

ONLINE-BESTELLUNG dokumentUM



TUM-000010584

Bestelldatum: 2008-04-14 09:36:54

Benutzernummer 04000708503
Name Klemmt

Straße TU-Weihenstephan Hauspost
Postleitzahl 85350
Ort/Stadt Freising
E-Mail-Adresse stefan.stelzmueller@lrz.tum.de

Unter Anerkennung des Urheberrechtsgesetzes wird bestellt:

ISSN 0002-5860
Zeitschrift AFZ
Aufsatz-Autor
Aufsatz-Titel Rahmenbedingungen fuer die Konstruktion forstlicher Wachstumsmodelle und Simulationsprogramme
Band/Heft (22)
Jahrgang 88
Seiten 615-617

Signatur 1006/FOR 001z 21050

Vermerk der Bibliothek

- Jahrgang nicht vorhanden
- verliehen
- nicht am Standort
- beim Buchbinder
- vermißt
- Sonstiges

Das Forstbetriebsklassensimulationsmodell FOBSI

Die Auswirkungen forstbetrieblicher Pläne und Ereignisse reichen in die sehr ferne Zukunft. Ihre Prognose und zielbezogene Beurteilung ist Voraussetzung rationaler Bewertung und Entscheidungsfindung. Dynamische Simulationsmodelle können dabei eine wertvolle Hilfestellung geben. Ein solches Modell ist FOBSI^{*}), das an der Universität für Bodenkultur in Wien beim Institut für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik entwickelt und erprobt wurde.

Die vorliegende Dokumentation über den Forstbetriebsklassensimulator (FOBSI) für Waldentwicklungsprognosen, Nachhaltigkeitsregelung und Betriebsbewertung ist in drei Abschnitte gegliedert. Der erste Abschnitt enthält theoretische Grundgedanken über Nachhaltigkeitsmodelle, das „dynamische Übergangmodell“, das Modell FOBSI sowie die Elemente waldbezogener ökonomischer Kalkulationen. Im zweiten Abschnitt werden Anwendungsbeispiele von FOBSI vorgestellt, der dritte Abschnitt umfaßt Benutzerinstruktionen, die Programmbeschreibung, Musterdrucke und Literaturhinweise.

Modelle sind als die Vorstufen der Theoriebildung wichtige Hilfsmittel für Prognosen, Bewertungen und Entscheidungen in der Wirtschaftswissenschaft. Ihr Hauptzweck für praktische Entscheidungen liegt in der Analyse und Bewertung von Alternativen durch Vorausberechnungen ihrer Konsequenzen.

Eine besondere Anwendungstechnik der Modellberechnung ist die Computer-Simulation. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, Modelle sehr komplexer realer Systeme zu konstruieren und das Verhalten dieser Modelle unter wechselnden Bedingungen mit veränderlichen Variablen zu untersuchen. Aus den gewonnenen Ergebnissen dieser Modellberechnungen können in der Folge Rückschlüsse auf den voraussichtlichen Ablauf der Wirklichkeit abgeleitet werden. Insbesondere bei

^{*}) Betriebsklassensimulationsmodell FOBSI – Anwendungsbeispiele, Benutzerinstruktion, EDV-Programm. Von Prof. Dr. Hans Jöbstl, Heft 6 der Berichte aus der Abteilung für Rechnungswesen und forstliche Marktlehre, Institut für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik der Universität für Bodenkultur, Wien. Brosch., 112 S., zahlreiche Grafiken und Tabellen, Preis 200,- öS, Österreichischer Agrarverlag, Wien.

(Fortsetzung von Seite 613)

inzwischen etwa 70 % der gesamten Weymouthskieferbetriebsklasse vollständig natürlich verjüngt.

Ein Nachteil der Technik einzelstammweiser Nutzung, der allerdings nach hiesiger Erfahrung nicht schwer wiegt, ist der dezentrale Arbeitseinsatz.

Die vorstehende grobe Zwischenbilanz zeigt für einen relativ kurzen Zeitraum, daß die wirtschaftliche Zielsetzung und die zu deren Erreichen gewählte Waldbautechnik richtig waren. Es scheint so, als gäbe es in Anbetracht der Immissionsschäden für andere Baumarten ein prekäres Interesse für dieses Modell. Dies, zumal Untersuchungen in der Tschechoslowakei ergaben, daß infolge von Immissionsschäden nicht zuerst die vorherrschenden, sondern eher die der Kraftschen Klasse 2 a angehörenden Bäume ausfallen.

der Untersuchung langfristig wirksamer Vorgänge und Abläufe kommt der Simulationsrechnung große Bedeutung zu. Da Modelle die Wirklichkeit stets nur unvollständig abbilden können, können die Ergebnisse in jedem Fall eine Entscheidung nicht ersetzen, sondern immer nur erleichtern und stützen.

Für die Berechnung und Erklärung von Abhängigkeiten zwischen Einsätzen und Ergebnissen in der forstlichen Produktion bedient sich die Forstliche Betriebswirtschaftslehre der beiden Basismodelle „Aussetzender Betrieb“ und „Normale Betriebsklasse“ (Normalwaldmodell). Als Idealmodelle des Forstbetriebes beschreiben sie jedoch Extremsituationen, die in der Wirklichkeit nur ausnahmsweise anzutreffen sind.

Am Modell der normalen Betriebsklasse (Normalwaldmodell) wurden in der forstlichen Betriebswirtschaft bisher die meisten mittel- und langfristigen Planungsüberlegungen angestellt. Als Beispiele seien die optimale Produktionsdauer, Behandlungsprognosen und der nachhaltig erzielbare Einschlag genannt.

Eine für Planungszwecke erforderliche realistische Abbildung des Forstbetriebes ist durch eine Verbindung der Basismodelle „Aussetzender Betrieb“ und „Normalwald“ erreichbar. Als Ergebnis entsteht ein weiteres Modell, das eine operationale und realistische Erfassung des forstlichen Nachhaltigkeitsbetriebes ermöglicht. Dieses als „Dynamisches Übergangmodell“ bezeichnete Modell dient als Konzept des Simulationsmodells FOBSI.

Bei den herkömmlichen Hiebsatzberechnungen wird der aktuelle Zustand mit dem Normalwaldmodell verglichen und der nachhaltige Hiebsatz auf der Basis dieses Vergleichs errechnet. Über den dynamischen Aspekt eventueller Veränderungen der Betriebsklasse werden keine Aussagen gemacht. Das dynamische Übergangmodell umfaßt mehrere verschieden aufgebaute, qualitativ und leistungsmäßig unterschiedliche Betriebsklassen. Die Kostenbedingungen variieren. Die Maßgrößen bzw. Bewertungskriterien des neuen Modells sind zum einen der Normalzustand und seine Leistungen mit Vorräten, Vermögenswerten, Massen- und Wertzuwachs, Arbeitsvolumen, Aufwand, Ertrag, infrastrukturelle Leistungen. Zum anderen werden die Zustände und Ergebnisse im Übergangszeitraum (Holzanfall, Einnahmen, Ausgaben, Arbeitsvolumen sowie die Tendenzen des Derbholzvorrates, des Flächendurchschnittsalters, des liquidierbaren Vermögens und des Leistungswertes) mit den Normaldaten verknüpft.

Die Gesamtheit dieser Kriterien enthält nun die wichtigsten Informationen über den ökonomischen Wert einer Betriebsklasse und stellt die Grundlage für die Beurteilung von Plänen dar.

Dem Simulationsmodell FOBSI liegt der Grundgedanke zugrunde, daß die haubaren

Waldbestände nach bestimmten Strategien und Regeln unter gleichzeitiger Einhaltung von Nebenbedingungen schrittweise genutzt werden und die damit verbundenen Ergebnisse und Veränderungen als Konsequenzen der Nutzungseingriffe berechnet werden. Am Ende jeder Teilperiode werden die Waldbestände altersstufenweise fortgeschrieben und eine rechnerische Inventur erstellt, die den Ausgangszustand der Folgeperiode darstellt. Somit ist der Zyklus der Modellberechnung beliebig fortsetzbar.

Als Strategien können die folgenden Möglichkeiten gewählt werden:

- Nutzung der Normalfläche,
- Hiebsatzformeln für die Berechnung der Endnutzung je Periode,
- ausgeglichener Hiebsatz für den gesamten Simulationszeitraum,
- vorgegebene Untergrenze für den finanziellen Überschuß (Deckungsbeitrag),
- Einschlag und/oder Überschuß für mehrere Teilperioden vorgeben, für die Restsimulationsdauer ausgeglichen oder nach Hiebsatzformel.

Die rechnerische Erfüllung des Einschlages setzt bei den Beständen mit dem höchsten relativen Alter, bezogen auf die Umtriebszeit, ein. Kalamitäten können nach Ausmaß und Zeit vorgegeben werden, ebenso Nutzungsprioritäten in jüngeren Altersstufen. Weiter besteht die Möglichkeit des Wechsels zwischen den Wuchserien innerhalb der einzelnen Standortbetriebsklassen, z. B. Baumartenwechsel nach Endnutzungen, Wechsel im Betriebszieltyp bzw. im Behandlungsprogramm als Folge von Wildschäden.

Der Ergebnisausdruck enthält neben den auch grafisch dargestellten Bestandesgrößen (Zustandsvariable Holzvorrat, Vermögenswert und Flächendurchschnittsalter) und den Bewegungsgrößen (Ergebnisvariable Gesamtnutzung, Endnutzung und finanzieller Deckungsbeitrag) des Simulationszeitraumes eine Reihe weiterer absoluter und relativer Kenngrößen zur Beschreibung der Betriebsklasse bzw. der Auswirkungen einer bestimmten Alternative.

Die Resultate der Simulation geben die Tendenzen der Werte verschiedener Kriterien im Zeitablauf an und erlauben eine Überprüfung der Wirkungen von Planalternativen und Strategien, insbesondere hinsichtlich des Nachhaltigkeitszieles. Daneben liefern sie die Grunddaten für die Ermittlung und Bewertung der Leistungskapazität des Forstbetriebes.

Das Simulationsmodell FOBSI ist aus Gründen der verfügbaren Arbeitskapazität eher einfach konzipiert. Schwierigkeiten bereiten vor allem noch:

- die arbeitsaufwendige Aufbereitung der Daten,
- ein Sortenberechnungsprogramm existiert bisher nur für die Fichte,
- Schafffunktionen müssen im Einzelfall durch gesonderte Untersuchungen ermittelt werden,
- das Problem der Unsicherheit der zukünftigen Entwicklung (Markt, Holzpreise) kann kaum quantifiziert werden,
- bei der Wertholzucht ist selbst die Erreichung des natürlichen Produktionszieles in hohem Maß von Zufälligkeiten abhängig und kaum abschätzbar,
- Kalamitäten können nur gutächlich oder nach Erfahrungsdaten berücksichtigt werden.

AFZ/US

Rahmenbedingungen für die Konstruktion forstlicher Wachstumsmodelle und Simulationsprogramme

Von H. Pretzsch, München ¹⁾ und H. Bossel, Kassel ²⁾

Die forstliche Praxis ist bei der Beurteilung forstlicher Maßnahmen, wie etwa Durchforstung oder Düngerapplikation, bestrebt, in ökosystemaren Zusammenhängen zu denken. Die entsprechenden biometrischen Methoden zur Erfassung ökosystemarer Prozesse, das Denken in kybernetischen Systemen und dynamischen Modellen ist demgegenüber in der Forstwissenschaft noch wenig verbreitet. Prozeßorientierte, dynamische Bestandeswachstumsmodelle etwa bieten viele Vorteile. Beispielsweise können Umweltveränderungen modellintern leichter berücksichtigt werden. Demgegenüber ist die Anwendung statischer Modelle, z. B. unserer Ertragstafeln, streng genommen auf die Umweltbedingungen begrenzt, unter denen sie entwickelt wurden.

Gegenwärtig läßt sich in der Bundesrepublik Deutschland eine gewisse Polarisation feststellen, einerseits hin zu solchen forstwissenschaftlichen Forschungseinrichtungen, die über ein umfangreiches Datenmaterial aus forstlichen Versuchen verfügen und vorwiegend praxisorientierte Basisauswertungen durchführen. Andererseits leidet die junge Disziplin der Modellerstellung nach kybernetischen Gesichtspunkten, welche neue erfolgversprechende Ansätze zur Wachstumssimulation verfolgt, vielfach unter einem Mangel an Daten, die zur Konstruktion und Verifizierung von Modellen erforderlich sind.

Forstwissenschaftler, die sich mit solchen Bestandeswachstums-Fragen befassen, die komplexe Modellansätze und zeitaufwendige Programmierarbeit erfordern, sind die Zielgruppe der folgenden Entwicklungsarbeit: Unter der Schirmherrschaft der European Science Foundation soll ein Bestandeswachstums-Simulationsprogrammpaket ausgearbeitet werden. Anläßlich einer Arbeitstagung an der Universität Edinburgh vom 1. bis 4. Dezember 1987 wurde spezifiziert, welche Anforderungen an ein solches Programmpaket zu stellen sind.

Hintergrund

Die Beschreibung des Waldaufbaus in Modellen und die Simulation des Waldwachstums hilft der forstlichen Praxis bei der Beurteilung unterschiedlicher Bewirtschaftungsvarianten und unterstützt die Entscheidungsfindung. Der Forstwissenschaft können Bestandeswachstumsmodelle aufschlußreiche Einblicke in komplizierte Wachstumsprozesse verschaffen. Sie sind die Grundlage für ein tieferes Verständnis des Bestandeswachstums.

Eingangswerte für die gebräuchlichsten Modelle in der Forstwirtschaft, die Ertragstafeln, sind in der Regel Größen, die bereits verdichtete Information enthalten wie etwa Bonität, Ertragsniveau und Bestandesmittelhöhe. Komplexere Modelle für das Bestandeswachstum greifen vielfach auf wesentlich elementarere Eingangsgrößen zurück wie auf die Primärfaktoren Licht, Wasser und Nährstoffversorgung.

Ebenso weit wie das Spektrum der Basisgrößen und Anwendungsbereiche für Wachstumsmodelle ist auch das Spektrum der Modellstrukturen. Unseren Ertragstafeln, die in der Regel rein statische Modelle sind (Abb. 1), liegen in einiger Fällen noch manuell-grafisch ausgeglichene Kurven zugrunde. Neuere dynamische Wachstumsmodelle (Abb. 1), die in der Praxis bisher nur wenig verbreitet sind, basieren demgegenüber auf äußerst komplexen Systemen von Differentialgleichungen, mit denen Wachstumsvorgänge prozeßorientiert simuliert werden können.

Die Teilnehmer an der Arbeitstagung „Forstliche Modellbildung“ in Edinburgh kamen von Forschungsinstituten aus England, Schottland, Finnland, Niederlande, Spanien und der Bundesrepublik Deutschland und sind mit den verschiedensten Modellierungs- und Simulationsfragen befaßt. Es wurden einige gemeinsame Probleme herausgestellt, die auf diesem Arbeitsfeld gegenwärtig von Bedeutung sind. Diese Problemstellungen gaben den Anstoß zur Entwicklung eines Simulationsprogrammpaketes im Rahmen eines längerfristigen europäischen Gemeinschaftsprojektes unter Schirmherrschaft der European Science Foundation.

Zentrale Problemstellungen

Unter den Tagungsteilnehmern bestand die einhellige Meinung, daß gegenwärtig folgende Problemstellungen das Arbeitsfeld „Forstliche Modellbildung“ beherrschen:

Die Modellbildung ist eine äußerst zeitaufwendige Aufgabe, sie erfordert biometrische Kenntnisse, Programmierarbeit und systemanalytisches Denken. Weiter sind je nach Komplexität der zu entwickelnden Modelle mehr oder weniger umfangreiche Grundlagendaten zur Verifizierung der Modelle erforderlich. Schon die Entwicklung unserer gebräuchlichen Ertragstafeln, die hier einmal als relativ überschaubare statische Modelle bezeichnet werden sollen, erfordert Programmierarbeit, mathematische Methodenstudien und Adjustierungsarbeiten, die sich über mehrere Monate bzw. Jahre erstrecken können. Die Anpassung solcher Ertragstafeln an neue Verhältnisse kann in der Regel nur vom Konstrukteur in zufriedenstellender Weise erledigt werden, während das für

die Folgegeneration äußert schwierig und zeitaufwendig ist.

In der Regel sind größere Modellprogramme schlecht dokumentiert und kommentiert. Es existieren meist keine Schaltbilder, welche den Modellaufbau für den Benutzer offenlegen. Die Übernahme solcher Modelle oder einzelner Modellkomponenten für andere Zwecke wird dadurch erschwert. Oft geht man nach vergeblichen Versuchen den Aufbau und das Verhalten älterer, kompakt programmierter Modelle zu erfassen dazu über, das Modell in Teilen oder völlig neu zu programmieren, womit ein hohes Maß an doppelter Entwicklungsarbeit geleistet wird.

Rein statische Modelle, die von gleichbleibenden Umweltbedingungen ausgehen, werden mit Sicherheit in Zukunft an Bedeutung verlieren weil sie zu wenig flexibel sind. Wie etwa die Walderkrankungen gezeigt haben, ist die Anwendbarkeit unserer gängigen Ertragstafeln in geschädigten Waldbeständen stark eingeschränkt. Jede Korrektur der Ertragstafeln, d. h. jede Anpassung an die gegenwärtige Waldschadenslage durch Korrekturgrößen

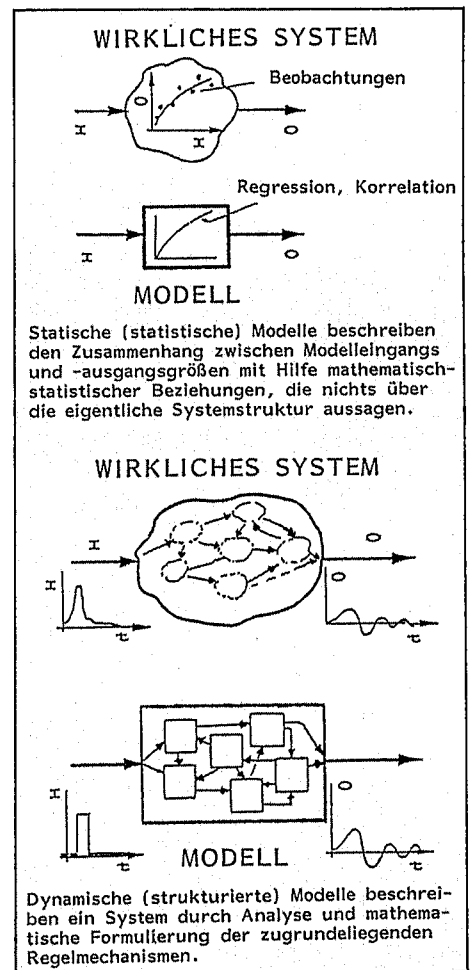


Abb. 1: Aufbau statischer und dynamischer Modelle im Vergleich (nach 1).

¹⁾ Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München
²⁾ Umweltsystemanalyse, Gesamthochschule Kassel

bleibt letztenendes unbefriedigend. Denn damit wird der Versuch unternommen, ein statisches Modell an sich dynamisch verändernde Umweltbedingungen anzupassen.

Die Forstwissenschaft wird in Zukunft in verstärktem Maße mit dynamischen Modellsystemen arbeiten müssen, welche die spezifische Reaktionskinetik unserer Waldbestände abbilden. Es ist davon auszugehen, daß sich die Wachstumsbedingungen unserer Waldbestände auch in Zukunft durch den Einfluß des Menschen weiter wandeln werden. Denken wir an den Anstieg der Kohlendioxid-Konzentration in der Luft und den zunehmenden Stickstoffeintrag in unsere Waldökosysteme, so steht zu befürchten, daß statische Modelle, die auf Basis der gegenwärtigen Wachstumsbedingungen entwickelt werden, in naher Zukunft, aufgrund veränderter Wachstumsbedingungen, ihre Gültigkeit wieder verlieren (Abb. 2). Einen Ausweg aus dieser Situation bilden dynamische Systemmodelle.

Dynamische Wachstumsmodelle sind zwangsläufig wesentlich komplexer als statische Modelle. Was eingangs in bezug auf die Entwicklungsarbeit der Ertragstafeln gesagt wurde, gilt erst recht für dynamische Modelle: Die Erstellung komplexerer dynamischer Modelle mit Rückkopplungsprozessen und Regelkreisstruktur erfordert aufgrund der umfangreichen Entwicklungsarbeit eine Zusammenarbeit zwischen mehreren Arbeitseinheiten. Nur durch eine Aufteilung größerer Modelle in einzelne Kompartimente und Koordination dieser Entwicklungsarbeiten sowie klare Modelldokumentation können Mehrfacharbeiten für den Modellbauer und Anwendungsprobleme des Benutzers vermieden werden.

Bezeichnend für die gegenwärtige Lage ist, daß die forstlichen Forschungseinrichtungen in den beteiligten Ländern ein sehr umfangreiches Datenmaterial gesammelt haben, das vielfach auf eher niedrigem Niveau ausgewertet wird. Mindestens ebenso großes Gewicht wie auf eine Weiterführung bestehender Versuche sollte in

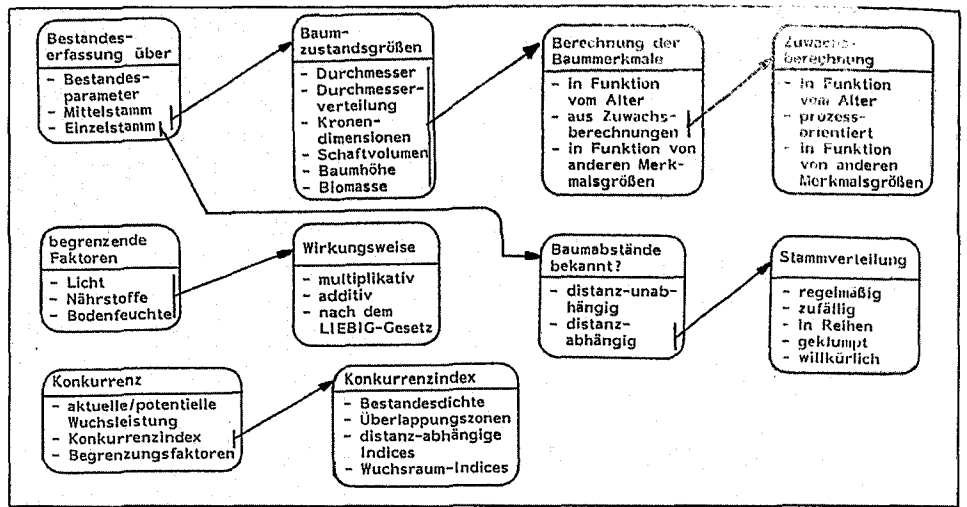


Abb. 3: Beispiel für die Darstellung der Auswahlmöglichkeiten beim Modellaufbau. Der Benutzer wird von einem Auswahlménü durch das Programm geführt.

Zukunft darauf gelegt werden, die schon vorhandenen Daten zunächst tiefgreifender auszuwerten und die darin enthaltenen Informationen über das Waldwachstum dann durch zielgerichtete Versuchsneuanlagen weiter zu verdichten.

Diese Schwierigkeiten waren für die Arbeitsgruppe um R. MUETZELFELDT an der Forstlichen Fakultät in Edinburgh Anlaß, sich mit der Ausarbeitung eines Programmpaketes für die Bestandeswachstumssimulation zu befassen. Auf der Arbeitstagung vom 1. bis 4. Dezember 1987 in Edinburgh wurden die Rahmenbedingungen für ein solches Simulationsprogramm paket spezifiziert. Es wurde ein Entwurf „Rahmenbedingungen für Forstliche Modellbildung“ zusammengestellt (8), der folgende Punkte enthält.

Simulation des Bestandeswachstums

Das geplante Programmsystem soll primär wissenschaftlichen Zwecken dienen und so aufgebaut sein, daß es forstwissenschaftlichen Forschungseinrichtungen, die sich mit Bestandeswachstumsuntersuchungen befassen, eine profunde methodische Hilfestellung bietet. Weiter soll das Modellsystem in einer vereinfachten Fassung für Studenten und solche Benutzer, die sich mit der Modellanalyse und Simulationsrechnung vertraut machen wollen, als Instrumentarium dienen, also auch didaktischen Anforderungen gerecht werden.

In der Reihe potentieller Benutzer wurde erst an dritter Stelle die Forstliche Praxis genannt. Denn es wurde davon ausgegangen, daß Einrichtungen der forstlichen Praxis in aller Regel nicht selber Modellierungsarbeiten mit dem Programmpaket vornehmen, sondern mit ausgereiften Programmen, die von wissenschaftlichen Stellen ausgearbeitet worden sind, versorgt werden. Es wird darauf abgezielt, daß das geplante Programmpaket eine ähnliche Mehrfachfunktion erfüllen soll wie die Statistik-Programmpakete SPSS und BMDP: Handwerkszeug für wissenschaftliche Untersuchungen, Grundlage für die biometrische Ausbildung und Instrumentarium zur Bewältigung praxisrelevanter Aufgaben.

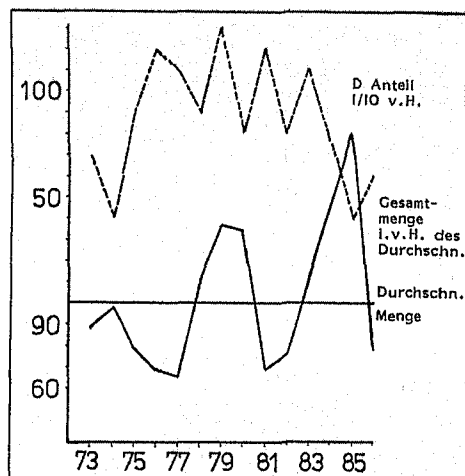


Abb. 2: Vergleich zwischen den Angaben aus der Ertragstafel und dem wirklichen Wuchsverhalten der jährlichen Bestandesgrundflächenzuwächse für Probestflächen im Oberpfälzer Kieferengebiet (Tafelwerte n. WIEDEMANN [1948]mäßige Df für die I. und V. Bonität).

Geplant ist der Aufbau eines größeren Modellsystems, das aus unterschiedlichen Teilmodellen bestehen kann wie z. B. Lichteinstrahlungsmodellen für den Bestand, Wasser- oder Assimilatverteilungsmodellen für den Baum oder Verjüngungsentwicklungsmodellen. Solche Teilmodelle, die als Kompartimente des Bestandeswachstums zu betrachten sind, sollen von unterschiedlichen Projektteilnehmern entwickelt und in einer gängigen Programmiersprache (z. B. FORTRAN oder PASCAL) bereitgestellt werden. Eine Verknüpfung solcher Teilmodelle von unterschiedlich spezialisierten Forschungsgruppen zu einem Gesamtmodell soll mit Hilfe von Schnittstellen auf Basis einer höheren objektorientierten Programmiersprache erfolgen. Aus den verschiedenen verfügbaren Teilmodellen, die unterschiedliche Elemente des Bestandeswachstums nachbilden, kann durch Aufruf und Verknüpfung ein Gesamtmodell erstellt werden; etwa könnte durch eine Verknüpfung der Teilmodelle Lichteinstrahlung, Kronenentwicklung, Photosyntheseleistung, Assimilatverteilung, Verjüngungswachstum usw. eine Modellstruktur für das Wachstum eines ungleichaltrigen Reinbestandes aufgebaut werden.

Das geplante Programmsystem soll in sich flexibel, ausbaufähig und benutzerfreundlich sein. Entwicklungsansätze wurden an der Universität Edinburgh vorgestellt und liefern eine gewisse Erfahrungsgrundlage für die Diskussion über die Rahmenbedingungen und Realisationsmöglichkeiten des Vorhabens (9, 10, 11).

Es ist daran gedacht, dem Benutzer ein Expertensystem an die Hand zu geben, das den Überbau über das Programmsystem bildet und den Anwender durch das System führt, indem es Kombinationsmöglichkeiten aufzeigt, fehlende Verbindungen herausstellt und automatisch alle Teilmodelle, die in der Programmibliothek zur Verfügung stehen, anbietet. Der Aufbau des Modellsystems soll berücksichtigen, daß Modellkonstruktion in der Regel in drei Arbeitsschritten vonstatten geht.

Der erste Schritt bei einer Modellbildung besteht in der Regel darin, ein einfaches Pilotmodell aufzustellen, in dem die we-

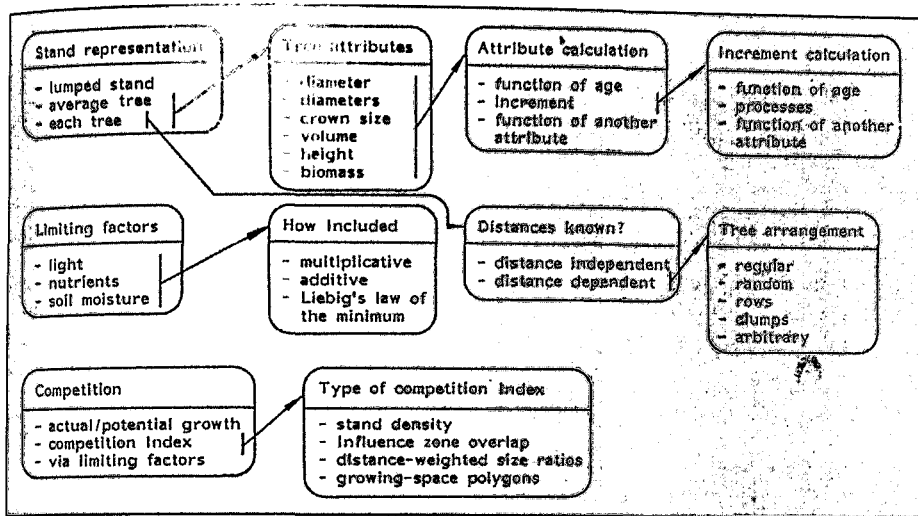


Fig. 3: Example for the representation of possibilities that may be chosen while constructing a prototype. An expert-system gives guidance to the user.

sentlichen Zusammenhänge enthalten sind. Auf dieser Ebene wird man sich entscheiden, wie detailliert und in welcher Form das Modell aufgebaut werden soll. Auf der Ebene ist beispielsweise zu entscheiden, ob die Entwicklung eines Reinbestandes auf Basis von Bestandesmittelwerten, Einzelstammwerten mit Stammabstandswerten oder ohne Stammabstandswerten beschrieben werden soll. Weiter ist auf dieser Stufe festzulegen, welche Umgebungparameter in das Modell mit einfließen sollen.

Ist das Pilotmodell erstellt, so kann in einem zweiten Schritt dazu übergegangen werden, das Modell komplexer zu gestalten, also zusätzliche Informationen zu berücksichtigen.

Anschließende Sensitivitätsanalysen geben Aufschluß über die Reagibilität des Modells und decken auf, ob das Modell vereinfacht werden kann; inwieweit also zunächst implementierte Größen ohne größeren Informationsverlust ersetzt oder weggelassen werden können. Auf diese Weise können Management-Modelle erstellt werden, die noch die zentralen Größen der komplexen Modelle enthalten, aber auf diese reduziert sind.

Die gesamte Modellierungsprozedur, angefangen bei der Spezifizierung der Pilotmodelle, bis hin zur Eliminierung unwichtiger Informationen aus dem Gesamtmodell, wird vom Programmsystem unterstützt. Der Benutzer kann durch Auswahl verschiedener Modellkomponenten und Verknüpfungsstrukturen aus einem Menüsystem das gewünschte Modell aufbauen (Abb. 3). Es ist vorgesehen, daß auf jeder Entwicklungsstufe eigene Modellelemente eingebaut und eigenen Parameter eingefügt werden können.

Neben dieser Möglichkeit ist weiter vorgesehen, daß ein Modell unmittelbar durch ein Schaltbild eingegeben werden kann, ähnlich wie das beim Programm MACINTOSH-STELLA möglich ist (11).

Auf jeder Stufe des Modellausbaus soll das Modell möglichst transparent und modifizierbar bleiben. Das Programmsystem soll Fragen über den Modellaufbau erlauben: z. B. darüber welche Variablen mit

einander vernetzt sind und wie stark einzelne Einflußgrößen wirken. Auf jeder Entwicklungsstufe soll es möglich sein, den Modellaufbau in Form der zugrundeliegenden Gleichungssysteme, Flußdiagramme oder Variablenlisten zu dokumentieren und die Ergebnisse in Form von Grafiken und Ergebnistabellen aufzulisten.

Das System soll die implementierten Teilmodelle nach Benutzereingabe automatisch über Schnittstellen miteinander verknüpfen. Dabei können die zugrundeliegenden Teilmodelle in völlig unterschiedlichen Programmiersprachen abgefaßt sein. Bei der Spezifikation der Rahmenbedingungen lag besonderes Gewicht darauf, daß das Programmsystem möglichst flexibel bleibt, sowohl hinsichtlich der Modellstruktur als auch in der Anwendbarkeit auf unterschiedlichen Computersystemen.

Es ist daran gedacht, das beschriebene Modellsystem im Rahmen einer internationalen Kooperation mit Koordinationsstelle in Edinburgh zu bauen, zunächst einige wichtige Teilmodelle zu installieren, diese durch Schnittstellen miteinander zu verknüpfen und nach Anlauf weiterer Modellierungsarbeiten das Programmsystem weiter auszubauen. Die Arbeitsgruppe um R. MUETZELFELD kann auf wertvollen Erfahrungen aus Voruntersuchungen aufbauen (8, 9, 10). Aus dem Teilnehmerkreis wurden einige neue, erwähnenswerte Modelle und Teilmodelle vorgestellt, zur Simulation der Kronenentwicklung in Urwaldbeständen (2, 3), zur Anwendung der pipe-model-theory auf das Baum- und Bestandeswachstum (6) und neue Ansätze zur Modellierung des Wachstums gleichaltriger Reinbestände (4, 5, 7).

Beurteilung

Die Entwicklung eines Simulations-Programmpaketes, das die genannten Aufgaben erfüllt, ist ein in jeder Hinsicht äußerst hochgestecktes Ziel. Die zugrundeliegende Idee ist aber klar und richtungsweisend: Kennzeichnend für die Forstwissenschaft ist gegenwärtig ein Mangel an Möglichkeiten und Initiativen zur Verdichtung der vorhandenen Meßdaten und Informations-

grundlagen. Daher soll der Wissenschaft, Lehre und Praxis ein Instrumentarium an die Hand gegeben werden, um brachliegendes Datenmaterial auszuwerten, forstliche Wachstumsabläufe zu analysieren und praxisorientierte Wachstumsmodelle zu erstellen. Ähnlich wie in den fünfziger und sechziger Jahren, gleichzeitig mit der Verfügbarkeit erster leistungsstarker Computer, die statistischen Methoden und Modellsysteme einzig in weite Bereiche der Forstwissenschaft hielten, gewinnen jetzt seit einigen Jahren die dynamischen Modellsysteme mit kybernetischer Grundlage zunehmend an Bedeutung. Und genau in diese Entwicklungsrichtung zielt das geplante Projekt.

Diese relativ neuen Verfahren wurden bereits im Rahmen einiger Pilotprojekte (1, 5, 7) mit Erfolg für die Analyse und Modellierung von Wachstumsabläufen benutzt. Die Wuchsdynamik komplizierterer Waldaufbauformen, das Wachstum ungleichaltriger Rein- und Mischbestände, mit dem sich die Forstwissenschaft dringend intensiver befassen muß, ist mit den Methoden statischer Modellbildung nicht mehr faßbar. Hier werden dynamische Modellansätze in Zukunft mit Sicherheit an Bedeutung gewinnen. Der Aufbau einer neuen Modellgeneration, der zweifelsohne auf weite Bereiche der Forstwissenschaft zukommen wird, könnte durch das geplante Simulations-Programmpaket gefördert werden.

Literaturhinweise

- 1) BOSSEL, H., 1986: Introduction to systems analysis, Introduction to model building and simulation, in: Ecologic-socioeconomic system analysis and simulation, von BRUENIG, E. F. et al. (1986), Proceedings der CRCUDS, zusammengestellt von DSE, Academia Sinica und China MAB, Seiten 51-132.
- 2) KOOP, H. und P. HILGEN, 1987: Forest Dynamics and Regeneration Mosaic Shifts in Unexploited Beech (*Fagus sylvatica*) Stands at Fontainebleau (France), Forest Ecology and Management, Heft 20, Seiten 135-150.
- 3) KOOP, H., 1987: Het RIN-bosecologisch informatiesysteem; achter-gronden en methoden, RIN-rapport 87/4, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum, 47 S.
- 4) KUULUVAINEN, T., T. PUKKALA, 1987: Effect of crown shape and tree distribution on the spatial distribution of shade, Agricultural and Forest Meteorology, 40, Seiten 215-231.
- 5) MÄKELÄ, A., 1986: Stand growth model based on carbon uptake and allocation in individual trees, Ecological Modelling, 33, Seiten 205-229.
- 6) MÄKELÄ, A., 1986: Implications of the Pipe Model Theory on Dry Matter Partitioning and Height Growth in Trees, J. theor. Biol., 123, Seiten 103-120.
- 7) MOHREN, G. M. J., 1987: Simulation of forest growth, applied to douglas fir stands in the Netherlands, Wageningen, Agricultural University Wageningen, Dissertation, unveröff. 183 S.
- 8) MUETZELFELDT, R., et al., 1987: A specification for a framework for Forest Modelling, Final document produced at a workshop of European forest modellers held at the University of Edinburgh, 1.-4. Dez. 1987, 8 S.
- 9) MUETZELFELDT, R., D. ROBERTSON, A. BUNDY und M. USCHOLD, 1987: The use of Prolog for improving the rigour and accessibility of ecological modelling, unveröff. Arbeitspapier, Dep. of Forestry and Natural Resources, Univ. of Edinburgh, 35 S.
- 10) MUETZELFELDT, R., D. ROBERTSON, M. USCHOLD und A. BUNDY, 1987: Computer-aided construction of ecological simulation programs, unveröff. Arbeitspapier, Dep. of Forestry and Natural Resources, Univ. of Edinburgh, 16 S.
- 11) MUETZELFELDT, R., 1987: Introduction to modelling with Stella, unveröff. Arbeitspapier, Dep. of Forestry and Natural Resources, Univ. of Edinburgh, 6 S.
- 12) PRETZSCH, H., 1987: Zur Frage des „Normalwachstums“ der Kiefer in der Oberpfalz, Der Forst- und Holzwirt, 42. Jahrgang, Heft 11, Seiten 286-293.