

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 142 (1991)

**Heft:** 10

**Artikel:** Einsatz eines Simulationsmodells auf PC als Planungs- und Bewertungsinstrument im Forstbetrieb

**Autor:** Erni, Vinzenz / Lemm, Renato

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-766508>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Einsatz eines Simulationsmodells auf PC als Planungs- und Bewertungsinstrument im Forstbetrieb<sup>1</sup>

Von *Vinzenz Erni* und *Renato Lemm*

FDK: 6; UDK: 519.68

## 1. Einleitung

Neuartige Waldschäden, Auswirkungen von Stürmen usw. verlangen eine laufende Überarbeitung der Planung im Forstbetrieb («Rollende Planung»). Die Ziele, Entscheide und Massnahmen müssen transparenter werden, um dem Informationsanspruch der breiten Öffentlichkeit und der Interessenverbände genügend Rechnung zu tragen. In Streitfragen (Beschaffungen, Eingriffe, Entwicklung von Waldschäden, usw.) sind fundierte Argumente notwendig.

Um diesen und noch weiteren Anforderungen gerecht zu werden, genügen die heute eingesetzten Hilfsmittel meist nicht mehr. In gewissen Fällen können Computersimulationen weiterhelfen und Wesentliches zur Klärung von Fragen beitragen.

In diesem Papier soll die Hilfeleistung eines EDV-gestützten Simulationsmodells anhand von zwei konkreten Anwendungsmöglichkeiten gezeigt werden. Die eine betrifft die Planung im Forstbetrieb, die andere die Waldbewertung. Ein Modell kann nicht losgelöst vom Modellaufbau und den Modellannahmen betrachtet werden. Der Aufbau des Modells, seine Möglichkeiten und Grenzen werden deshalb im voraus kurz skizziert (Näheres bei *Lemm* 1988, 1991)

## 2. Das Simulationsmodell

### 2.1 Allgemeines

Beim vorliegenden Modell handelt es sich um ein distanzunabhängiges (*Munro* 1974) Einzelbaummodell, das hauptsächlich deterministische Teil-

<sup>1</sup> Vortrag, gehalten am IUFRO-Symposium «Die Verflechtung von Betriebswirtschaft und Forsteinrichtungsplanung im Forstbetrieb» 1990 in Dresden (DDR); veränderte Fassung.

modelle verwendet. Ursprünglich zum Abschätzen der finanziellen Folgen von Waldschäden vorgesehen, kann es auch als Planungs- und Bewertungsinstrument im Forstbetrieb eingesetzt werden. Das Modell liefert Aussagen für den Bestand und den Betrieb.

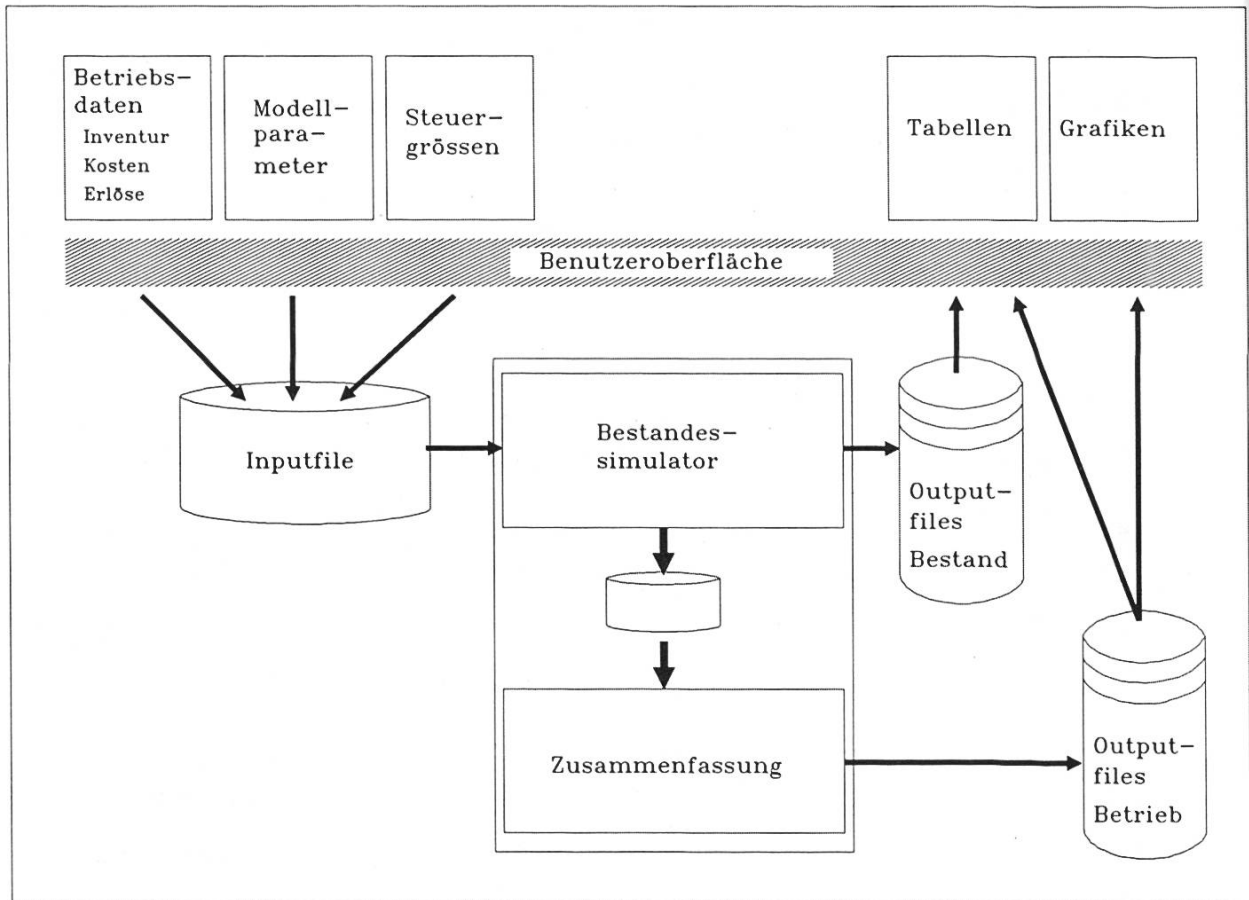


Abbildung 1. Übersicht über das Simulationsmodell.

## 2.2 Aufbau des Modells

Abbildung 1 gibt eine Übersicht über das Modell. Die Informationen, wie betriebsspezifische Daten, Modellparameter und Steuergrößen werden flexibel im Dialog mit dem Anwender erfasst und über ein Inputfile in das Modell eingespiert. Die Ergebnisse werden in Tabellenform auf Files abgelegt und können als solche ausgedruckt oder menügeführt zu Grafiken weiterverarbeitet werden.

Das Modell selbst ist zweigeteilt in die Bestandessimulation und die Zusammenfassung für die übergeordnete Aussageeinheit (Betriebsteil, Gesamtbetrieb, Region, usw.). Die beiden Programmteile «Bestandessimulator» und «Zusammenfassung» können als Batchprogramme getrennt voneinander ausgeführt werden. Die Datenübergabe erfolgt über ein spezielles Schnittstellenfile.



Brusthöhendurchmesser. Immer vom Benutzer einzugeben sind Umtriebszeit, Durchforstungsart, -beginn, -turnus und -stärke sowie kritischer Bestockungsgrad und das Verjüngungsziel. Über diese Grössen kann der Benutzer die «Handlung» beeinflussen. Sie widerspiegeln somit die «Handlungsstrategie».

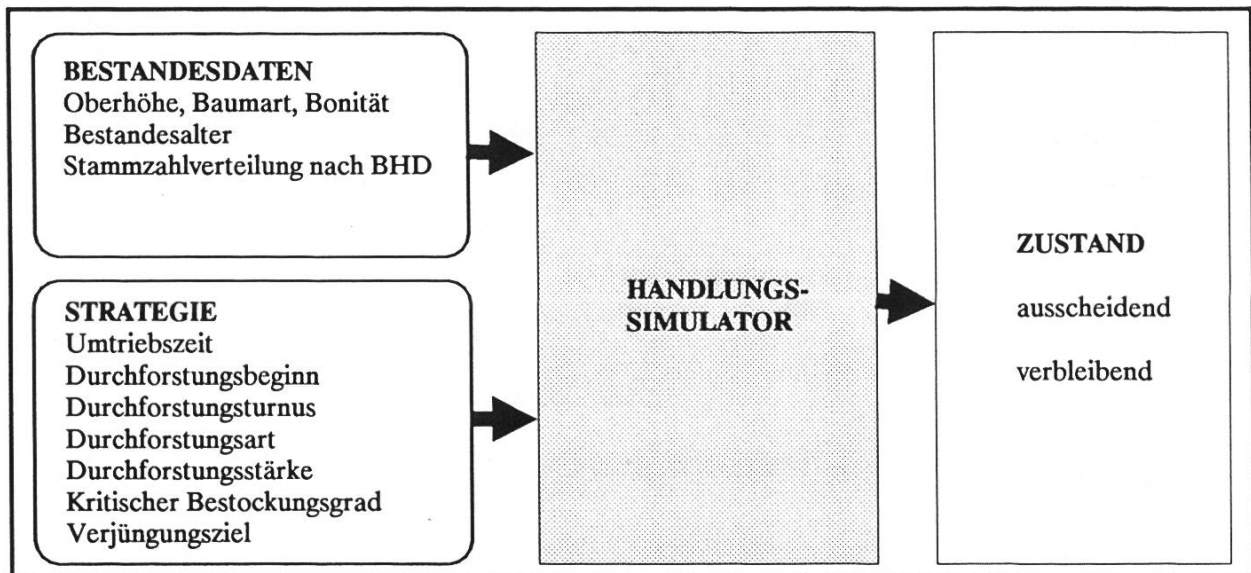


Abbildung 3. Input/Output des Handlungssimulators (vereinfacht).

## 2.5 Sortimentbildung (Abbildung 4)

Der Sortimentbildungssimulator

- ermittelt die Schaftform,
  - sortimentiert (nach schweizerischen Holzhandelsgebräuchen)
- und liefert so
- Derbholzvolumen in und ohne Rinde,
  - Sortimentsvolumina,
  - mittleren Stückinhalt und
  - Sortimentstückzahl.

Dieser Output wird weiter in der nachfolgenden Bewertung benötigt. Baumart, Stammzahlverteilung nach Brusthöhendurchmesser und Höhenkurve sind Inputgrössen, die den Zustand des Bestandes repräsentieren.

Die Einflussnahme des Anwenders besteht in der Eingabe der Sortierungsart und der Qualitätsanteile sowie der Stockhöhe. Die Stockhöhe ist jener unterste (bodennächste) Stammteil, der für die Sortimentierung nicht berücksichtigt werden soll (zum Beispiel Stammteil unterhalb des Fallschnittes, faule Stammbasis usw.).

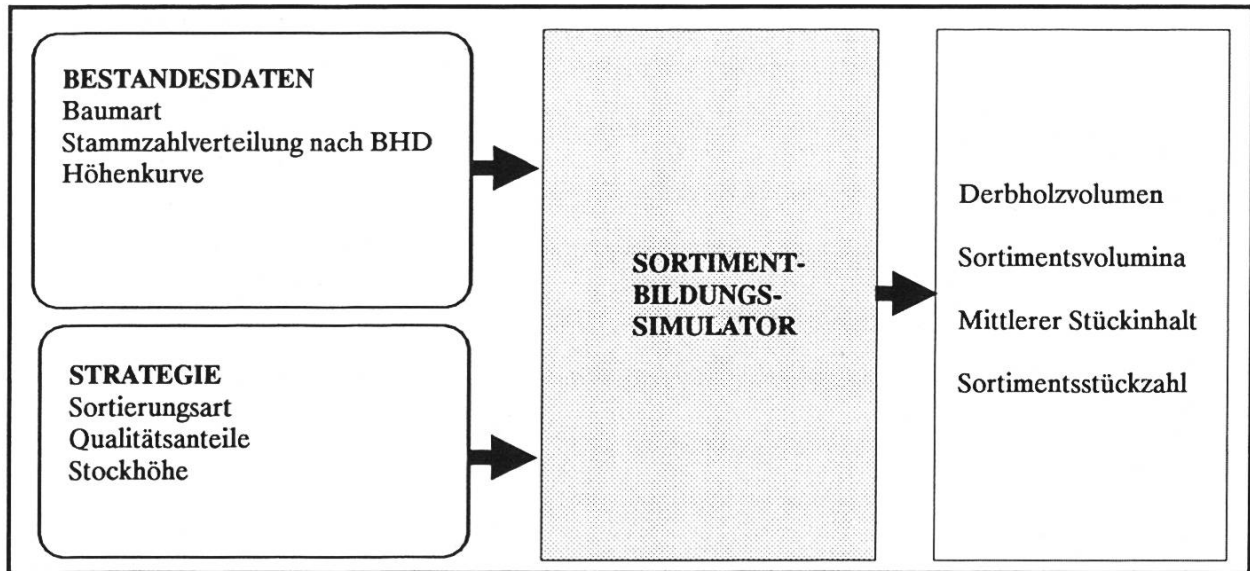


Abbildung 4. Input/Output des Sortimentbildungssimulators.

## 2.6 Bewertung (Abbildung 5)

Der Bewertungssimulator ermittelt

- gegebenheitsbezogene Holzerntekosten und
- Holzerlöse

und liefert so

- den finanziellen Wert eines Bestandes.

Das System selbst stellt Informationen über die Sortimente (vgl. Sortimentbildung), die Baumart, den Grundflächenmittelstamm und den mittlere-

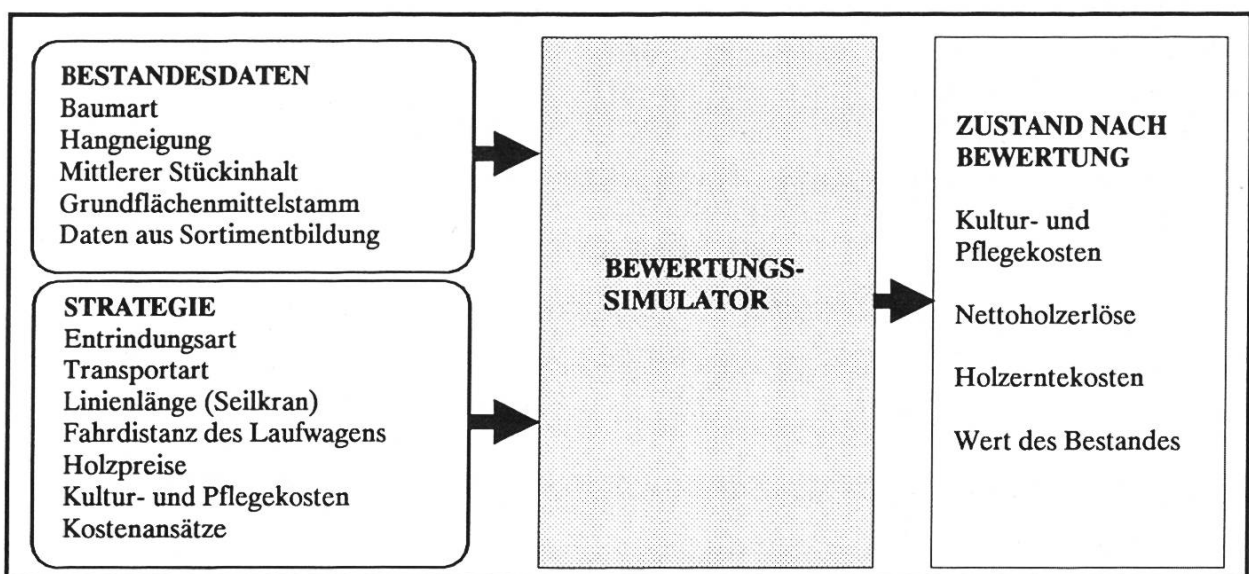


Abbildung 5. Input/Output des Bewertungssimulators.

ren Stückinhalt zur Verfügung. Der Betriebsleiter kann zudem folgende Größen eingeben und so seine Strategie beschreiben:

- Entrindungsart,
- Transportart,
- Hangneigung,
- Linienlänge und mittlere Fahrdistanz des Laufwagens beim Rücken mit konventionellem Seilkran,
- Holzpreise,
- Kultur-, Pflegekosten und
- Kostenansätze für Personal und Maschinen.

## 2.7 Dateneingabe

Alle Eingangsgrößen kann der Anwender menü- und maskengeführt am Bildschirm eingeben. *Abbildung 6* zeigt die Datenerfassung am Beispiel der Durchforstung.

The image shows a menu hierarchy and a data entry dialog. The menu hierarchy consists of three levels:

- File**: Arbeitsphase, Hilfe
  - Datenerfassung** (highlighted)
  - Bestandessimulation
  - Zusammenfassung
  - Grafikaufbereitung
- Betrieb**: Baumart, Bestand, Ende
  - Baumartdaten erfassen** (highlighted)
- SteuerGr**: SchadPar, AufnDaten, **Durchf.** (highlighted), Kosten, Sortier, Dienste
  - Daten zur Durchf.** (highlighted)

The data entry dialog is titled "Datenerfassung DURCHFORSTUNG". It contains the following fields and options:

- Stufe:** BUCHE 1
- Datei:** TEST .IBI
- Umtriebszeit:** 120 J. |
- Df-Beginn :** nach 1 Simulationsintervallen
- Df-Turnus :** alle 4 Simulationsintervalle
- Df-Art :**
  - Gleichmässig
  - Niederdurchf.
  - Hochdurchf.
- Df-Stärke :**

Best.Alter	Korrekturfaktor
t0 : 0	Kdf0 : _1.00
tmax : 150	Kfmax : _0.75
- Erst bei einem Mindestdurchforstungs-% von :** \_\_5 % durchforsten
- Maximalentnahme bei einem Eingriff :** 100 %
- Verjüngungsziel:**

Fi	Ta	Lā	Fō	uN
Bu	Ei	Es	Ah	uL
- Flächenanteil:** 100 %

Buttons: ABBRUCH, BEENDEN

Abbildung 6. Menühierarchie und Dialog für die Datenerfassung, dargestellt am Beispiel der Durchforstung.

Im Einstiegsmenü wird die Arbeitsphase «Datenerfassung» angewählt. Diese führt über die Angabe des gewünschten Simulationslaufes und die Wahl der Hierarchiestufe (zum Beispiel «Baumart») zum Menü mit den zu erfassenden Daten. Über «Daten zur Durchf.» erhalten wir schliesslich den Erfassungsdialo g für Durchforstungsdaten.

Die Informationen können je nach Bedarf auf jeder der Stufen «Betrieb», «Baumart» und «Bestand» angegeben werden. Auf einer Stufe (zum Beispiel Baumart) definierte Angaben sind direkt auf modelltechnisch tieferliegende Stufen (zum Beispiel Bestand) übertragbar.

## *2.8 Datenausgabe*

Das Modell liefert Tabellenfiles im Format ASCII-Standard. Diese Files enthalten Kenndaten zum Bestand bzw. Betrieb, Stammzahl- und Vorratsverteilungen, Sortiment e und Wertverluste. Sie können menügeführt zu standardisierten Grafiken aufgearbeitet werden. Beispiele dazu werden in den folgenden Anwendungen gezeigt.

## *2.9 Möglichkeiten und Grenzen*

Das Modell errechnet naturale Grössen und den betriebswirtschaftlichen Wert von Beständen. Im aktuellen Zustand ist es auf die Simulation von einschichtigen Reinbeständen ausgerichtet. Entwicklungen anders aufgebauter Wälder können nur dann simuliert werden, wenn sie ganz oder teilweise als Reinbestände behandelt werden können. Ein Ausbau für stufige Reinbestände ist geplant. Die natürliche Mortalität wird nicht eigens simuliert. Sie ist in den Durchforstungseingriffen enthalten. Ebenfalls nicht implementiert ist das Auftreten von Katastrophenereignissen wie Windwurf, Schneedruck usw.

Das Modell ist eingerichtet für zehn Baumarten. Die Parameter für die Wachstumsfunktionen sind jedoch noch nicht alle baumartenspezifisch verfügbar. Aussageeinheiten sind Einzelbäume als Repräsentanten von Durchmesserklassen, Bestände und eine übergeordnete Einheit (Baumart, Betriebsteil, Gesamtbetrieb, Region, usw.). Die benötigten Informationen des Betriebes können aus den in der Schweiz üblichen Inventuren entnommen werden. Zusatzerhebungen sind keine notwendig.



### 3. Einsatz des Modells für die langfristige Planung in einem Testbetrieb

#### 3.1 Ausgangssituation und Problemstellung

In diesem Testbetrieb werden die Ziele in Form verschiedener Nachhaltigkeitsforderungen formuliert. Mit Hilfe des Modells ist zu überprüfen, wie weit diese Forderungen erfüllt werden. Dabei wird kein optimaler Plan anhand verschiedener Handlungsvarianten evaluiert, sondern lediglich die Prognoseergebnisse einer gewählten Handlungsstrategie verfolgt und mit der Zielvorstellung verglichen.

Die Zielvorstellung besteht in folgenden Nachhaltigkeitsforderungen:

- Flächennachhaltigkeit
- Vorratsnachhaltigkeit
- Nachhaltigkeit von Zuwachs und Nutzung (natural und monetär)
- Nachhaltigkeit des Betriebsvermögens
- Nachhaltigkeit der Produkte (Sortimente)

Der Betrieb umfasst eine Waldfläche von 667 Hektaren. Es wurden 43 Bestände (17 Fichten-, 1 Lärchen-, 18 Buchen-, 2 Eichen- und 5 Eschenbestände) ausgeschieden. Die Inventurdaten stammen von 1986. Die Betriebsstrategie und weitere wichtige Eingangsgrößen sind in *Tabelle 1* zusammenfassend dargestellt.

*Tabelle 1.* Modelleinsatz für Planung: Eingangsgrößen.

<i>Modellvariable</i>	<i>verwendete Werte</i>
Simulationsdauer:	100 Jahre
Simulationsintervall:	10 Jahre
Durchforstungssturnus:	10 Jahre
Durchforstungsart:	Hochdurchforstung
Durchforstungsstärke:	Zielgrundfläche wie Ertragstafel
Umtriebszeiten:	80 bis 160 Jahre
Verjüngungsziel:	Ausgangsbaumart
Kulturkosten:	Fr. 12 000.–/ha
Pflegekosten:	Fr. 3800.–/ha
Entrindungsart:	in Rinde
Transportart:	befahrbar
Hangneigung:	0–25%
Holzerntekosten:	
Stammholz:	Fr. 45.–/m <sup>3</sup>
Schichtholz:	Fr. 60.–/m <sup>3</sup>
Sortierungsart:	Laubrund- und Nadellangholz
Erlöse:	Holzerlöse 1986
Qualitäten:	Erfahrungszahlen aus Betrieb

# Altersklassenverteilung Testbetrieb

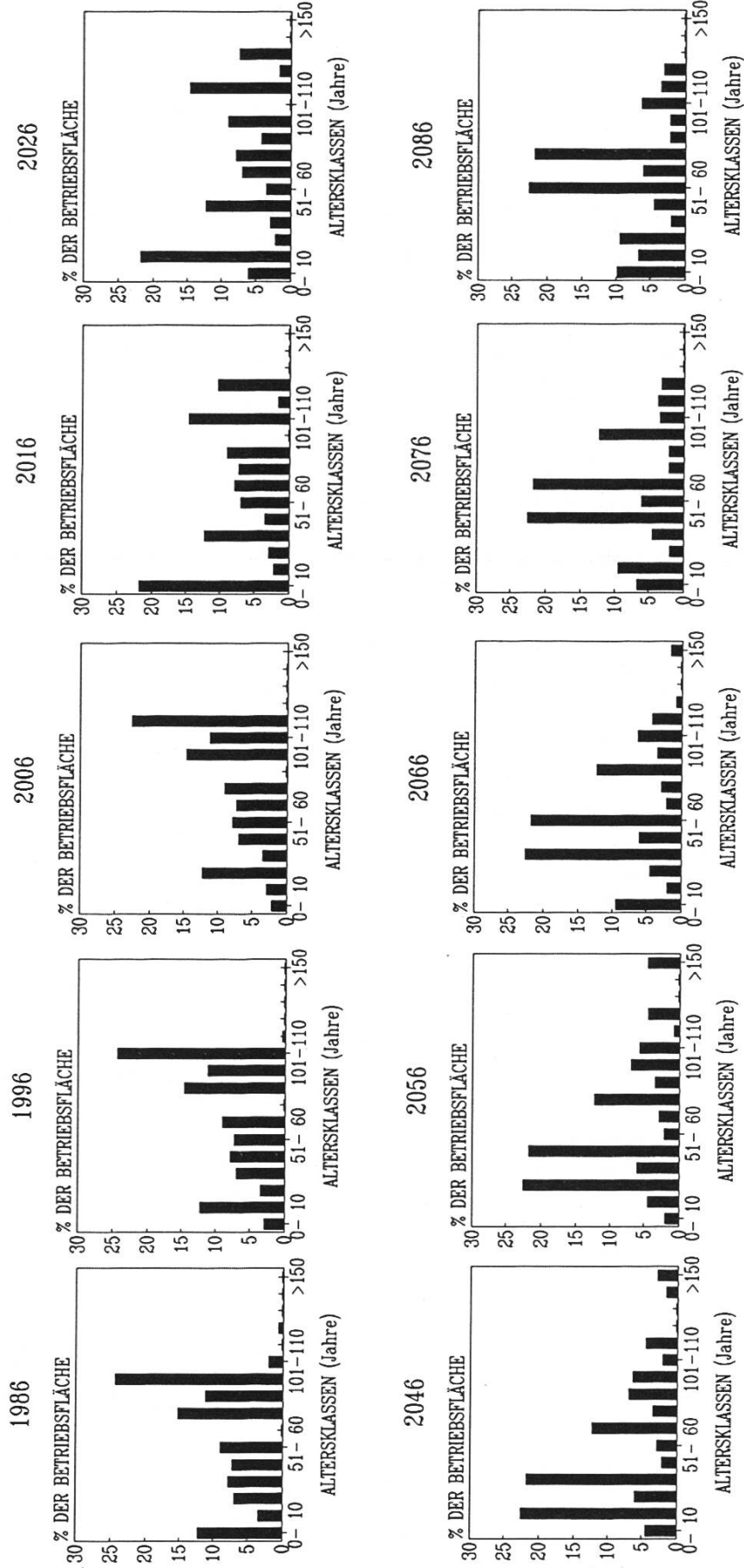


Abbildung 7. Entwicklung der Altersklassenverteilung im Testbetrieb in 10-Jahresintervallen.

## 3.2 Simulationsergebnisse und Interpretation

### 3.2.1 Flächennachhaltigkeit

Die Flächennachhaltigkeit kann vor allem anhand der Zeitreihe der Altersklassenverteilungen (*Abbildung 7*) beurteilt werden. Bei Nachhaltigkeit sollte die Altersklassenverteilung konstant bleiben und jüngere Altersklassen, der kleineren Überlebenswahrscheinlichkeit entsprechend, stärker vertreten sein (*Suzuki 1983, S.7ff, Möhring 1986, S.43ff*).

*Abbildung 7* zeigt, dass zu Beginn die Bestände zwischen 80 und 100 Jahren stark übervertreten sind. Die Umtriebszeit dieser Bestände wird bei der vorliegenden Strategie nicht besonders gestaffelt und die ungleiche Verteilung somit an die nachfolgende Bestandesgeneration übergeben. Der Betriebsleiter wird nun bei einem weiteren Simulationslauf die Umtriebszeiten für die betreffenden Bestände ändern und versuchen, einen Ausgleich der Altersklassenverteilung zu erreichen.

### 3.2.2 Vorratsnachhaltigkeit

Die Vorratsnachhaltigkeit soll hier unter Verwendung einer Zeitreihe der Vorratsverteilung nach Durchmesserklassen vom ausscheidenden und verbleibenden Bestand analysiert werden (*Abbildung 8*). Sind Ausgangszustand und Bewirtschaftung nachhaltig, so sollte diese Verteilung konstant bleiben. Im Beispiel schwankt die Vorratsverteilung von ausscheidendem und verbleibendem Bestand über den simulierten Zeitraum sehr stark. Dies hängt mit der ungleichen Altersklassenverteilung zusammen. Besonders fällt auf, dass nach 20 Jahren sehr viel genutzt wird.

### 3.2.3 Nachhaltigkeit von Zuwachs und Nutzung

Im Idealfall wären Zuwachs und Nutzung längerfristig gleich und konstant. Weist der Betrieb aber einen nicht optimalen Aufbau auf wie hier, so kann diese Forderung nicht erfüllt werden. Die Nutzung ist dann als Stellgrösse (*Daenzer 1976, S.247f.*) zu betrachten, mit der die Betriebsentwicklung gesteuert werden kann. In diesem Falle geht es darum zu überprüfen, ob die voraussichtlichen Schwankungen von Zuwachs und Nutzung für den Betrieb längerfristig tragbar sind.

Gemäss *Abbildung 9* ist die Nutzung sehr grossen Schwankungen unterworfen. Natural und vor allem monetär wird mittelfristig verglichen mit dem Zuwachs stark übernutzt. Der Wertzuwachs nimmt in der Folge ab und ist über längere Zeit (30 bis 40 Jahre) relativ tief. Gegen Ende des Simulations-

# Vorratsverteilung Testbetrieb

□ ausscheidend  
 ■ verbleibend

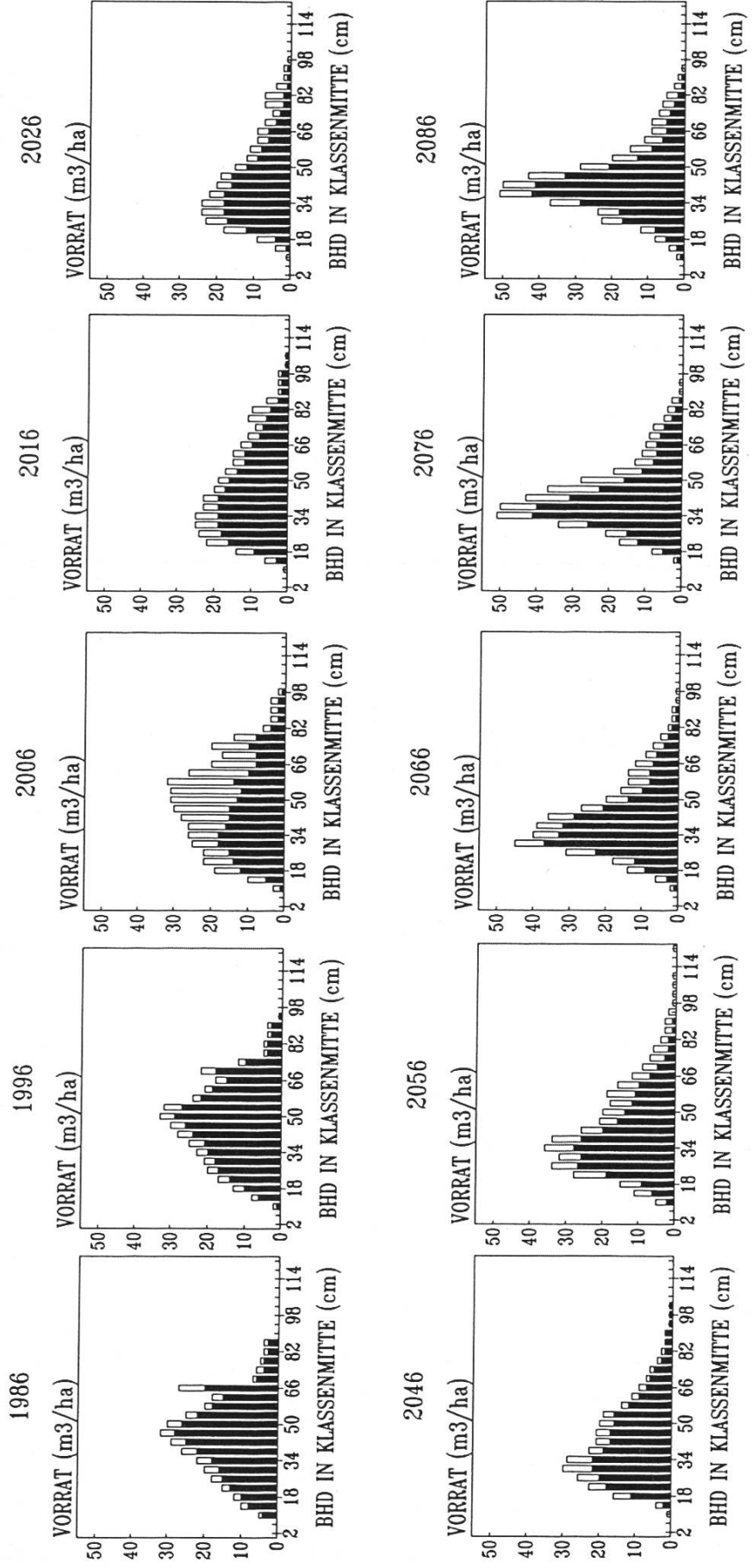


Abbildung 8. Prognose der Verteilung von ausscheidendem und verbleibendem Holzvorrat über die Durchmesserklassen in 10-Jahresschritten für

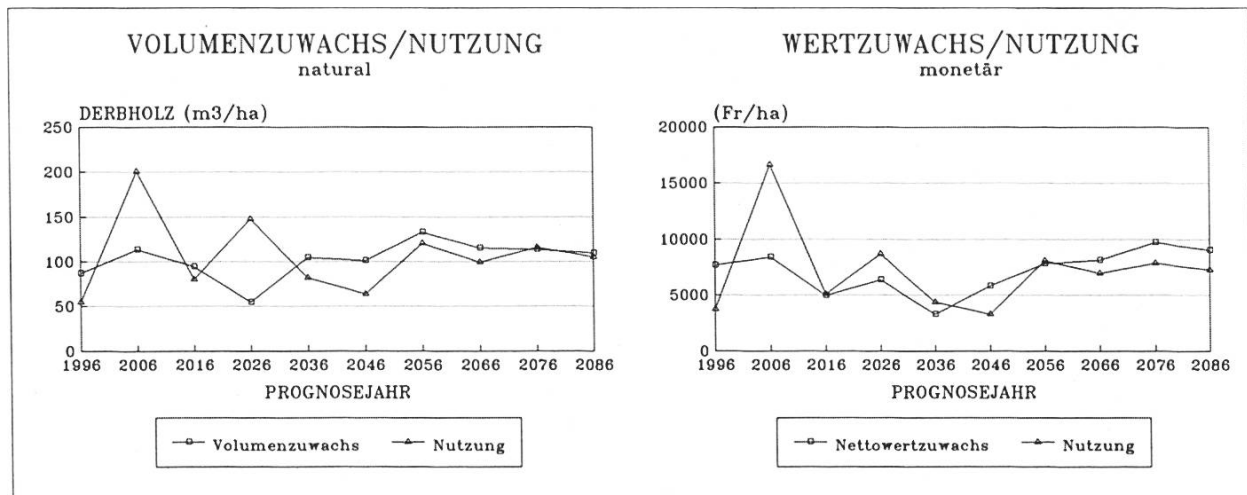


Abbildung 9. Vergleich von Zuwachs und Nutzung, natural und monetär (Werte der zurückliegenden Periode).

zeitraumes steigt er dann, dank geringerer Nutzung, wieder an. Der Zuwachs und vor allem die Nutzung sind so keinesfalls nachhaltig. Die Frage ist, wie weit diese Schwankungen betriebswirtschaftlich und organisatorisch verkräftet werden können.

### 3.2.4 Nachhaltigkeit des Betriebsvermögens (Abbildung 10)

Das Betriebsvermögen wird vor allem durch den Holzvorrat bestimmt. Dieser muss im Idealfall mengen- und wertmässig längerfristig konstant bleiben.

Im vorliegenden Betrieb steigt der Betriebsvorrat zu Beginn, entsprechend dem hohen Anteil der oberen Altersklassen, stark an. Grosse Eingriffe bewirken dann aber einen massiven Abbau der Betriebssubstanz, die sich etwa ab dem Jahr 2030 wieder zu erholen beginnt. Der Nettowert erreicht jedoch erst ganz am Ende des Simulationszeitraumes wieder den Anfangsstand.

### 3.2.5 Nachhaltigkeit der Produkte

Die heute in der Regel quantifizierbaren Produkte des Forstbetriebes sind die anfallenden Holzsortimente. Bei einem vollständig nachhaltig bewirtschafteten Betrieb wären diese ebenfalls konstant.

Im betrachteten Betrieb kommen die extrem hohen Nutzungen nach etwa 20 Jahren bei den Sortimenten besonders deutlich zum Vorschein (Abbildung 11). Es stellt sich sofort die Frage, wie diese Nutzungen bewältigt

und das anfallende Holz vermarktet werden können. Hinzu kommt, dass danach über längere Zeit im Betrieb die wertvollen Sortimente fehlen werden (Abbildung 12).

## BETRIEBSSUBSTANZ

Vorrat: natural und monetär

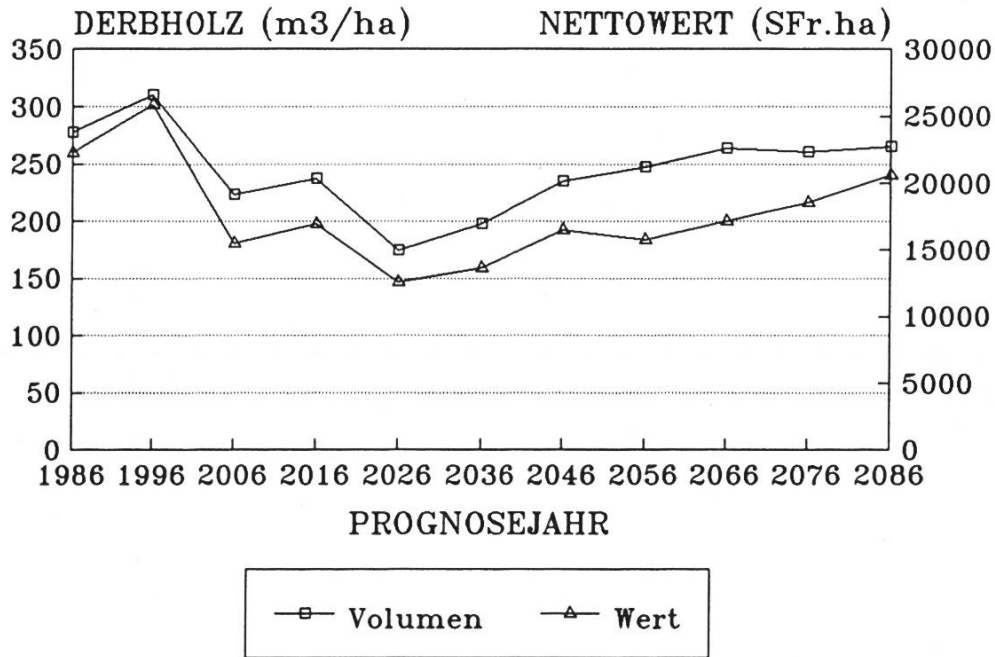


Abbildung 10. Prognose des Holzvorrates, mengen- und wertmässig.

### 3.3 Folgerungen

Die Analyse der Simulationsergebnisse zeigt, dass die Entwicklung des Betriebes über den betrachteten Zeitraum grossen Schwankungen unterworfen ist. Hauptursache scheint einerseits die gegenwärtig sehr unausgeglichene Altersklassenverteilung zu sein. Andererseits wird auf diese Tatsache beim Umtrieb zu wenig Rücksicht genommen. Eine erste Verbesserung der Situation würde über besser gestaffelte Umtriebszeiten in den entsprechenden Beständen erreicht. Aufgrund dieser Erkenntnis kann nun der Betriebsleiter Korrekturen an seinen Vorgaben (Handlungsstrategie) vornehmen und in weiteren Simulationsläufen diese erneut überprüfen, bis die Ergebnisse für seinen Betrieb zufriedenstellend ausfallen.

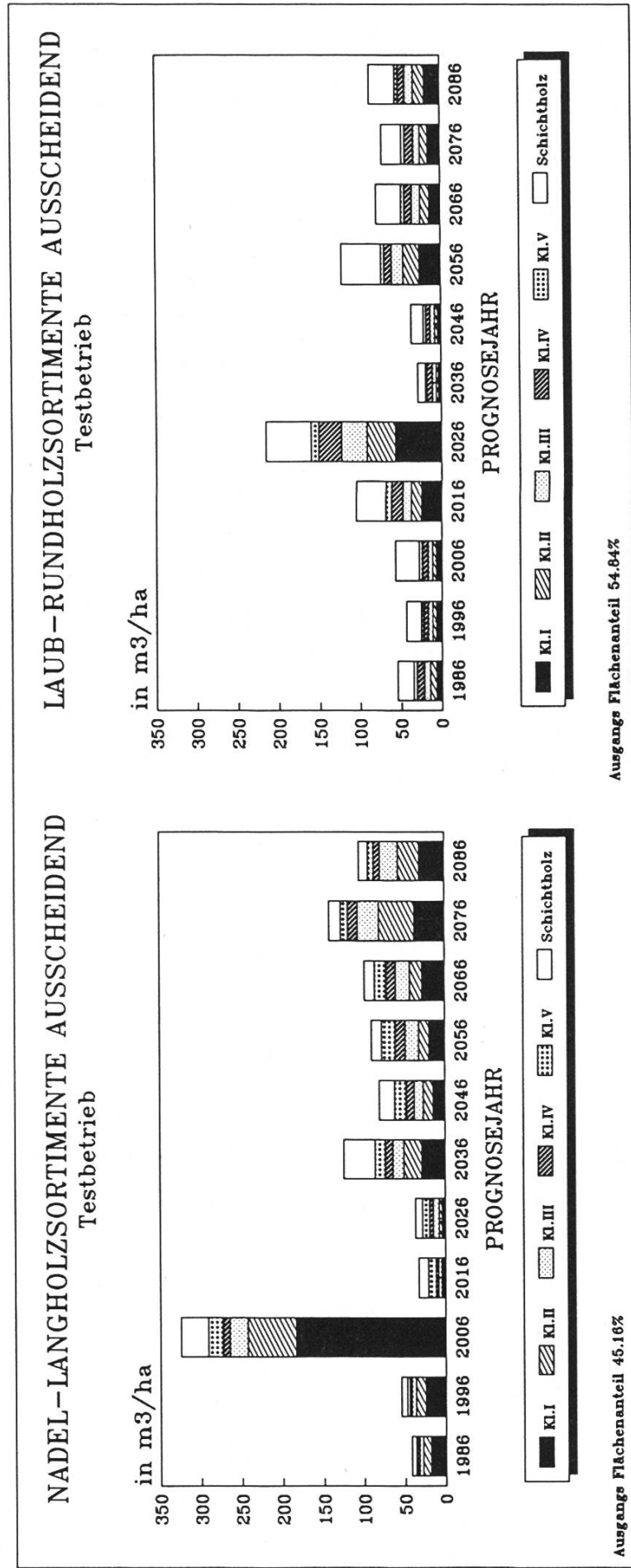


Abbildung 11. Zusammenstellung der ausscheidenden Sortimente.

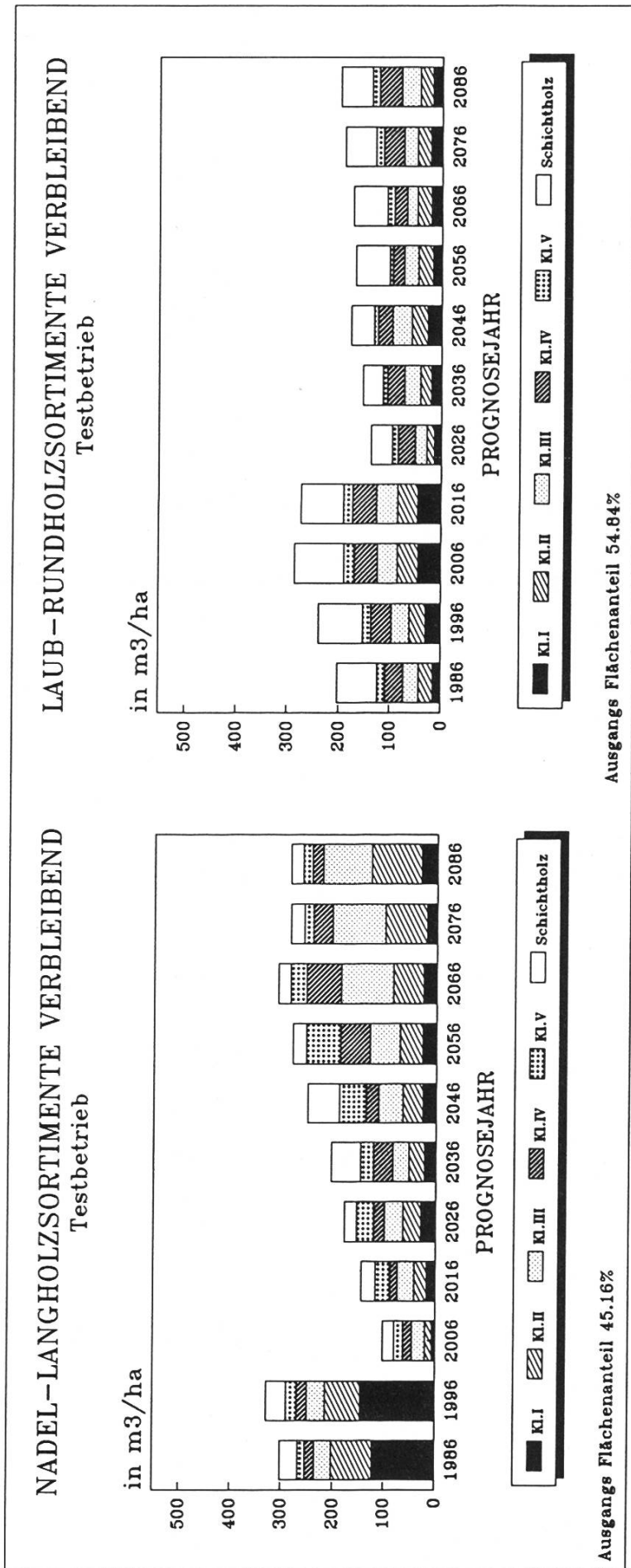


Abbildung 12. Zusammenstellung der im Bestand verbleibenden Sortimente.



## 4. Einsatz des Modells für eine Entschädigungsregelung

### 4.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Zwei Mittelwaldflächen von insgesamt 30 ha sollen nach den Vorstellungen ihres Besitzers in Hochwald umgewandelt werden. Naturschutzkreise möchten, dass der Wald in Zukunft wieder als Mittelwald bewirtschaftet wird, und sind auch bereit, sich an allfälligen Unkosten, Ertragseinbussen oder Mehraufwendungen zu beteiligen. Es ist somit notwendig, Grundlagen bereitzustellen, um die finanziellen Folgen der Behandlungsvarianten abzuschätzen.

Dabei wird folgendermassen vorgegangen: Die finanziellen Folgen, konkret Kosten, Erlöse und Gesamtwertleistung, der beiden Bewirtschaftungsarten «Mittelwaldbewirtschaftung» und «Mittelwaldumwandlung mit anschließender Hochwaldbewirtschaftung» sollen für zwei Zeithorizonte, einen mittelfristigen (20 Jahre) und einen langfristigen (200 Jahre), ermittelt werden. Gemäss *Abbildung 13* werden drei dieser vier Modelle mit dem vorliegenden Programm gerechnet.

		ZEITRAUM	
		20 Jahre	200 Jahre
ART DER BEWIRTSCHAFTUNG	Mittelwald- Bewirtschaftung	Modell 1 Mit Simulationsmodell gerechnet	Von Hand gerechnet
	Mittelwald- Umwandlung	Modell 2 Mit Simulationsmodell gerechnet	Modell 3 Mit Simulationsmodell gerechnet

*Abbildung 13.* Einsatz des Simulationsmodells in einer Entschädigungsfrage zwischen Forstwirtschaft und Naturschutz.

Den Modellprognosen liegen unter anderem die in *Tabelle 2* zusammengestellten Eingangsgrössen zugrunde. Beim Langfristmodell für die Hochwaldbewirtschaftung werden verschiedene Baumarten verwendet, um deren Variationsbreite abzuschätzen.

Neben Föhre, Eiche und Esche als standortsgerechte Baumarten wird zusätzlich die Fichte als Vergleichsbaumart gerechnet. Einzelne Wachstumsparameter sind noch nicht baumartenspezifisch verfügbar. Diesen Mangel können sinnvolle Zuordnungen von Wachstumsparametern anderer Baumarten überbrücken.

Tabelle 2. Zusammenstellung wichtiger Modelleingangsgrößen für die Entschädigungsfrage.

Modellvariable	verwendete Werte		
	Modell 1 (20 Jahre, «Bewirtschaftung»)	Modell 2 (20 Jahre, «Umwandlung»)	Modell 3 (200 Jahre, «Umwandlung»)
Simulationsdauer:	20 Jahre	20 Jahre	200 Jahre
Simulationsintervall:	4 Jahre	4 Jahre	10 Jahre
Baumarten:	Fö/Ei	Fö/Ei	Fi, Fö, Ei, Es
Durchforstungsbeginn:	sofort	bestandesspezifisch	sofort
Durchforstungsturnus:	1 ha pro Jahr	–	10 Jahre
Durchforstungsart:	extreme Hoch- durchforstung	gestaffelte Abtriebe	Hochdurch- forstung
Umtriebszeiten:	keine	bestandesspezifisch	200 Jahre
Verjüngungsziel:		Ausgangsbaumart	
Kulturkosten:		Fr. 6996.–/ha	
Pflegekosten: in den ersten 30 Jahren		Fr. 9335.–/ha	
Holzerntekosten:			
Stammholz:		Fr. 51.90/m <sup>3</sup>	
Schichtholz:		Fr. 59.40/m <sup>3</sup>	
Entrindungsart:	in Rinde	in Rinde	je nach Baumart
Transportart:		befahrbar	
Hangneigung:		0–5%	
Sortierungsart:		Laubrundholz-/Mittellangholz	
Erlöse:		Holzerlöse 1989	
Qualitäten:		Erfahrungszahlen aus Betrieb	

## 4.2 Simulationsergebnisse und Interpretation

Es werden nun gezielt einzelne Ergebnisse verwendet, um Angaben zur Frage der Entschädigung zu erhalten. Hierzu sind vor allem die Entwicklungen des Nettoholzwertes und der Gesamtwertleistung der beiden Handlungsvarianten einander mittel- und langfristig gegenüberzustellen.

### 4.2.1 Mittelfristmodelle

Die Simulationsprognosen für die nächsten 20 Jahre sind in den *Abbildungen 14* und *15* dargestellt. Für den Waldbesitzer interessant ist sicher der grössere Wertertrag des ausscheidenden Bestandes bei der «Mittelwald-Umwandlung» (*Abbildung 14*). Das «Betriebskapital», der Nettoholzwert des verbleibenden Bestandes, nimmt aber ab. Bei der Variante «Mittelwald-Bewirtschaftung» hingegen bleibt das «Betriebskapital» voraussichtlich in etwa erhalten. Die Gesamtwertleistung (*Abbildung 15*) steigt bei dieser Variante für die nächsten 20 Jahre sogar an und fällt höher aus als bei der «Mittelwald-Umwandlung». Der Bewirtschafter erzielt, finanziell gesehen, für die nächsten 20 Jahre mit der Mittelwaldbewirtschaftung die besseren Ergebnisse. Eine Entschädigung drängt sich folglich für diesen Zeitraum nicht auf.

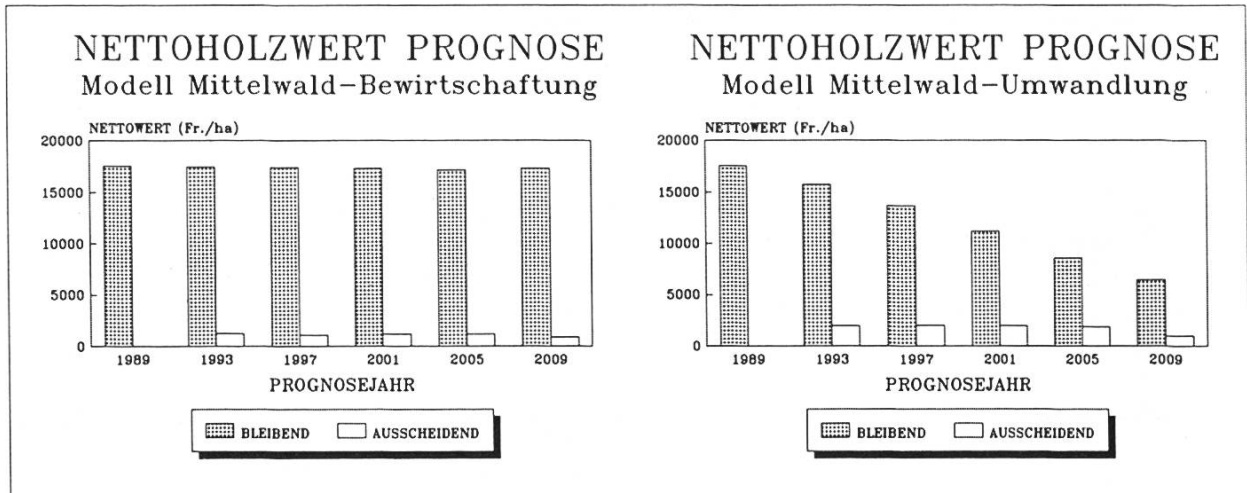
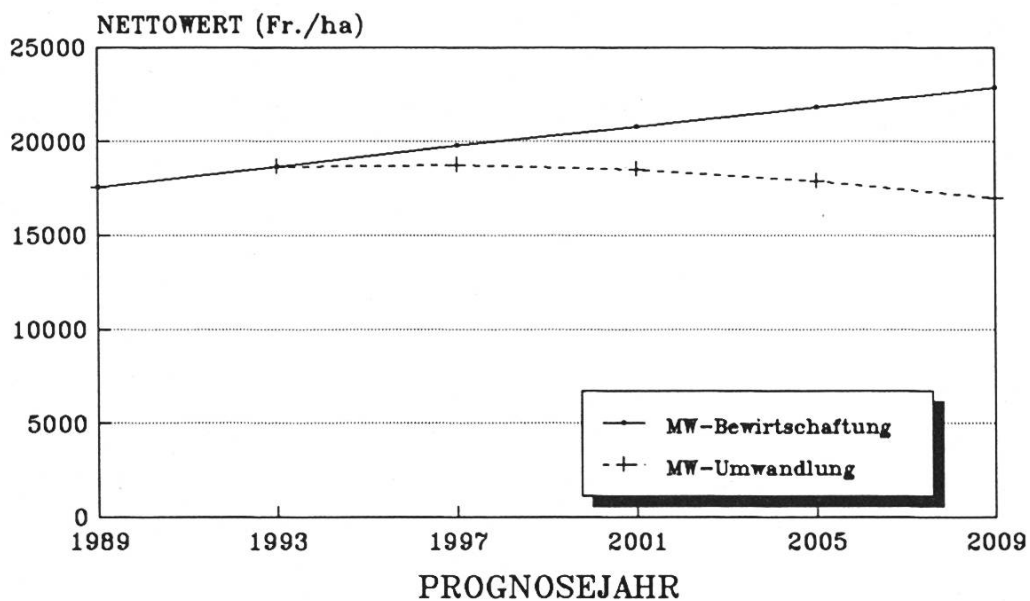


Abbildung 14. Nettoholzwertprognosen für die nächsten 20 Jahre.

## GESAMTWERTLEISTUNG Mittelwald Umwandlung/Bewirtschaft.



Reduzierte Qualitäten  
MW-Bew. 20% Erlösred. verbl.Bestand

Abbildung 15. Gesamtwertleistung gemäss 20-Jahres-Prognose für die beiden Bewirtschaftungsarten.

### 4.2.2 Langfristmodelle

Ziel der langfristigen Betrachtung ist es, die durchschnittliche Gesamtwertleistung (dGWL) eines nachhaltigen Mittelwaldes mit jener eines Hochwaldes zu vergleichen.

Für die Variante «Mittelwaldbewirtschaftung» rechnete Schmid (1989) von Hand drei Modelle (vgl. Tabelle 3) mit verschiedenem Oberholzanteil für

eine Umtriebszeit von 240 Jahren. Als Oberholz-Baumart wurde stets zu 100% die Eiche verwendet.

Tabelle 3. Gesamtwertleistung der von Hand gerechneten Langfristmodelle für die Variante Mittelwaldbewirtschaftung (nach Schmid 1989).

Modellvariable	150 m <sup>3</sup>	200 m <sup>3</sup>	250 m <sup>3</sup>
Durchschnittl. Gesamtwertleistung pro ha und Jahr	- Fr. 52.-	Fr. 12.-	Fr. 68.-

Die Variante «Hochwaldbewirtschaftung» ergibt gemäss Simulationsmodell für die verschiedenen Baumarten, unter den gewählten Bedingungen, die in *Abbildung 16* wiedergegebenen Gesamtwertleistungen.

### Durchschnittliche Gesamtwertleistung Verschiedene Baumarten (Kulturkosten: 7000.- Fr./ha)

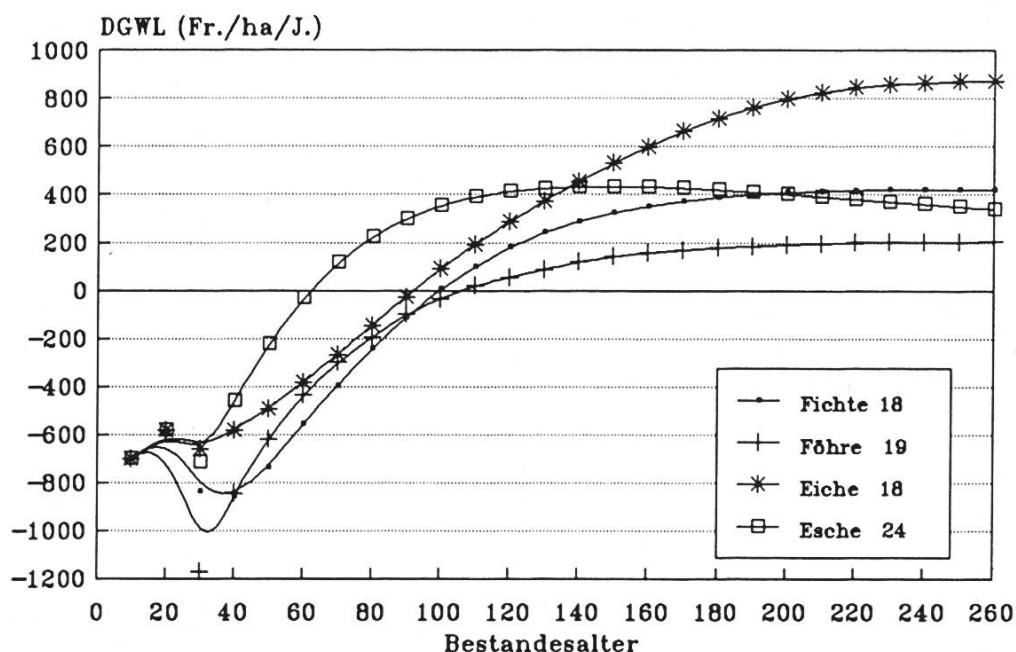


Abbildung 16. Durchschnittliche Gesamtwertleistungen für die verschiedenen Baumarten bei Hochwaldbewirtschaftung.

Der Verlauf der dGWL verhält sich stark bonitätsabhängig, wie *Abbildung 17* beweist. Entsprechend vorsichtig muss er interpretiert werden.

Die grösstmögliche durchschnittliche Gesamtwertleistung ist für jede Baumart verschieden und tritt bei einer anderen Umtriebszeit auf. Diese Kulminationspunkte, mit den entsprechenden Umtriebszeiten und der jeweiligen Bodengüte, sind in *Tabelle 4* aufgeführt.

Nach Schmid (1989) sind für Kombinationen von grossflächigen Reinbeständen gewichtete Mittelwerte der einzelnen Baumarten zu bilden. Bei

# Durchschnittliche Gesamtwertleistung

## Esche: verschiedene Bonitäten

(Kulturkosten: 7000.- Fr./ha)

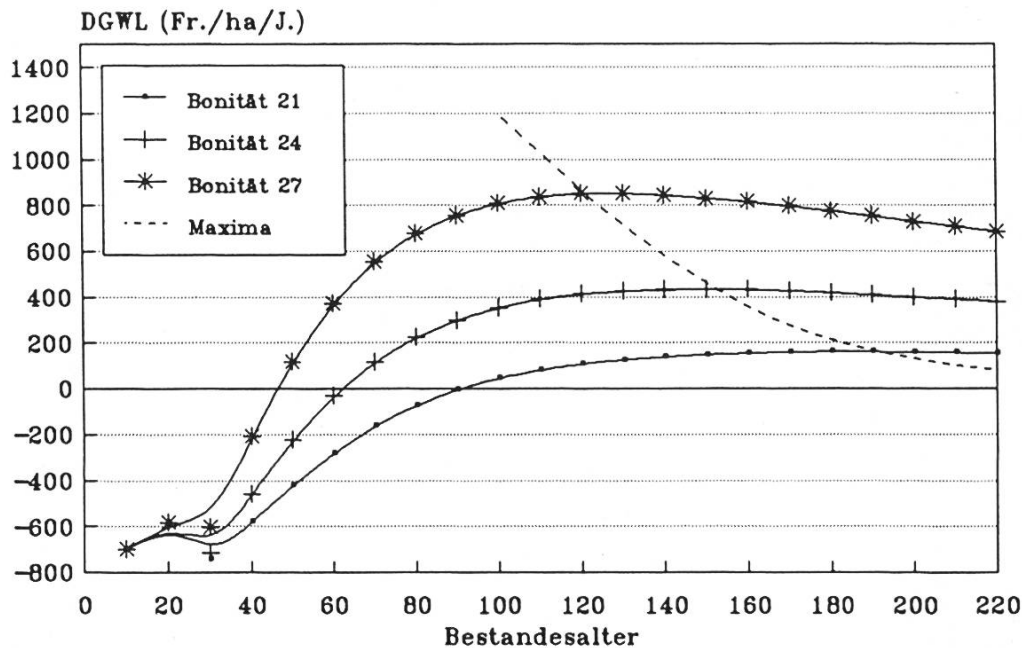


Abbildung 17. Bonitätsabhängigkeit der dGWL am Beispiel der Baumart Esche (ermittelt mit Simulationsmodell).

Kombinationen von kleinflächigeren Reinbeständen mit den erwähnten Baumarten kann zudem nicht mehr für jede Baumart die jeweils optimale Umtriebszeit angenommen werden. So muss in die Mischrechnung für alle Baumarten die gleiche Umtriebszeit mit der entsprechenden dGWL einfließen. Mit diesen Ansätzen erhalten wir für den vorliegenden Fall näherungsweise eine dGWL für Mischbestände in der Höhe von Fr. 450.- /ha und Jahr. Die Ergebnisse für die «Mittelwald-Bewirtschaftung» (Oberholzvorrat 250m<sup>3</sup>/ha) liegen rund Fr. 380.- tiefer (vgl. *Tabelle 3*).

Tabelle 4. Kulminationspunkte der durchschnittlichen Gesamtwertleistung (dGWL) für die verschiedenen Baumarten.

Baumart	Bodengüte (Bonität)	ungefähre Umtriebszeit in Jahren	ungefähre dGWL in Fr./ha und Jahr
Esche	24	120–150	420.–
Eiche	18	230–260	870.–
Föhre	19	220–260	200.–
Fichte	18	200–250	420.–

### 4.3 Folgerungen

Gemäss den angestellten Überlegungen und Modellberechnungen ergibt sich mittelfristig für die Variante «Mittelwald-Bewirtschaftung» ein finanziell

besseres Ergebnis als für die «Mittelwald-Umwandlung/Hochwald-Bewirtschaftung». Langfristig gesehen scheint letztere, aufgrund der heutigen Kosten-Erlös-Verhältnisse, jedoch wesentlich mehr zu leisten. Gestützt auf diese Betrachtungen wird von Schmid (1989) im hier diskutierten Fall eine Entschädigung in der Höhe von rund Fr. 300.– bis 400.–/ha und Jahr vorgeschlagen.

## **5. Ausblick**

Neben den beiden vorgestellten Anwendungen gibt es zahlreiche weitere Einsatzmöglichkeiten des Modells in Praxis, Forschung und Lehre. So kann es zum Beispiel als Betriebsführungsspiel zu Ausbildungszwecken oder für überbetriebliche Prognosen (zum Beispiel Holzanfall nach Sortimenten) verwendet werden. Es ist möglich, Sensitivitätsanalysen durchzuführen. So können die Auswirkungen von Erlös- und Kostenentwicklungen verschiedener Sortierungs- und Durchforstungsarten, Zuwachsveränderungen, Baumartenwahl usw. untersucht werden.

Über die theoretischen Grundlagen und die Funktionsweise des Modells ist eine Publikation in Vorbereitung (Lemm 1991).

Benutzerschnittstelle und Ein-/Ausgabemöglichkeiten werden ausgebaut und verbessert. Zudem ist ein Verarbeitungsteil für stufige Bestände vorgesehen. Weiter müssen noch verschiedene Wachstumsparameter baumartenspezifisch hergeleitet und zusätzliche Tests durchgeführt werden. Ziel dieser Weiterentwicklung ist, ein Modell zu erarbeiten, das in der Forstpraxis auf Personalcomputern für Planungs- und Bewertungsfragen eingesetzt werden kann.

## **Résumé**

### **Le modèle de simulation assisté par ordinateur, un instrument de planification et d'analyse dans l'entreprise forestière**

Cet article décrit comment utiliser un modèle de simulation, assisté par ordinateur, afin d'éclaircir les questions de planification et d'évaluation qui se posent à l'entreprise forestière. Il trace les grandes lignes des structures et des limites du modèle utilisé. L'accent est mis sur les composants du déroulement, de la formation des assortiments et de l'évaluation. Le modèle considère uniquement la valeur de la forêt en termes d'économie de l'entreprise (rendement, capital) mais il ne comporte pas de prestations d'économie publique. Il aide à découvrir dans quelle mesure le déroulement d'une variante correspond à l'objectif que l'entreprise s'est fixé; il ne permet

cependant pas d'optimiser une gestion liée à des objectifs fixes. Les unités de portée des résultats sont des peuplements concrets et un ensemble d'entreprises forestières.

Un exemple concret montre comment utiliser ce modèle dans la planification à long terme d'une entreprise pilote. Le gestionnaire détermine une certaine stratégie d'action. La simulation fondée sur cette stratégie fournit des pronostics sous forme de valeurs biologiques et financières. Ces variables peuvent ensuite être révisées suivant le but que l'entreprise s'est fixé. Ainsi est-il possible d'optimiser progressivement la planification et de corriger à temps les éventuelles erreurs de développement.

Un deuxième exemple illustre l'utilisation du modèle en vue d'éclaircir les questions de dommages intérêts à partager entre l'économie forestière et la protection de la nature pour la gestion d'une taillis sous futaie. Les variantes «gestion de taillis sous futaie» et «transformation de taillis sous futaie» sont confrontées en fonction des divers éléments planifiés. Le modèle de simulation permet ainsi d'établir des bases visant à estimer la valeur du dédommagement.

Traduction: *Monique Dousse*

#### *Literatur*

- Daenzer, W. F.* (1976): Systems Engineering – Leitfaden zur methodischen Durchführung umfangreicher Planungsvorhaben. Peter Hanstein GmbH, Köln, Industrielle Organisation, Zürich, 288 S.
- Fries, J.* (Hrsg.) (1974): Growth models for tree and stand simulation. Department of Forest Yield Research, Royal College of Forestry, Stockholm. Res. Notes 30., 379 S.
- Lemm, R.* (1988): Simulation der Wertverluste durch Waldschäden. Schlussbericht NFP 12, Birmensdorf, unveröffentlicht.
- Lemm, R.* (1991): Ein dynamisches Forstbetriebs-Simulationsmodell – Prognosen von betriebs-spezifischen Waldentwicklungen, Waldschäden und deren monetäre Bewertung unter variablen Einflussgrößen. Diss. Nr. 9369, ETH Zürich.
- Möhring, B.* (1986): Dynamische Betriebsklassensimulation. Ein Hilfsmittel für die Waldschadenbewertung und Entscheidungsfindung im Forstbetrieb. Forschungszentrum Waldökosysteme/Waldsterben, Bd. 20; Diss. Göttingen, Göttingen, 268 S.
- Munro, D. D.* (1974): Forest growth models – a prognosis. Bei: J. Fries (1974), S. 7–21.
- Schmid, B.* (1989): Projekt Niderholz – Teilprojekt Ertragsregelung. Bericht, Schaffhausen, unveröffentlicht.
- Suzuki, T.* (1983): Übergang des Waldbestandes als ein stochastischer Prozess. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen 76, Verlag J.D. Sauerländer, Frankfurt am Main. 105 S.

*Verfasser:* Vinzenz Erni, dipl. Forsting. ETH, und Dr. Renato Lemm, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.