestandsbezogene Besonderheiten können über die **Eingangsdaten** berücksichtigt werden; so könnten z. B. Bringungserchwernisse über höhere Holzerntekosten eingehen.

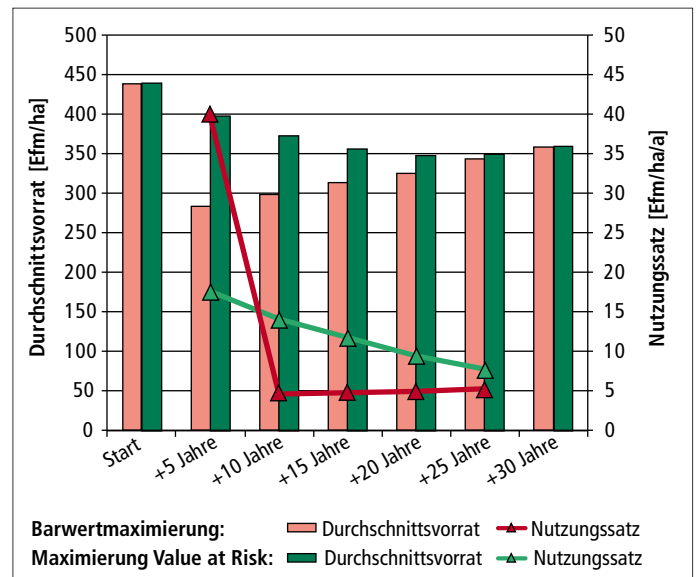
Im gerechneten Beispiel beschränke ich mich zunächst auf die Vorgabe der Bestandsflächen (jeweils nach Abzug der Schadflächen durch Käfer oder Sturm) und eine Zielvorratsrestriktion, um die Auswirkungen der Value-at-Risk-Zielfunktion für risikomeidende Entscheider klar darstellen zu können und der Ertragsorientierung vieler Waldbesitzer gerecht zu werden. Der Planungszeitraum beträgt 30 Jahre. Risiken wurden mithilfe von Überlebenswahrscheinlichkeiten [8], den Schwankungen der abgezinsten Zahlungsströme (Barwerte) [21] und gutachterlich festgelegten Ertragskorrelationen zwischen den Beständen integriert.

Kontinuierliche Nutzungen

Zunächst fällt auf, dass die Durchschnittsvorräte im Lauf des Planungszeitraums absinken (Abb. 2). Das ergibt sich aus dem aktuell hohen Durchschnittsalter, da eine große Anzahl alter Bestände die geforderte Verzinsung von 2 % nicht mehr erbringen kann. Der Abbau der besonders hohen Holzvorräte ist nicht überraschend, da auch andere Motive für eine Reduktion sprechen: sowohl ein Absenken des Betriebsrisikos [10] als auch waldbauliche

⁴⁾ Die FAUSTMANN-Formel zur Bestimmung des Bodenertragswertes funktioniert nach dem gleichen Prinzip, indem alle Ein- und Auszahlungen einer Umtriebszeit auf einen Betrachtungszeitpunkt bezogen werden. Durch die Verrentung dieser Barwerte wird von der Fortsetzung dieser Zahlungsabfolge bis in alle Ewigkeit ausgegangen.

Abb. 2:
Vorratsentwicklung und Nutzungssätze für die Zielfunktionen „Barwertmaximierung“ (rot) und „Maximierung des Value-at-Risk“ (grün) für das 99%-Quantil. Vorgabe war das Erreichen eines Endvorrats von 360 Efm/ha bis in 30 Jahren.



Vorteile wie Strukturerehalt oder die Sicherung von Mischbaumarten in der Naturverjüngung können nur durch eine Absenkung solch hoher Holzvorräte erreicht werden. Die eigentlich spannende Frage lautet daher, wie schnell der Vorrat abgesenkt werden soll. Konventionelle forstökonomische Kalküle – wie beispielsweise eine Maximierung des Barwertes⁴⁾ – führen zu einer sehr schnellen und groben Absenkung des Holzvorrates, der nur aufgrund der Zielvorratsforderung in den Folgeperioden wieder aufgebaut wird. Ohne diese Festlegung würde die Maximierung des Barwertes zum Ende des 30-Jahres-Zeitraumes aufgrund der besonders unausgeglichenen Altersklassenstruktur und dem hohen Durchschnittsalter auf einen Vorrat von 108 Efm/ha hinauslaufen, was weder als Handlungsempfehlung praktikabel, noch bei Berücksichtigung von Holzpreisschwankungen betriebswirtschaftlich empfehlenswert ist. Finanzielle Optimierungen unter Risiko kommen hingegen zu sehr praxisnahen optimalen Lösungen. Die langsame Absenkung des Holzvorrates im Fall des Value-at-Risk-Ansatzes ist vor dem Hintergrund klassischer forstökonomischer Kalküle erstaunlich: die Nutzungssätze einer Optimierung bei Berücksichtigung von Risiken sind aus sich heraus schon relativ ausgeglichen (Abb. 2), obwohl 60 % der Bestandesflächen bereits über 80 Jahre alt sind – was wiederum zu ungleichen Nutzungen führt. Woran liegt das? Zufällige Ereignisse und Holzpreisschwankungen lassen die Erträge schwanken, weshalb die Einschlüsse im Fall der risikomeidenden Zielfunktion zeitlich gestreut werden (Cost-Average Effekt). Dadurch sinkt der Betriebswert in unserem Beispiel um 3 % ab; es vermindert sich die Schwankung dieses Wertes durch die zeitliche Streuung

aber um ganze 36 %, sodass das Risiko viel geringer ist. Bei der weltweit öfters angewendeten Barwertmaximierung werden finanziell hiebsreife Bestände hingegen komplett und mit einem höheren Risiko, also öfters auch schlechteren Betriebsergebnissen, genutzt.

Weitere Vorteile

Das angewendete Verfahren ermittelt quasi „nebenbei“ strategische Ziele wie z.B. die finanziell optimale Umtriebszeit oder einen finanziell optimalen Vorrat. Zugleich wird der effizienteste Weg zur Umsetzung ermittelt. In unserem Fall ist das die effizienteste Kombination von Beständen und Entnahmesätzen. Somit eignet sich das Verfahren besonders gut zum Vergleich von Bewirtschaftungsalternativen.

Sollten sich die Ansprüche des Eigentümers oder die Struktur des Forstbetriebes innerhalb der Planungsperiode ändern, ergeben sich mit der Neuberechnung automatisch ein neuer Weg und eine Anpassung der Planung. Gleiches gilt, wenn man neue Erkenntnisse zu den Wuchsbedingungen oder Risiken (z. B. des Klimawandels) erhält.

Flexibilität sichern

Anpassungsfähigkeit ist besonders wichtig, da niemand weiß, wie die Zukunft aussehen wird. In einer umweltabhängigen und so langfristig ausgerichteten Branche wie der Forstwirtschaft ist es ratsam, verschiedene Handlungsoptionen für die Zukunft offen zu halten. Dazu bedarf es zunächst der Grundvoraussetzung, überhaupt in Entscheidungssituationen zu kommen. Die betriebliche Kontinuität ist hierfür beson-

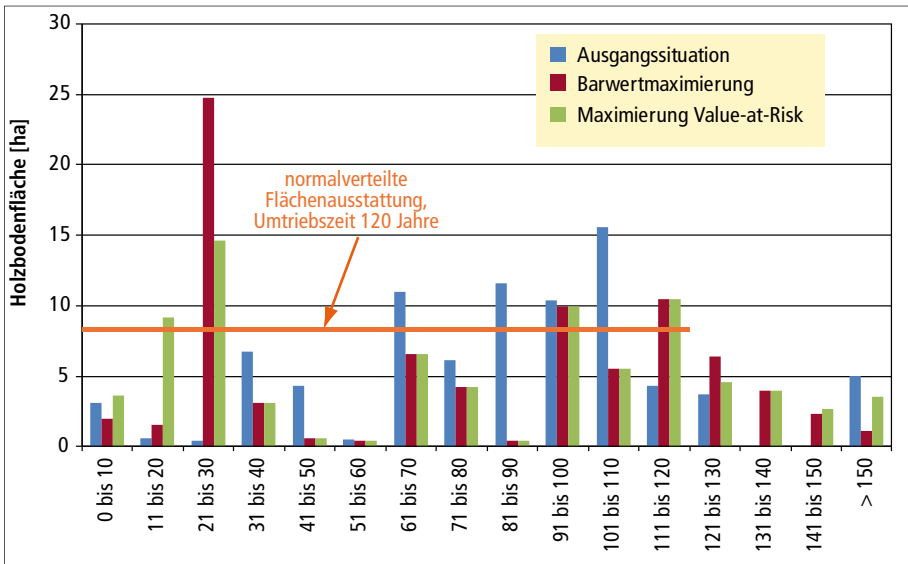


Abb. 3: Altersklassenverteilung (blaue Säulen = Ausgangssituation) nach 30 Jahren für die Zielfunktion „Barwertmaximierung“ (rotbraune Säulen) und „Maximierung des Value-at-Risk“ (grüne Säulen) für das 99-%-Quantil. Für beide Zielfunktionen wurde ein Zielvorrat von 360 Efm/ha gefordert. Die orange Linie markiert die Verteilung für einen normal verteilten Altersklassenaufbau.

ders wichtig. Sie kann beispielsweise durch einen zeitlich diversifizierten Einschlag durch Risikovermeidung (s.o.) und auf längere Sicht durch eine ausgeglichene Altersklassenstruktur sichergestellt werden (vgl. Abb. 3). Zugleich sollten die Waldbestände stabil sein, um möglichst wenige Entscheidungen durch Katastrophen „aufgezwungen“ zu bekommen. Dann besteht auch die Möglichkeit, flexibel reagieren zu können und Möglichkeiten des holzpreisangepassten Einschlags zu nutzen. Wie groß die Flexibilität dann zum einzelnen Zeitpunkt ist, ergibt sich v. a. aus der Anzahl von Handlungsoptionen. Letzteres kann kaum über die Ertragsplanung, wohl aber im Rahmen der Produktionsplanung gesteuert werden (z. B. bei der Bestimmung eines allgemeinen Bestockungszieles; [19]). Normalerweise stehen die Begriffe der Effizienz und Flexibilität in einem Spannungsverhältnis, da Flexibilität auch die Schaffung von Spielräumen (Redundanzen) für Unvorhersehbares bedeutet. Die Anwendung der Portfoliotheorie in der Forstwirtschaft fördert eine verstärkte Mischung von Eingriffszeitpunkten und Baumarten. Somit werden Aspekte der Flexibilität und der finanziellen Effizienz verbunden [12, 13, 14]). Nützliche Wechselwirkungen der Baumarten untereinander ermöglichen diese Vorteile.

⁵⁾ Wer neugierig geworden ist, kann seine Fertigkeiten mithilfe eines Beispiels aus dem neuen Lehrbuch „Forstbetriebsplanung als Entscheidungshilfe“ [16] trainieren. Auf der Internetseite des Fachgebietes www.waldinventur.vzw.tum.de findet man dazu ein Übungsblatt. Da die Übungsaufgabe auf der linearen Optimierung aufbaut, ist tendenziell mit sehr diskontinuierlichen Nutzungen zu rechnen.

Weiterer Forschungsbedarf

Die Anforderungen an die Menge und Güte der Daten sowie die softwaretechnische Lösung mag für viele Praktiker eine große Hürde darstellen. Nach den methodischen Vorarbeiten muss daher zukünftig ein Schwerpunkt auf der Vereinfachung der Modelle liegen. Ein Ziel könnte sein, durch die Vereinfachung auf weit verbreitete Software wie den Excel Solver zurückgreifen zu können⁵⁾; immerhin ließen sich auch mit dem Excel Solver für einen Planungszeitraum von 20 Jahren alle fünf Jahre Endnutzungsentscheidungen für 40 Bestände oder Bestandsgruppen optimieren. Momentan ist gerade für die Integration von Risiken kommerzielle Optimierungssoftware im Einsatz. Die Linearisierung von Risiken wäre somit ein weiterer wichtiger Baustein auf dem Weg zu einem Hilfsmittel für die Forstbetriebsplanung.

Fazit

In traditionellen Methoden der Forstbetriebsplanung ist der Effizienzgedanke weder durchgehend noch tiefgreifend verankert. Dieser Mangel kann mit der „linearen“ bzw. „nicht-linearen Programmierung“ ausgeglichen werden, sodass ein effizienter Ressourceneinsatz gewährleistet ist. Aus dem Vergleich alternativer Behandlungsvarianten können zudem Kosten der Durchführung oder der Unterlassung von Maßnahmen abgeleitet werden (die so genannten Opportunitätskosten). Solche finanziellen Konsequenzen von Handlungen werden inzwischen in

allen Waldbesitzarten abgefragt. Aus dieser Motivation werden am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung Bewirtschaftungsmodelle entwickelt, welche die finanzielle Effizienz und die Risiken von geplanten Maßnahmen berücksichtigen. Interessanterweise führt die Kombination einer von finanziellen Größen gesteuerten Optimierung mit der Berücksichtigung von Risiken und dem „Prinzip Vorsicht“ auch ohne Vorgabe eines Hiebsatzkorridores nicht zur schnellen Ernte aller alten Bestände, sondern zu kontinuierlichen, recht ausgeglichenen Nutzungen.

Literaturhinweise:

- [1] BECKER, G.; BORCHERS, J.; MUTZ, R. (2000): Die Motive der Privatwaldbesitzer in NRW: Eigentumsverbunden und nutzungsorientiert – den meisten ist Wald mehr als Holz. *AFZ-DerWald* 55. Jg., Nr. 22, S. 1181-1183. [2] BETTINGER, P.; BOSTON, K.; SIRY, J.; GREBNER, D. (2009): *Forest management and planning*. Elsevier/AP, Amsterdam. [3] COTTA, H. (1821): *Anweisung zum Waldbau*. 3. Auflage, Arnoldische Buchhandlung, Dresden. [4] DAVIS, L.; JOHNSON, K.; BETTINGER, P.; HOWARD, T. (2001): *Forest management: To sustain ecological, economic, and social values*. 4. Auflage, McGraw Hill, Boston. [5] DIRSCH, R.; KNOKE, T. (2007): Zur finanziellen Analyse der Höhe des Holzvorrates: Eine Anwendung der linearen Programmierung im Rahmen der Forstbetriebsplanung. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 178, S. 142-150. [6] FELBERMEIER, B.; GIELER, N. (2008): Optimierung in der praktischen Forstbetriebsplanung. *AFZ-DerWald*, 63. Jg., Nr. 17, S. 914-916. [7] FERGUSON, I. (1996): *Sustainable forest management*. Oxford University Press, Melbourne. [8] GRIESS, V.; ACEVEDO, R.; HÄRTL, F.; STAUPENDAH, K.; KNOKE, T. (2012): Does mixing tree species enhance stand resistance against natural hazards? A case study for spruce. *Forest Ecology and Management* 267, S. 284-296. [9] HAHN, A. (2010): Wie genau soll man bei Waldinventuren messen? *AFZ-DerWald*, 65. Jg., Nr. 19, S. 13-15. [10] HAHN, A. (2011): Können Vorsicht und Verzicht zur Gefahr werden? Von hohen Vorräten und steigenden Risiken. *AFZ-DerWald*, 66. Jg., Nr. 19, S. 11-14. [11] JÖBSTL, H. (1992): Die Nachhaltigkeit im Planungsmodell. In: Kurth H. (Hrsg.): *Forest management planning and management science: Guarantors of sustainability*. Proceedings of the IUFRO Centennial Meeting, Devison IV, Group S 4.04, Berlin/Eberswalde, 31. 8. bis 4. 9. 1992, S. 93-104. [12] KNOKE, T. (2008): Mixed forests and finance: Methodological approaches. *Ecological Economics* 65, S. 590-601. [13] KNOKE, T.; AMMER, C.; STIMM, B.; MOSANDL, R. (2008): Admixing broadleaved to coniferous tree species: A review on yield, ecological stability and economics. *European Journal of Forest Research* 127, S. 89-101. [14] KNOKE, T.; HAHN, A. (2007): Baumartenvielfalt und Produktionsrisiken: Ein Forschungseinblick und -ausblick. *Schweizer Zeitschrift für Forstwesen*, 158 (10), S. 312-322. [15] KNOKE, T.; MOSANDL, R. (2004): Integration ökonomischer, ökologischer und sozialer Ansprüche: Zur Sicherung einer umfassenden Nachhaltigkeit im Zuge der Forstbetriebsplanung. *Forst & Holz* 59. Jg., Nr. 11, S. 535-539. [16] KNOKE, T.; SCHNEIDER, T.; HAHN, A.; GRIESS, V.; RÖSSIGER, J. (2012): *Forstbetriebsplanung als Entscheidungshilfe*. Ulmer, Stuttgart. [17] KOHLER, C. (2011): Konsequenzen vorsichtiger und gleichmäßiger Nutzungsstrategien in vorratsreichen Forstbetrieben Südbayerns: Eine Fallstudie am Beispiel des Gemeindewaldes Hausham. Masterthesis, Freising. [18] KURTH, H. (1994): *Forsteinrichtung: Nachhaltige Regelung des Waldes*. Dt. Landwirtschaftsverlag, Berlin. [19] NEUNER, S.; BEINHOFER, B. (2011): Risiko und die finanzielle Ableitung des Allgemeinen Bestockungsziels. *AFZ-DerWald*, 66. Jg., Nr. 19, S. 8-10. [20] RIPKEN, H. (1997): Ökonomische Nachhaltigkeitskriterien im Forstbetrieb und ihre Berücksichtigung in der Forsteinrichtung. In: Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung. Bericht über die Jahrestagung am 9. und 10. Oktober 1997 in Schwerin: Nachhaltigkeitsprüfung durch die Forsteinrichtung und Organisation der Forsteinrichtung, S. 45-74. [21] ROESSIGER, J.; GRIESS, V.; KNOKE, T. (2011): May risk aversion lead to near-natural forestry? A simulation study. *International Journal of Forest Research* 84, S. 527-537. [22] ROESSIGER, J.; GRIESS, V.; KNOKE, T. (2011): Risiko als ökonomischer Grund zur Umwandlung: Vom Fichten-Altersklassenwald zum gleichaltrigen Buchen-Fichten-Mischbestand. *AFZ-DerWald* 66. Jg., Nr. 19, S. 6-8. [23] SCHAFFNER, S. (2001): *Realisierung von Holzvorräten im Kleinprivatwald: Typen von Kleinprivatwaldbesitzern und deren Verhalten bezüglich Waldbewirtschaftung und Nutzungsaufkommen*. Dissertation, Freising. [24] STANG, S.; KNOKE, T. (2008): *Weiterentwicklung der Forstbetriebsplanung in Deutschland*. Forst & Holz, 63. Jg., Nr. 11, S. 22-27.