

Modelle in der forstlichen Planung

Verena C. Griess

Neben Waldwachstumsmodellen, die das zukünftige Wachstum eines Bestandes prognostizieren, hat sich in den letzten Jahren ein zunehmendes Interesse an Modellen herausgebildet, mit denen das ökonomische Gesamtergebnis eines bewirtschafteten Waldes direkt abgeschätzt werden kann.

Die große Dynamik der Rahmenbedingungen für Produktionsprozesse im Wald sowie die steigenden Anforderungen an seine Funktionen führen zu einer Steigerung der Komplexität der Aufgaben forstlicher Planung, wie das im vorangegangenen Artikel geschilderte Beispiel eines möglichen Konfliktes zwischen Inanspruchnahme und Nutzung anschaulich abbildet (siehe Beitrag von Knoke, S. 4).

Mit klassischen Planungswerkzeugen wie Ertragstabellen ist dieses Aufgabenspektrum kaum noch darstellbar. Forstliche Systeme zur Unterstützung von Entscheidungen (EUS) versprechen hier Abhilfe. Sie sollen neben der Darstellung der Konsequenzen unterschiedlicher waldbaulicher Behandlungsstrategien ideale Baumartenmischungen sowie Möglichkeiten der Risikosenkung erfassen oder auch mögliche Veränderungen, bei Berücksichtigung von Ökosystemdienstleistungen, darstellen. Neben der Ableitung von Handlungsempfehlungen für einzelne Bestände oder für Betriebe, die sich aus einer begrenzten Anzahl an Einzelbeständen zusammensetzen, besteht eine weitere Herausforderung, die ohne EUS kaum machbar erscheint, in der Verknüpfung unterschiedlicher Optimierungsansätze sowie der Darstellung räumlich expliziter Behandlungsstrategien.

Dr. V. C. Griess ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München. Sie beschäftigt sich im Rahmen des Projektes ARANGE mit Risikoanalysen, der Bewertung von Sturm-, Schnee- und Insektenschäden sowie Holzpreisschwankungen als Risikofaktoren, der ökonomischen Bewertung von Ökosystemdienstleistungen sowie der Erstellung von Optimierungstools für multifunktionale Zielsetzungen im forstlichen Management.



Verena C. Griess
verena.griess@forst.wzw.tum.de

Voraussetzung für die Verwendung entsprechender Modelle ist eine profunde Kenntnis der Bedingungen am Wuchsort. Dies beinhaltet auch die Verfügbarkeit von Informationen zum Wachstum der Bestände vor Ort. Informationen, die mittels regelmäßiger Inventuren auf den jeweiligen Flächen gewonnen werden können, die aus verfügbaren Ertragstabellen, aber auch aus Waldwachstumsmodellen entnommen werden können. Je genauer also die Vergangenheit beobachtet wurde, umso genauer lässt sich – bei aller Unsicherheit – die zukünftige Entwicklung darstellen.

Im Folgenden soll ein Überblick über einige der heute verfügbaren Modelltypen aus dem Bereich der Forstplanung geboten werden und versucht werden aufzuzeigen, welche Nutzungsmöglichkeiten sich dem Anwender aus ihnen erschließen.

Modellansätze

Generell unterscheiden sich Modelle nach ihrer räumlichen und zeitlichen Skalierung (siehe [15], S. 81 ff). Die Bandbreite reicht hierbei von Modellen, die sich mit dem Wachstum einzelner Baumorgane befassen bis hin zu Modellen, die sich mit der Entwicklung ganzer Landschaften oder Biome befassen. Für eine gekoppelte ökonomische und ökologische Modellierung mit dem Ziel der Optimierung aller an das System gestellten Ansprüche (z. B. Ökosystemdienstleistungen (engl. ecosystem services; ES), müssen Erkenntnisse der verschiedenen Ansätze miteinander kombiniert werden. Eine konkurrenzbedingte Änderung des Ast-zu-Stamm-Biomasseverhältnisses beispielsweise spielt eine Rolle für die erzielbare Holzqualität. Die Möglichkeit, mehrere Baumarten in einem Betrieb oder Bestand miteinander zu kombinieren, bietet Vorteile hinsichtlich der Einschlagsplanung und ermöglicht es, bestehende Risiken abzumildern und so weiter.



Mit dem Projekt ARANGE (Advanced multifunctional forest management in European mountain RANGES) wird unter Nutzung der Daten aus sieben europäischen Regionen gezeigt, wie die Integration zahlreicher Ansprüche an Wälder mit den heute verfügbaren Modellen möglich ist. Ziel ist es, Strategien für ein multifunktionales Forstmanagement zu entwickeln. ARANGE wird im Rahmen des FP7 durch die Europäische Kommission gefördert.

Am Projekt ARANGE beteiligt sind: Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Swiss Federal Institute of Technology Zürich (ETHZ), Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (Cemagref), Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), University of Ljubljana, Biotechnical Faculty (UL), Národné lesnícke centrum (National Forest Centre – NFC), Forest Research Institute – Sofia (FRI), National Institute for Agricultural and Food Research and Technology (INIA), European Forest Institute (EFI), Universität Graz, Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel (UNIGRAZ), Institute of Forest Ecosystem Research (IFER), Geexpert Research and Planning GmbH (GEO), Stichting BirdLife Europe (BLE), Aranzada Gestión Forestal, S.L.P. (AGF), RTD Services und Technische Universität München (TUM).
www.arange-project.eu

Für Optimierungen auf der Bestandesebene werden häufig Modelle der dynamischen Programmierung, eine Methode zum algorithmischen Lösen von Optimierungsproblemen [1], zu Rate gezogen. Hierbei werden zunächst optimale Lösungen der kleinsten Teilprobleme berechnet und anschließend zu einer Lösung des nächstgrößeren Teilproblems zusammengesetzt. Ein Prinzip, das unter dem Begriff „teile und herrsche“ in der Informatik häufig zur Anwendung kommt [4].

Modelle, die für ganze Forstbetriebe ausgelegt sind, also eine Mehrzahl an Beständen zugleich berücksichtigen und optimieren können, verfolgen oft Ansätze der Linearen Programmierung. Welche Modelle nun für welche Nutzung infrage kommen können, wurde im Rahmen eines Expertentreffens der am entsprechenden Arbeitspaket des ARANGE Projektes (s. Kasten) im Juni 2012 in Freising erörtert. Aus zahlreichen existierenden Modellen wurden hier sechs Modelltypen hinsichtlich ihrer Einsatzmöglichkeiten einer genaueren Betrachtung unterzogen (Tab. 1).

Portfolio-theoretische Ansätze

sind sehr gut geeignet, die Entscheidungsfindung hinsichtlich einer geeigneten Baumartenwahl zu unterstützen [14]. Dabei können langfristig entstehende Opportunitätskosten für die Berücksichtigung von

Tab. 1: Modelltypen, die zur Evaluierung von Behandlungsstrategien sowie den Konsequenzen der Berücksichtigung verschiedener Ökosystemdienstleistungen Anwendung finden können

	Waldbesitzer/Anteilseigner	Mitglieder einer Interessengruppe
Produktionsplanung/ Investments	Portfolio-theoretische Ansätze	Zielprogrammierung (Goal Programming)
	Nichtlineare Programmierung (NLP)	Multikriterielle Entscheidungsanalyse (engl. Multi Criteria Decision Analysis MCDA)
Ertragsplanung	Lineare Programmierung (LP)	
	Mixed integer programming (MIP)	
	Nichtlineare Programmierung (NLP)	
Finanzierung	Zielprogrammierung (Goal Programming)	

Ökosystemdienstleistungen (ES) sowie finanzielle Risiken anhand biophysikalischer Daten berücksichtigt werden. Opportunitätskosten beschreiben hier einen entgangenen Gewinn, der dadurch entsteht, dass Möglichkeiten zur Ressourcennutzung nicht wahrgenommen werden.

Die Ergebnisse Portfolio-theoretischer Ansätze sind jedoch nicht räumlich spezifisch und dienen eher der Gewinnung eines allgemeinen Überblicks. Eine mögliche Anwendung im forstlichen Bereich ist die Ableitung des Allgemeinen Bestockungsziels.

Lineare Programmierung

Die von GEORGE B. DANTZIG [3] entwickelte Lineare Programmierung (LP) verwendet den Simplex-Algorithmus, der ein effizientes Vorgehen zur Lösung von Optimierungsproblemen erlaubt. Ein Verfahren, das für viele Entscheidungsprobleme im Rahmen der Forstbetriebsplanung gut geeignet erscheint, es jedoch nicht ohne weiteres ermöglicht, Risiken zu berücksichtigen. Im Rahmen der LP wird zum Startpunkt eines Optimierungsproblems eine Entscheidung getroffen, die das Ergebnis beeinflusst und nicht rückgängig zu machen ist. Für eine forstliche Optimierung könnte dies z. B. bedeuten, dass man sich zum Zeitpunkt 1 für eine Baumart, die Umtriebszeit sowie zeitliche Abstände zwischen den Durchforstungen entscheiden muss [11].

Nichtlineare Programmierung

Bei einer Nichtlinearen Programmierung (NLP) wird im Gegensatz zur Linearen Programmierung das Optimum einer Zielfunktion und verschiedener Nebenbedingungen gesucht, die nicht linear sind. Dies ist insbesondere relevant, da kaum ein zu optimierendes Problem existiert, dessen Einflussgrößen tatsächlich die gestellten Ansprüche an Linearität, Proportionalität oder Verlässlichkeit erfüllen. Bedingt durch die Vielschichtigkeit der zu lösenden Probleme gibt es hier kein Standardlösungsverfahren, sondern eine Vielzahl von Ansätzen, die teilweise nur für spezifische Probleme nutzbar sind. Entsprechend ist die Theorie der NLP, im Gegensatz zu der der LP, noch in der Entwicklung. Hierbei bereitet insbesondere die Frage, ob ein gefundenes Optimum ein globales oder nur ein lokales Optimum ist, noch Schwierigkeiten.

Die NLP eignet sich gut zur Berücksichtigung von Risiken, deren Nichtbeachtung nicht zuletzt aufgrund der langen Produktionszeiträume im forstlichen Segment schon lange nicht mehr zeitgemäß ist [17, 2, 7], was sie besonders interessant für Lösungsansätze im forstlichen Management macht.

Zielprogrammierung

Alle Probleme werden in der Realität von einer Vielzahl an Zielvorstellungen beeinflusst. Für den Wald bedeutet dies, dass er beispielsweise neben der Bereitstellung von Ressourcen auch Ökosystemdienstleistungen verschiedener Arten erbringen soll, es müssen also Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen vereint werden. Bei der Methode der Zielprogrammierung (engl. Goal Programming) versucht man diese Zielvorgaben simultan möglichst genau zu erreichen, wobei Abweichungen nach oben und unten minimiert werden. Die Alternative, bei der die Abweichungen also minimal sind, gilt als die vorteilhafteste. Zum Vergleich: Eine Lineare Programmierung besteht aus verschiedenen Restriktionen und einer einzelnen zu optimierenden Funktion, der so genannten Zielfunktion. Im Rahmen der Zielprogrammierung werden Restriktionen und ein Set an Zielen genutzt, die verschieden priorisiert werden [13]. Während die Zielprogrammierung nicht geeignet ist, Mitglieder einer Interessengruppe wie durch LP oder NLP hinsichtlich Investitionsentscheidungen zu unterstützen, ist es mit dieser Methode auf einfache Weise möglich, zahlreiche verschiedene Ziele wie eine Erhöhung der Biodiversität oder die Erhöhung der Schutzleistung zu berücksichtigen. Auch die Integration von Risiken ist mit dieser Methode möglich.

Die multikriterielle Entscheidungsanalyse

(MCDA) ist ein Verfahren zur Analyse von Entscheidungs- oder Handlungsmöglichkeiten, das in seiner Vorgehensweise der Zielprogrammierung ähnelt. Im Rahmen der MCDA wird kein einzelnes übergeordnetes Kriterium, sondern eine Vielzahl unterschiedlicher Kriterien genutzt, um Optionen oder Alternativen für die Entscheidungsfindung aufzubereiten. Ein mögliches Ergebnis einer solchen Analyse ist ein dimensionsloser Index über alle berücksichtigten Ziele.

Berücksichtigung von Risiken

Das forstliche Management erlebt momentan eine Zeit zunehmender Risiken, denkt man beispielsweise an die steigenden Zah-

len von Stürmen oder Insektenkalamitäten der vergangenen Jahre. Mit diesen Risiken entstehen erhebliche planerische Unsicherheiten. Um Risiken in Modellen zu berücksichtigen, bedarf es einer Vielzahl an Informationen hinsichtlich der Entwicklung aller unter Risiko stehender Aspekte eines Bestandes oder gar Betriebes, doch an der Integration von Risiken führt heute kein Weg mehr vorbei [6, 10].

Neben Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Schadereignissen sind dies Überlebenswahrscheinlichkeiten einzelner Baumarten, die idealerweise in Abhängigkeit vom Standort ermittelt werden, Schwankungen von Holzpreisen und sonstigen Marktentwicklungen, mögliche Veränderungen der Wuchs- und Umweltbedingungen und vieles mehr. Diese Informationen stehen bis dato bedauerlicherweise bei weitem nicht lückenlos zur Verfügung [6]. Entsprechend basiert die Integration von Risiken – sofern sie überhaupt stattfindet – heute in vielen Teilen noch auf Annahmen. Weiterhin führt die Integration von Risiken zu einer enormen Erweiterung des Umfangs entsprechender Modelle, was zu Problemen führen kann (z.B. der Verfügbarkeit einer entsprechenden Rechenleistung). Dies führt dazu, dass Modellansätze auf Betriebsebene häufig auf dem Niveau der linearen Programmierung verbleiben [8], [HAHN, S. 9 ff.].

Die Nichtlineare Programmierung ist daher die Methode der Wahl, wenn Risiken Beachtung finden sollen und so ein erster Schritt weg von der vielfach kritisierten starken Vereinfachung forstplanerischer und forstökonomischer Modelle getätigt werden soll. Neben einfachen Herangehensweisen, die auf nachvollziehbare Weise in [12, S. 298 ff.] beschrieben sind, wird am Fachgebiet für Waldinventur und Nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München seit einiger Zeit erfolgreich an der Entwicklung von Optimierungsmodellen, die den zahlreichen Anforderungen entsprechen, gearbeitet. Mit dem Optimierer YAFO beispielsweise ist es möglich, optimale Erntezeitpunkte zu bestimmen, optimale Behandlungskonzepte abzuleiten sowie finanzielle Risiken zu integrieren [siehe Härtl, vorliegende Ausgabe]. Weiterhin ist es möglich, die Ansätze für räumlich

explizite Optimierungen heranzuziehen, was sie zu einem leistungsstarken Entscheidungsunterstützungssystem macht. Ein ähnliches Modell namens HEUREKA wurde bereits für Schweden entwickelt. Leider erlaubt es momentan noch keine Berücksichtigung von Risiken.

Ausblick

Die stetige Weiterentwicklung bereits existierender Modelle sowie die Neuentwicklung alternativer Ansätze stellen einen wichtigen Schritt zur Meisterung der Herausforderungen an ein modernes forstliches Management dar. Die Möglichkeiten, die durch die Verknüpfung einer höheren Flexibilität und Optionen zur Risikovermeidung entstehen, sind auch ein geeignetes Mittel, um zu einer generationsübergreifenden Nachhaltigkeit zu gelangen [9] (siehe Beitrag von HAHN, S. 4 f. und KNOKE, S. 9 f.).

Die Herausforderung besteht insbesondere darin, die Nutzungen aus heutiger Sicht möglichst optimal zu terminieren, ohne zukünftige Entwicklungspotenziale und die Befriedigung der Ansprüche zukünftiger Generationen einzuengen. Neben der Integration von Ökosystemdienstleistungen sollen Modelle daher ein sich änderndes Klima und Baumarteninteraktionen in Mischbeständen berücksichtigen. Zugleich

muss die Datengrundlage eine verlässliche Aussage über finanzielle Zielgrößen beinhalten. Entsprechend ist es wichtig, neben der Entwicklung der Modelle auch zu einer realistischen Evaluierung der Ergebnisse verschiedener Methoden zu gelangen.

Aus diesen Anforderungen ergibt sich auch bei der Entwicklung der Modelle und ihrer Prüfung ein hoher Bedarf an empirisch erhobenen Daten. Der damit verbundene hohe Stellenwert fortlaufender Datenerhebungen im Wald im Rahmen von Inventuren unterstützt den Ruf nach einer Vereinheitlichung von Inventurmethode sowie den Datenaustausch über Länder- und Bundesgrenzen hinweg.

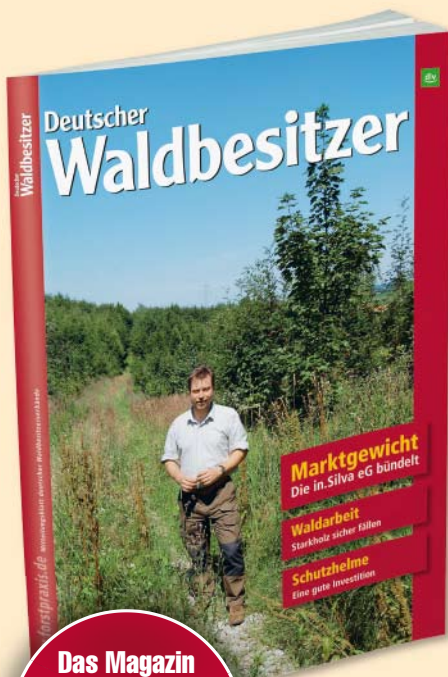
Insgesamt bedarf es zur erfolgreichen Bewirtschaftung komplexer Ökosysteme wie dem Wald nicht nur der Erarbeitung komplexer Modelle sowie der Integration fundierter Daten, sondern auch eines Umdenkens in philosophischen wie wissenschaftlichen Herangehensweisen [16]. So wird es dem forstlichen Management langfristig möglich sein, durch entsprechende Konsequenzen in seinen waldbaulichen Handlungen eine Vorreiterrolle einzunehmen. Stehen doch auch zahlreiche andere Wirtschaftszweige vor der entscheidenden Herausforderung, eine Vielzahl an Interessen zu berücksichtigen und so zu einer nachhaltigen, ökologisch

tragfähigen und sozial gerechten Wirtschaftsweise zu finden [5].

Literaturhinweise:

[1] BELLMAN, R. (2003): Dynamic programming. Dover Publications, Mineola, N.Y. [2] CLASEN, C.; GRIESS, V. C.; KNOKE, T. (2011): Financial consequences of losing admixed tree species: A new approach to value increased financial risks by ungulate browsing. *Forest Policy and Economics*; 13 (6), S. 503-11. [3] DANTZIG, G.; THAPA, M. (1997): Linear programming. Springer, New York, London. [4] ERIKSSON, L. (2006): Planning under uncertainty at the forest level: A systems approach. *Scandinavian Journal of Forest Research*; 21 (7), S. 111-117. [5] GRIESS, V. C. (2012): Zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Fichte in Mischbeständen: Ansätze zur Verbesserung der bioökonomischen Modellierung von Waldbeständen. Dissertation, Freising. [6] GRIESS, V. C.; HÄRTL, F.; ACEVEDO, R.; STAUPENDAHL, 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. [7] GRIESS, V. C.; KNOKE, T. (2012): Bioeconomic modelling of mixed Norway spruce – European beech stands Economic consequences of considering ecological effects. Freising. [8] HÄRTL, F.; KNOKE, T. (2012): Risk-sensitive timber harvest prediction and decision support for forest enterprises: The YAFO model. In Vorbereitung. [9] HAHN, W.; KNOKE, T. (2010): Sustainable development and sustainable forestry: analogies, differences, and the role of flexibility. *Eur J Forest Res*; 129 (5), S. 787-801. [10] HILDEBRANDT, P.; KNOKE, T. (2011): Investment decisions under uncertainty – A methodological review on forest science studies. *Forest Policy and Economics*; 13 (1), S. 1-15. [11] KNOKE, T. (2012): The Economics of Continuous Cover Forestry. In: Pukkala, T., Gadaw, K. (Hrsg.): Continuous Cover Forestry. Managing Forest Ecosystems. Springer, Dordrecht, Niederlande, S. 167-193. [12] KNOKE, T.; GRIESS, V. C.; HAHN, A.; ROESSIGER, J.; SCHNEIDER, T. (2012): Forstbetriebsplanung als Entscheidungshilfe. Ulmer, Stuttgart. [13] LAWRENCE, J.; PÄSTERNACK, B. (2002): Applied management science: Modeling, spreadsheet analysis, and communication for decision making. 2. Auflage. Wiley, New York, NY. [14] NEUNER, S.; BEINHOFER, B.; KNOKE, T. (2012): The optimal tree species composition for a private forest enterprise – applying the theory of portfolio selection. *Scandinavian Journal of Forest Research*, S. 1-11. [15] PRETZSCH, H. (2001): Modellierung des Waldwachstums: Mit 10 Tabellen. Parey, Berlin. [16] PUETTMMANN, K.; COATES, K.; MESSIER, C. (2009): A critique of silviculture: Managing for complexity. Island Press, Washington, DC. [17] ROESSIGER, J.; GRIESS, V. C.; KNOKE, T. (2011): May risk aversion lead to near-natural forestry? A simulation study. *Forestry*; 84 (5), S. 527-537.

Praxis-Tipps für Waldbesitzer!



Das Magazin
für erfolgreiche
Waldwirtschaft!

Seite für Seite auf den Punkt gebracht. Gleich bestellen und Sie erfahren alles über:

- ≡ die nachhaltige Nutzung auch kleinerer Waldflächen
 - ≡ erfolgreiche Vermarktungsstrategien und Betriebsführung
 - ≡ wirkungsvolle Pflegemaßnahmen im Wald
 - ≡ wichtiges Hintergrundwissen zur Forstpolitik
 - ≡ Waldbesitzer-Porträts und Vorstellung berühmter Wälder
 - ≡ offizielle Mitteilungen deutscher Waldbesitzerverbände
- Und vieles mehr!

**Gratis für Sie:
ein praktischer Metallbecher.**



JETZT BESTELLEN!

JA! Bitte senden Sie mir ab _____ die Zeitschrift *Deutscher Waldbesitzer* für ein Jahr und weiter bis auf Widerruf. Ich erhalte jährlich 6 Ausgaben zum Preis von 34,- €. Als Dankeschön-Geschenk erhalte ich einen Metallbecher.

Die Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH verarbeitet meine Daten in maschinenlesbarer Form. Die Daten werden vom Verlag genutzt, um mich mit den bestellten Produkten zu versorgen.

Name, Vorname _____

Straße, Nr. _____

PLZ, Ort _____

Telefon _____

E-Mail _____

Datum, Unterschrift _____

DW12ADPA 51

Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH
Leserservice • Lothstr. 29 • 80797 München
Tel. +49 (0)89-12705-388 • Fax -586
E-Mail: christina.egg@dlv.de