

Die Verwendung herkömmlicher Versuchsflächen

als Grundlage einfacher Bestandeswachstumssimulatoren

von Joachim Hradetzky, Freiburg

Die Anwendung der Simulationstechnik zur Lösung von Problemen der forstlichen Betriebsforschung stößt auf eine grundsätzliche Schwierigkeit: Es fehlt an geeignetem Beobachtungsmaterial, um die Modellparameter mit ausreichender Genauigkeit bestimmen zu können. Die Simulationstechniken mögen noch so ausgereift sein; wenn sie die Auswirkung der Einflußfaktoren auf die wichtigen Ertragsgrößen nur unzureichend berücksichtigen, sind auch sie wenig hilfreich. Hier liegt auch die Begründung für die bislang eher spärliche Anwendung dieser Technik als Entscheidungshilfe in der biologischen Produktion.

Das Fehlen von Beobachtungsreihen wiegt umso schwerer, als bei der Gewinnung verlässlicher Daten in der forstlichen Ertragskunde in der Regel längere Zeiträume ins Auge gefaßt werden müssen und vom Zeitpunkt der Begründung geeigneter Versuche bis zur Erarbeitung gesicherter Ergebnisse Jahre, wenn nicht Jahrzehnte vergehen. Hinzu kommt die Vielfalt der Wachstumsfaktoren, die bei der Versuchsanlage zu berücksichtigen sind und die i. d. R. Wiederholungen der Beobachtungsreihen für verschiedene Ausprägungsstufen der Faktoren erfordern. Die Grundlagenforschung kann ein Projekt als erfolgreich abgeschlossen betrachten, wenn die zu untersuchenden Zusammenhänge für ein enges Spektrum ausgewählter Versuchsbedingungen geklärt sind. Nicht so die Betriebsforschung; von ihr werden fundierte Entscheidungshilfen für das gesamte Spektrum wirtschaftlich bedeutsamer Bedingungen verlangt, die darüber hinaus noch weitreichende wirtschaftliche Konsequenzen haben.

Die forstlichen Versuchsanstalten Mitteleuropas verfügen aber über umfassendes Beobachtungsmaterial aus einem weitgestreuten, bis in die 70er Jahre des 19. Jahrhunderts zurückreichenden Netz von Versuchsflächen, das wesentliche flächenbezogene Bestandesmerkmale umfaßt: Stammzahl, Grundfläche, Mittelstamm (Durchmesser und Höhe) und Volumen des bleibenden und des ausscheidenden Bestandes sowie Bestandeswerte wie GWL, Summe der Vornutzungen und Zuwachs, zum Teil untergliedert nach soziologischen Klassen, nach Zukunftsbäumen und Füllbestand.

Es stellt sich zwangsläufig die Frage nach der Möglichkeit der Verwendung dieses wertvollen Datenmaterials für heutige Fragestellungen, nach seiner Erschließung auch für Simulationstechniken. Entscheidend für die Beantwortung dieser Frage ist der Informationsinhalt dieses Materials gemessen an den heutigen Erfordernissen.

Eine Reihe von Merkmalen, denen heute große Bedeutung in Bezug auf die Bestandesentwicklung beigemessen wird, sind früher nicht oder nur unzureichend erfaßt worden; man wird von diesen Aufzeichnungen daher wohl kaum Antworten auf Fragen nach dem Einfluß dieser Merkmale auf die Bestandesentwicklung erwarten können. Es sollte aber möglich sein, aus einer Vielzahl von Beobachtungsreihen mit sehr unterschiedlichen Behandlungsprogrammen allgemeine Gesetzmäßigkeiten des Bestandeswachstums in dem durch die Behandlungsprogramme abgedeckten Rahmen herauszuarbeiten, um sie zur Prognose des Wachstums für neue Behandlungsprogramme zu verwenden.

Das wichtigste Bestandesmerkmal für Simulationsmodelle ist der Zuwachs (Höhenzuwachs, Volumenzuwachs); je genauer er durch meßbare Bestimmungsgrößen - auch bezüglich seiner Verteilung auf einzelne Bäume oder Straten erklärt werden kann, desto genauer das Simulations- bzw. Prognosemodell. Die entscheidenden Bestimmungsgrößen sind

Baumart, Alter, Bonität, Ertragsniveau, Bestandesstruktur
(Bestockungsdichte, Standraumverhältnisse, Kronenentwicklung)
Behandlungsprogramm, Klima, Schadfaktoren.

Vier davon (Baumart, Alter, Bonität, Behandlungsprogramm) werden bei herkömmlichen Versuchsflächenaufnahmen exakt erfaßt; das Ertragsniveau kann indirekt ermittelt werden, das Klima ist aus Aufzeichnungen benachbarter Wetterstationen zu entnehmen. Nur die Einflußgröße Bestandesstruktur ist nicht ausführlich genug erfaßt.

Zweifelsohne ist die Bestandesstruktur diejenige Einflußgröße, die für heutige Fragestellungen von entscheidender Bedeutung ist: Es ist die Frage der Entwicklung der wichtigsten Bestandesmerkmale infolge unterschiedlicher Behandlungsstrategien. Zwar sind Art des Eingriffs und Zustand des Bestandes nach dem Eingriff exakt erfaßt; was fehlt, sind Stammverteilungspläne, die Beschreibung der Standraum- bzw. Konkurrenzverhältnisse einerseits und die daraus resultierende Kronenentwicklung, Verteilung des Zuwachses am Stamm u. a. m. andererseits. Die Kenntnis dieser Merkmale würde es ermöglichen, Wachstumsvorgänge für den Einzelbaum und den Bestand sehr genau nachzubilden und Simulatoren mit hoher Treffgenauigkeit zu entwickeln.

Näherungsweise können Strukturmerkmale des Bestandes durch das Globalmerkmal Bestockungsdichte ausgedrückt werden. Dies kann aufgrund der Versuchsflächendaten exakt bestimmt werden. Die damit verbundene Vergrößerung des Modells führt allerdings zu zusätzlicher Unschärfe, die bei der Interpretation der Ergebnisse im Auge zu behalten ist.

Als Maß für die Bestandesdichte kann das Verhältnis der Grundfläche zur maximalen Grundfläche verwendet werden. Das Bezugsmaß maximale Grundfläche kann in Anlehnung an REINEKE als Funktion des mittleren BHD definiert werden:

$$N_{\max} = p_1 d_g^{-p_2} \quad G_{\max} = \frac{\pi}{4} d^2 p_1 d_g^{-p_2} \quad k d_g^{2-p_2}$$

Der Parameter p_2 beträgt nach REINEKE für die meisten Baumarten 1,605; k dagegen ist standortsabhängig und steht in engem Zusammenhang mit dem Ertragsniveau (STERBA 1981). Diese Beziehung ist insofern von Vorteil, als sie erlaubt, auch für ältere Bestände, die in der Natur infolge von Eingriffen nur mit verhältnismäßig geringer Bestockungsdichte vorzufinden sind, maximale Grundflächenwerte zu errechnen. Sie ist nicht unumstritten und führt m. E. im Starkholz zu überhöhten Werten.

Bezüglich der Auswirkung der Bestandesdichte ρ auf den Zuwachs können drei Bestockungsbereiche unterschieden werden:

- Kein Konkurrenzdruck, Bestandesdichte unterhalb der Konkurrenzschwelle ρ_1 ($0 < \rho < \rho_1$)

Für diesen Bereich wird ein direkt proportionaler (= linearer) Anstieg des Zuwachses mit zunehmender Bestandesdichte angenommen;

- ansteigender Konkurrenzdruck mit weiter ansteigendem, aber abflachendem Zuwachs im Bereich Konkurrenzschwelle optimale Bestockungsdichte ρ_2 ($\rho_1 \leq \rho < \rho_2$);

gleichbleibender (oder abnehmender?) Zuwachs im Bereich zwischen optimaler und maximaler Bestockungsdichte ($\rho_2 \leq \rho < 1$).

Versteht man das Ertragsniveau (EN) als die Fähigkeit des Standortes, eine bestimmte Anzahl von Bäumen gegebener Dimension "ernähren" zu können (STERBA 1981), kann es in der Reduktionsfunktion folgendermaßen berücksichtigt werden:

- Bei Bestockungsdichte unterhalb der Konkurrenzschwelle ist das EN auf den Zuwachs ohne Einfluß; die Reduktionskurven verschiedener EN sind identisch.
- Für Bestockungsdichten oberhalb der Konkurrenzschwelle ist bei gleicher Grundfläche der Konkurrenzdruck bei höherem EN geringer im Vergleich zu niedrigerem EN. Die Abflachung der Reduktionsfunktion ist bei höherem EN folglich geringer.

Ein geeignetes mathematisches Modell für eine derartige Zuwachs-Reduktionsfunktion z. B. könnte lauten:

$$\phi(\rho, q) = \frac{1}{\rho_1 + \rho_2} \cdot \begin{cases} 2 q \rho & 0 \leq \rho \leq \rho_1/q \\ \frac{q^2(-\rho^2 + 2\rho\rho_2) - \rho_1^2}{q\rho_2 - \rho_1} & \rho_1/q < \rho < \rho_2 \\ q\rho_2 + \rho_1 & \rho_2 \leq \rho \leq 1 \end{cases}$$

$$\rho = G/G_{\max}, \quad q = G_{\max}/G_{\max}, \text{ mittl. EN}$$

Wegen der geringen Wuchsdynamik führt ein und dieselbe Bestockungsdichte bei geringerer Bonität zu höherer Zuwachsreduktion als bei höheren. Dies kann rechnerisch über eine höhere Bestockungsdichte zum Ausdruck gebracht werden:

$$\rho_B = \rho \cdot e^{\rho_1(B-B_0)} \quad B \text{ Bonität}$$

Analoges gilt für die Altersentwicklung. Es ist naheliegend, die altersbedingte Wuchsdynamik aufgrund des laufenden jährlichen Höhenzuwachses zu "messen". Die Transformation lautet

$$\rho_{B, \Delta h} = \rho_B \cdot e^{\rho_2(\Delta h - \Delta h_0)}$$

(Dem Einfluß der unterschiedlichen Kronenausformung infolge früherer Bestandesbehandlungen auf den Zuwachs könnte auf ähnliche Weise durch den - ersatzweisen - Einbezug des h/d-Verhältnisses Rechnung getragen werden).

Die Zuwachsgleichung lautet dann

$$\Delta v = f(t, B) \phi(\rho_B, \Delta h)$$

$f(t, B)$ Zuwachs als Funktion des Alters und Bonität

Diesem Zuwachsmodell können folgende Einwände entgegengebracht werden:

- Trotz gleicher Strukturmerkmale können Bestände über unterschiedliche Wachstumspotentiale (unterschiedliche "Entwicklungspfade" infolge unterschiedlicher Behandlungsstrategien) verfügen.
- Die Entwicklung des Zuwachses nach einem Eingriff (zunächst Aufbau des Assimilationsapparates, erst dann verstärkter Zuwachs) wird nur unzureichend berücksichtigt.
- Als Indikator der Bestandesdichte in Bezug auf den Zuwachs ist die Grundfläche bzw. die Grundfläche allein nicht das geeignete Maß.

Diese Einwände sind sicher berechtigt; sie werden zur Unschärfe des Modells beitragen, sofern sie nicht im Zuge seiner Weiterentwicklung entkräftet werden können.

Wachstumssimulator für die Douglasie in Baden-Württemberg

Die Erprobung des vorgeschlagenen Weges wurde an der Baumart Douglasie vorgenommen. Wegen der unvermeidbaren Vereinfachungen wurden die Ansprüche bezüglich der Erwartungstreue des Modells nicht allzu hoch angesetzt. Neben der Zuwachsreduktionsfunktion werden folgende Grundbeziehungen verwendet:

Laufender jährlicher Zuwachs

$$f(t, B) = p_1 \left(\frac{B}{B_0}\right)^{p_2} e^{p_3 \tau^{p_4}} p_3^{p_4} \tau^{p_4-1} \tau = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{p_5} \cdot t$$

als erste Ableitung der KORF'schen Wachstumsfunktion

$$F(t, B) = p_1 \left(\frac{B}{B_0}\right)^{p_2} e^{p_3 \tau^{p_4}}$$

Oberhöhe

$$h = B e^{p_1 (\tau^{p_2} - \tau^{p_2/100})} \quad \text{für } \tau = \left(\frac{B}{B_0}\right)^{p_3} \cdot t, \quad p_2 < 0$$

Die Bonitierung der einzelnen Flächen wurde mit Hilfe einer Differentialgleichung für das Richtungsfeld Alter - Höhe - Höhenzuwachs vorgenommen.

Die Differenz Oberhöhe - Mittelhöhe

$$h - h_g = p_1 \cdot e^{p_2 \cdot h} \cdot p_3$$

Derbholzformzahl

$$F = (p_1 + p_2 \cdot hd) \left(\frac{hg}{hg - 1.3} \right)^{p_3} - (p_4 + p_5 \cdot hd) \cdot hg^{(p_6 + p_7 \cdot hd)}$$

Für die Initialphase wurde eine etwas abweichende Modellstruktur gewählt.

Die Modellparameter wurden durch lineare Regression zum Teil durch iterative Verfahren und durch computergestützte graphische Verfahren geschätzt. Anschließend wurde ein Computerprogramm als einfacher Wachstumssimulator erstellt. Inwieweit dieser Simulator das Wachstum der Douglasie richtig wiedergibt, wurde durch die Nachbildung der Wachstumsabläufe aller Versuchsflächen aufgrund der Erstaufnahme und der Durchforstungseingriffe überprüft. Insgesamt wurde gute Übereinstimmung aller wichtigen Ertragsdaten festgestellt. Dies gibt Anlaß zur Hoffnung, einfache Bestandeswachstums-Simulatoren auf der Grundlage vorhandener Beobachtungsreihen erarbeiten und somit jenen Zeitraum überbrücken zu können, der bis zur Bereitstellung einer geeigneteren Datenbasis von ausreichendem Umfang sicher noch vergehen wird.

Das vorliegende Modell stellt lediglich einen ersten Versuch dar; eine Weiterentwicklung und Verfeinerung ist vorgesehen.

Zusammenfassung:

Die vorliegende Arbeit ist als Versuch anzusehen, das aus herkömmlichen Versuchsflächen gewonnene Datenmaterial für Simulationstechniken zu erschließen. Dies wird am Beispiel der Douglasie gezeigt. Dabei kommt der Entwicklung des laufenden jährlichen Volumenzuwachses in Abhängigkeit von Alter, Bonität, Ertragsniveau und Bestandesdichte zentrale Bedeutung zu. Altershöhenkurven und Formzahlgleichungen ergänzen das Modell. Diese Grundbeziehungen erlauben die Auswirkung unterschiedlicher Behandlungsprogramme auf die Entwicklung relevanter ertragskundlicher Größen durch Simulation zu prüfen.

Literaturhinweise:

- HRADETZKY, J. 1981 Zur Frage der Leistung und Behandlung
KENK, G. von Douglasienbeständen in Baden-Württ.
Deutscher Verband Forstl. Forschungs-
anstalten, Sektion Ertragskunde in Soest
- REINEKE, L.H. 1933 Perfecting a stand density index for
even aged forests
J. Agril. Res. 46
- STERBA, H. 1981 Natürlicher Bestockungsgrad und
Reineke's SDI
Centralblatt des ges. Forstwesens 98,2
- STERBA, H. 1981 Ertragsniveau: Definition und Schätzung
Deutscher Verband Forstlicher Forschungs-
ansalten, Sektion Ertragskunde in Soest

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien](#)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [147_1983](#)

Autor(en)/Author(s): Hradetzky Joachim

Artikel/Article: [Die Verwendung herkömmlicher Versuchsflächen als Grundlage einfacher Bestandeswachstumssimulatoren 211-217](#)