MODELLKALKULATIONEN ZUM NATURVERJÜNGUNGSBETRIEB

WALTER FÜRST und KLAUS JOHANN

Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft

HANS ENK
zur Übernahme der Institutsleitung gewidmet

FDK 666:615:568:221.21:174.7

BUNDESMINISTERIUM FÜR BMLF LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT

Das Lebensministerium

ISSN 0374-9037

Copyright 1994 by
Forstliche Bundesversuchsanstalt

Für den Inhalt verantwortlich :
Direktor HR Dipl. Ing. Friedrich Ruhm

Herstellung und Druck :
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Waldforschungszentrum
Seckendorff-Gudent-Weg 8
A-1131 Wien

Anschrift für Tauschverkehr :
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Bibliothek
Seckendorff-Gudent-Weg 8
A-1131 Wien

Tel. + 43-1- 878 38 216
Fax. + 43-1- 877 59 07

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Kurzfassung

Seit 1992 wird an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt ein Projekt verfolgt, dessen Ziel ein betriebswirtschaftlich orientierter Vergleich von Naturverjüngungs- und Kahlschlagbetrieb ist. Waldbauliche, ertragskundliche und arbeitstechnische Aspekte sollen einbezogen werden.

In einer Pilotstudie wurde versucht, das Gewicht der verschiedenen, im komplexen System Naturverjüngungsbetrieb – zunächst nur für den mit Fichte – wirksamen Faktoren zu bestimmen. Aus den mit einem waldwachstumskundlich-betriebswirtschaftlichen Modell durchgeführten Kalkulationen wurde abgeleitet, welchen Komponenten des Gesamtsystems bei zukünftigen Untersuchungen besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist (Sensitivitätsanalyse).

Der Aufbau des Modelles „Naturverjüngungsbetrieb" wird dargestellt. Als Zielgröße wurde der kalkulatorische „Deckungsbeitrag 2" von normalen Betriebsklassen gewählt, der sich aus dem um Ernte- und Waldbaukosten verminderten Leistungswert ergibt. Die Berechnungen führten zu folgenden Hauptergebnissen: Das (für konkrete Betriebe unbekannte) Ausmaß der Wuchsverzögerung infolge Überschirmung, im Modell ausgedrückt durch die Phasenverschiebung, kann Unterschiede im Deckungsbeitrag bis zu 30% verursachen. Die Variation der Annahmen zu Lichtungszuwachs, Wertzuwachs, Stammzahlreduktionskosten, Feinerschließungkosten, Angriffsalter und Schirmwuchsphasendauer ergibt Unterschiede zwischen 5 und 15%. Die damit ausgedrückten, verschiedenen Gewichte der Einflußfaktoren führen zu der Schlußfolgerung, daß eine rein betriebswirtschaftliche Untersuchung des Naturverjüngungsbetriebes unzureichend ist. Es wird daher vorgeschlagen, waldwachstumskundliche Untersuchungen durchzuführen, aus deren Ergebnissen ein plausibles Betriebsklassenmodell abgeleitet werden kann. Ein entsprechendes Versuchsdesign dazu wird vorgestellt.

Schlüsselworte: *Naturverjüngung, Fichte, Betriebsklasse, Deckungsbeitrag, Modell*

Abstract

Since 1992 the Austrian Federal Forest Research Center is working on a project focussing on the economical comparison of forest management systems applying natural regeneration with clear cutting systems. Aspects of silviculture, yield and harvesting should be considered, too.

The aim of the first phasis of the project was to assess the weight of relevant factors in the natural regeneration system and to recognize particular ones which deserve special attention in future investigations. This was accomplished by developing a model of the complex system and performing simulation runs. For the time being the investigations have been conducted with norway spruce.

The structure of the implemented model is described first. The „cover margin 2", that is the production value of ideal management classes, reduced by harvesting and silvicultural costs, has been chosen as an appropriate target variable, taking into account the different earnings and costs of the management systems under investigation. Main results of the calculations are: Variations in the delay of growth of the young stand due to coverage, can effectuate differences in cover margin 2 up to 30%. This factor has been modelled by deferring the corresponding growth phasis in yield tables in time. The actual extent of that time lag, however, is unknown. The variation of presumptions on volume increment due to increased light reception, on value increment due to stand treatment during the regeneration phasis, on costs of stem reduction and area development and on the temporary commencement of regeneration and the duration of coverage of the young stand caused differences in cover margin 2 between 5 and 15%. With respect to the relative weight of the examined factors is concluded, that just an economic investigation of the natural

regeneration system is unsufficient. Thus investigations in yield of this system are proposed. Eventually a more realistic management class model should be derived from the collected data. An experimental design for this purpose is presented.

Keywords: *natural regeneration, norway spruce, management class, cover margin, model*

Inhaltsverzeichnis

1 Modell statt Wirklichkeit 1
- 1.1 Die Naturverjüngung als Betriebsform . . . 1
- 1.2 Der Deckungsbeitrag als Vergleichsmaßstab . . . 1
- 1.3 Die Betriebsklasse als Vergleichsebene . . . 1
- 1.4 Möglichkeiten und Grenzen der Modellkalkulation . . . 2

2 Die normale Betriebsklasse 4
- 2.1 Schlagwald . . . 4
- 2.2 Naturverjüngungsbetrieb . . . 4

3 Das Modell Naturverjüngungsbetrieb 7
- 3.1 Bezugsfläche und Bezugszeitraum . . . 7
- 3.2 Waldwachstumskundliche Kenngrößen . . . 8
  - 3.2.1 Ertragstafel und Bonität . . . 9
  - 3.2.2 Die „Phasenverschiebung“ am Beispiel der Oberhöhenentwicklung . . . 10
  - 3.2.3 Mitteldurchmesser . . . 13
  - 3.2.4 Mittelhöhe . . . 13
  - 3.2.5 Vorrat, Zuwachs, Lichtungszuwachs . . . 13
  - 3.2.6 Durchschnittliche Endnutzung . . . 14
- 3.3 Betriebswirtschaftliche Kenngrößen . . . 15
  - 3.3.1 Holzpreise, Leistungswerte . . . 15
  - 3.3.2 Erntekosten . . . 16
  - 3.3.3 Erschließungs–, Kultur– und Stammzahlreduktionskosten . . . 16
  - 3.3.4 Deckungsbeitrag . . . 17
- 3.4 Betriebsklassenkenngrößen . . . 17

4 Modellsteuerung im Überblick 18
- 4.1 Waldwachstumskundliches Modell . . . 18
  - 4.1.1 Vorgegebene Steuerungselemente . . . 18
  - 4.1.2 Wählbare Steuerungselemente . . . 19
- 4.2 Betriebswirtschaftliches Modell . . . 20
  - 4.2.1 Vorgegebene Steuerungselemente . . . 20
  - 4.2.2 Wählbare Steuerungselemente . . . 21
- 4.3 Zielgrößen der Modellbetriebsklassen . . . 21
- 4.4 Datenbelegung der Beispielsberechnungen . . . 22
  - 4.4.1 Nicht variierte Eingabegrößen . . . 22
  - 4.4.2 Eingabegrößen des Basismodelles . . . 23
  - 4.4.3 Modellreihe Wuchsverzögerung (Vergleichsmodellreihe) . . . 24
  - 4.4.4 Modellreihe Lichtungszuwachs . . . 24
  - 4.4.5 Modellreihe Wertzuwachs . . . 25
  - 4.4.6 Modellreihe Stammzahlreduktionskosten . . . 25
  - 4.4.7 Modellreihe Feinerschließungskosten . . . 25
  - 4.4.8 Modellreihe Angriffsalter . . . 26
  - 4.4.9 Modellreihe Schirmwuchsphase . . . 26

5 Der Naturverjüngungsbetrieb im Vergleich zum Schlagwald 27
5.1 Vergleichsmodellreihe: Wirkung der Wuchsverzögerung 27
5.2 Wirkung von Wuchsverzögerung und Lichtungszuwachs 28
5.3 Wirkung von Wuchsverzögerung und Wertzuwachs 28
5.4 Wirkung von Wuchsverzögerung und Stammzahlreduktionskosten 30
5.5 Wirkung von Wuchsverzögerung und Feinerschließungskosten 31
5.6 Wirkung von Wuchsverzögerung und Angriffsalter 31
5.7 Wirkung von Wuchsverzögerung und Dauer der Schirmwuchsphase 33
5.8 Wirkung von Wuchsverzögerung, Lichtungs- und Wertzuwachs 35

6 Literaturvergleich 36
6.1 Naturverjüngung als Bestandteil eines waldbaulichen Konzeptes 36
6.1.1 Schwerpunkt Ökologie 36
6.1.2 Schwerpunkt Betriebswirtschaft 37
6.2 Quantitative Untersuchungen zum Naturverjüngungsbetrieb 37
6.3 Modelle zum Naturverjüngungsbetrieb 38
6.3.1 Ein „sogenanntes" Betriebsklassenmodell 38
6.3.2 Modelle zur Zielstärkennutzung 39
6.3.3 ASSMANN's Betriebsklassenmodell 40
6.4 Andere Wachstumsmodelle 41
6.5 Schlußfolgernde Zusammenfassung aus der Literaturübersicht 42

7 Vom Modell zur Wirklichkeit 43
7.1 Folgerungen aus den Modellkalkulationen 43
7.2 Forschungsbedarf 43
7.3 Wuchsreihenuntersuchungen in Naturverjüngungsbetrieben 43
7.3.1 Wuchsreihen aus raum–systematisch angeordneten Stichproben 44
7.3.2 Wuchsreihen aus zweck–systematisch angeordneten Stichproben 45
7.3.3 Wuchsreihen aus struktur–systematisch angeordneten Stichproben 45
7.4 Vorschlag für ein Versuchsdesign 46

8 Zusammenfassung 48

Tabellenverzeichnis

1 Vorgegebene Steuerungselemente des waldwachstumskundlichen Modells 18
2 Wählbare Steuerungselemente des waldwachstumskundlichen Modells 19
3 Vorgegebene Steuerungselemente des betriebswirtschaftlichen Modells 20
4 Wählbare Steuerungselemente des betriebswirtschaftlichen Modells 21
5 Betriebsklassenkenngrößen 21
6 Nicht variierte Eingabegrößen 22
7 Eingabegrößen des Basismodells 23
8 Eingabegrößen der Modellreihe Wuchsverzögerung (Vergleichsmodellreihe) 24
9 Eingabegrößen der Modellreihe Lichtungszuwachs 24
10 Eingabegrößen der Modellreihe Wertzuwachs 25
11 Eingabegrößen der Modellreihe Stammzahlreduktionskosten 25
12 Eingabegrößen der Modellreihe Feinerschließungskosten 25
13 Eingabegrößen der Modellreihe Angriffsalter 26
14 Eingabegrößen der Modellreihe Schirmwuchsphase 26

Abbildungsverzeichnis

1 Modell einer normalen Schlagwaldbetriebsklasse 4
2 Modell einer normalen Naturverjüngungsbetriebsklasse 5
3 Zusammenhänge in der Naturverjüngungsbetriebsklasse 7
4 Oberhöhen einiger freiwachsender Probeflächen 9
5 Höhenentwicklung nach ASSMANN 10
6 Höhenentwicklung nach POLLANSCHÜTZ 10
7 Höhenentwicklung nach JOHANN 11
8 Phasenverschiebung bei Probeflächen 12
9 Wirkung der Wuchsverzögerung (Vergleichsmodellreihe) 27
10 Wirkung von Wuchsverzögerung und Lichtungszuwachs 29
11 Wirkung von Wuchsverzögerung und Wertzuwachs 29
12 Wirkung von Wuchsverzögerung und Stammzahlreduktionskosten 30
13 Wirkung von Wuchsverzögerung und Feinerschließungskosten 31
14 Wirkung von Wuchsverzögerung und Angriffsalter 32
15 Wirkung von Wuchsverzögerung und Dauer Schirmwuchsphase 33
16 Wirkung von Wuchsverzögerung und Dauer der Schirmwuchsphase auf dEN . . . 34
17 Wirkung von Wuchsverzögerung, Lichtungs- und Wertzuwachs 35

1 Modell statt Wirklichkeit

1.1 Die Naturverjüngung als Betriebsform

Die Diskussion um Kahlschlag– oder Naturverjüngungsbetrieb hat in den letzten Jahren an Intensität gewonnen. Sie wird unter engagierten Forstleuten häufig auf Grund von Erfolgen oder Mißerfolgen im eigenen Betrieb, aber oft auch getragen von Emotionen und Meinungen geführt. Jede Seite hat unwiderlegbare Argumente vorzubringen, die sich oft zu widersprechen scheinen.

Die Entscheidung über die Betriebsform ist eine der zentralen langfristigen Entscheidungen im Forstbetrieb. In die Gesamtbeurteilung sind ökologische Wirkungen genauso einzubeziehen wie waldbauliche, waldwachstumskundliche, betriebswirtschaftliche und arbeitstechnische. Die betriebswirtschaftliche Beurteilung hat vom Forstbetrieb als Ganzheit auszugehen. Unter der Voraussetzung, daß vom Forstbetrieb primär erwerbswirtschaftliche Ziele angestrebt werden, gibt der Markt die zu erzeugenden Produkte vor. Deren Produktion vollzieht sich nach einer bestimmten Betriebsform in einem komplexen System. Die wirkenden Einflußgrößen sind im einzelnen oft schwer zu erkennen, ihr Zusammenwirken ist nicht leicht zu überblicken.

Vergleiche von Betriebsformen sind deshalb schwierig, weil sich das System nicht mit einer einzigen Größe vollständig beschreiben läßt. Auch sind die speziellen Produktionsbedingungen (Lage, Standort, Baumarten– und Vorratszusammensetzung, u. a.) von Forstbetrieb zu Forstbetrieb verschieden. Aufgabe der nachfolgenden Studie war es, möglichst viele Aspekte des Problemes zu erfassen, miteinander zu verknüpfen und die Ergebnisse in einheitlicher Form darzustellen.

1.2 Der Deckungsbeitrag als Vergleichsmaßstab

Seit 1992 wird an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt ein Projekt verfolgt, dessen Ziel ein betriebswirtschaftlich orientierter Vergleich von Natur– mit Kahlschlagsbetriebsformen ist. Waldbauliche, ertragskundliche und arbeitstechnische Aspekte sollten einbezogen werden. Die nachfolgenden - zunächst als Pilotstudie angelegten - Überlegungen wurden inzwischen mehrfach bei Seminaren und Vorträgen vorgestellt und diskutiert (ENK, JOHANN, POLLANSCHÜTZ, 1992 [5], JOHANN, 1992 [11],[12]).

Als geeigneter Vergleichsmaßstab bzw. Zielgröße wurde der um die Ernte– und Waldbaukosten verminderte Leistungswert, als Deckungsbeitrag 2 (DB2) bezeichnet, gewählt. Dieser ist einerseits eine bekannte Kenngröße, andererseits kann der Großteil der von der Betriebsform beeinflußten, betriebswirtschaftlichen und waldwachstumskundlichen Auswirkungen der Betriebsform mit seiner Hilfe erfaßt werden. Der Leistungswert wird beeinflußt von den erzielbaren Mengen verschiedener Holzsortimente und deren Preisen. Die Holzmenge ihrerseits und ihre Sortenzusammensetzung unterliegt neben dem Einfluß der Bonität dem der Betriebsform. Auch die Erntekosten sind über die Menge und Zusammensetzung des geernteten Holzes von der Betriebsform beeinflußt, die Waldbaukosten hingegen von den durch die Betriebsform vorgegebenen Maßnahmen (z.B. Kulturpflege, Stammzahlreduktion). Nicht berücksichtigt wird bei dieser Art der Teilkostenrechnung der Einfluß der Betriebsform auf die Verwaltungskosten.

1.3 Die Betriebsklasse als Vergleichsebene

Es wäre wenig zielführend, einige oder mehrere konkrete Forstbetriebe zu untersuchen und deren Deckungsbeiträge miteinander zu vergleichen, ohne zu beachten, daß Besonderheiten im einzelnen Betrieb den Deckungsbeitrag stärker beeinflussen können als die Form der Bewirtschaftung. Unterschiede im Altersklassenaufbau, bei den Bringungsverhältnissen oder den Bonitäten

können beispielsweise zu größeren Unterschieden im Deckungsbeitrag führen als die Betriebsform selbst. Um den Einfluß dieser Verschiedenartigkeiten auszuschalten, müssen für den Vergleich „genormte" Betriebe verwendet werden, also solche mit gleichem Altersklassenaufbau, gleichen Bringungsverhältnissen und gleichen Bonitäten. Betriebe, in denen alle sonstigen Verhältnisse gleich und nur die Betriebsform verschiedenartig ist, findet man in der Wirklichkeit nicht. Solche Betriebe sind geschaffene gedankliche Gebilde, Modelle der Wirklichkeit. In diesen Modellen - auch Modellbetriebsklassen, „Ideal"–, oder „Normal"– Betriebsklassen genannt - herrschen also gleiche Verhältnisse mit Ausnahme des Verjüngungsverfahrens und damit zusammenhängender Kosten– und Ertragsparameter. Bei diesen theoretischen Betrieben sind Unterschiede im Deckungsbeitrag durch die Betriebsform - Naturverjüngung oder Kahlschlag - erklärt.

Ähnlich wie die Besonderheiten verschiedener Betriebe einen Vergleich der Betriebsformen verfälschen würden, würden Vergleiche zu falschen Schlüssen führen, die von einzelnen Beständen ausgehen (siehe dazu auch STERBA, 1984 [25]). Es ist leicht einzusehen, daß man einen geschlossenen Bestand nicht mit einem vor Jahren oder Jahrzehnten bereits aufgelichteten Naturverjüngungsbestand gleichen Alters und gleicher Bonität vergleichen darf. In letzterem wurde ja ein beträchlicher Anteil der Bestandesglieder bereits genutzt, ebenso wurden bereits Kosten aufgewendet, die im geschlossenen Bestand erst bei dessen Endnutzung anfallen werden. Im Kahlschlagbestand werden Kosten für die Rekultivierung aufzuwenden sein, in natürlich verjüngten wahrscheinlich Kosten für die Stammzahlreduktion. Richtig kann nur ein Vergleich sein, der gegenwärtige, vergangene und zukünftige Phasen des Bestandeslebens miteinbezieht. Für diese Betrachtungsweise eignet sich das Modell einer normalen Betriebsklasse, in der das zeitliche Nacheinander der Wuchsphasen durch ein gedachtes räumliches Nebeneinander ersetzt wird. Der Vergleich findet sozusagen auf einer höheren Ebene als der des Bestandes statt (GEROLD u. BIEHL,1992 [7]).

Der Hinweis darauf, daß ein Vergleich zwischen Schlagwald und Naturverjüngung nur dann richtig sein kann, wenn er auf der Ebene der Betriebsklasse durchgeführt wird, scheint uns deshalb besonders wichtig zu sein, weil häufig gegen diesen Grundsatz verstoßen wird. Verleitet durch zweifellos „schöne" Waldbilder, die bei Exkursionen gerne vorgeführt werden, wird allzu leicht vergessen, daß man diesen einen Bestand mit prächtig herausgepflegten Altfichten und einer gut differenzierten Naturverjüngung, vor dem man gerade steht und über den gerade diskutiert wird, eben nicht vergleichen darf mit einem geschlossenen „Ertragstafelbestand", der für den Kahlschlag vorgesehen ist. Die Tatsache, daß man bei einer Exkursion vor einem konkreten Bestand steht oder daß man sich konkrete Bestände vorstellt, darf nicht dazu verleiten, den Vergleich zwischen Schlagwald und Naturverjüngungbetrieb auf dieser Ebene zu führen!

Die in dieser Studie gewählte Vorgangsweise folgt dem Assmann'schen Methodengerüst (ASSMANN, 1961 [1]). Auf dieses wird in einem eigenen Abschnitt (Kapitel 6), eingegangen. Kapitel 6 ist einem Überblick über die zur Verfügung stehende Literatur gewidmet. Vorgefundene Bearbeitungen des Themas werden hier behandelt, Abgrenzungen gegenüber dem eigenen Arbeitsansatz vorgenommen und Hinweise auf Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede in den Ergebnissen gegeben. Da der Ergebnisvergleich die Kenntnis des Hauptteiles dieser Studie erfordert, wurde der Literaturvergleich jenem nachgereiht.

1.4 Möglichkeiten und Grenzen der Modellkalkulation

Das in dieser Pilotstudie entwickelte waldwachstumskundlich–betriebswirtschaftliche Modell eines Naturverjüngungsbetriebes ermöglicht einen ökonomischen Vergleich der Deckungbeiträge von Kahlschlag– und Naturverjüngungsbetrieb auf Betriebsklassenebene. Es ermöglicht im Sinne einer Sensitivitätsanalyse herauszufinden, welche der wirkenden Komponenten und Subkompo-

nenten den DB2 des Naturverjüngungsbetriebes stärker, welche ihn geringer beeinflussen. Damit erhält man Hinweise, wo kritische Einflußfaktoren des Naturverjüngungsbetriebes liegen, denen bei zukünftigen Untersuchungen besondere Aufmerksamkeit zu schenken sein wird.

Die bisherige Arbeit stellt eine Voruntersuchung dar, die keine endgültigen Ergebnisse liefern konnte. Im Modell wurden Annahmen gemacht, die erst noch verifiziert bzw. falsifiziert werden müssen. Bei allem Bemühen, die Annahmen in ihrem absoluten Ausmaß wie auch in ihren Relationen zueinander möglichst realitätsnah zu halten, kann doch nicht ausgeschlossen werden, daß sich mit zunehmender Verbesserung der Informationsbasis auch die Aussage ändern wird. Die Grenzen des vorgestellten Modelles ergeben sich aus der Zuverlässigkeit der unterstellten Annahmen.

„Über aller Mathematik steht die Philosophie!" umschrieb der Wirtschaftsführer eines großen österreichischen Privatforstbetriebes sein persönliches Engagement für die Naturverjüngung und für sein Verfahren der Zielstärkenernte zum Ende einer Exkursion, die den betriebswirtschaftlichen, waldbaulichen, waldwachstumskundlichen und sonstigen Aspekten seiner Betriebsführung gewidmet war. Was er damit vielleicht zum Ausdruck bringen wollte, ist, daß mathematische Modellrechnungen nur Hilfestellungen für die Bewertung bieten können, indem sie Teilbereiche der Wirklichkeit exakter darstellen. Entscheidend ist es jedoch, darüber nicht die noch komplexere Wirklichkeit aus dem Bewußtsein zu verlieren. In diesem Sinne können die nachfolgenden Modellrechnungen nur möglichst viele Aspekte des Problems erfassen und miteinander verknüpfen. Es muß dem Leser bzw. dem Leiter eines Forstbetriebes überlassen bleiben, die Ergebnisse zu bewerten, die Risken einschätzen und zu entscheiden, welchen Weg er gehen will.

2 Die normale Betriebsklasse

2.1 Schlagwald

Forstleuten dürfte das Modell der normalen oder idealen Betriebsklasse des Schlagwaldes bekannt sein, liegt dieses Modell doch allen Ertragstafeln zugrunde: Auf einem Standort gleicher Bonität nimmt jede Alterstufe jeweils eine Fläche von einem Hektar ein. Die Ertragstafel gibt den Vorrat des verbleibenden Bestandes je Alterstufe an, bei Erreichen des Umtriebsalters wird die älteste Altersklasse im Herbst genutzt und im nächsten Frühjahr wieder aufgeforstet. Für diese Idealbetriebsklasse wird angenommen, daß weder bei der Kultur noch im sonstigen Bestandesleben irgendwelche störenden Einflüsse auftreten. (Siehe auch ASSMANN, 1961 [1]).

In Abbildung 1 ist der Vorrat des verbleibenden Bestandes aus der Ertragstafel Fichte, Weitra, 12. Ertragsklasse über dem Alter aufgetragen. Dieser Darstellung entspricht eine normale Betriebsklasse von Fichtenreinbeständen der 12. Ekl., sie ist 100 ha groß, jeder der 100 Bestände wird im Alter 0 aufgeforstet und im Alter 100 kahlgeschlagen. Kulturpflege, ggf. Stammzahlreduktion und Durchforstung sind Maßnahmen, die im Laufe des Lebens eines Bestandes zeitlich nacheinander, in der Normalbetriebsklasse räumlich nebeneinander vorkommen. Es wurde darauf verzichtet, auch die Menge des anfallenden Durchforstungsholzes und die Gesamtwuchsleistung darzustellen.

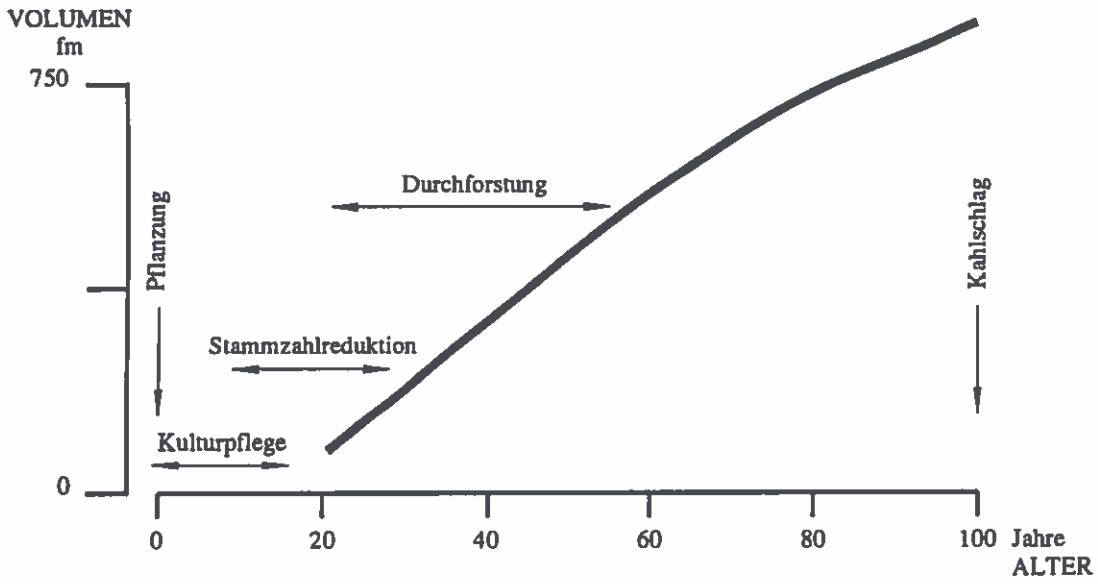

Abbildung 1: Modell einer normalen Schlagwaldbetriebsklasse (Fichte, Weitra, 12. Ertragsklasse). Dargestellt ist der Vorrat je Hektar des verbleibenden Bestandes und die normalerweise in den verschiedenen Lebensphasen durchgeführten waldbaulichen Maßnahmen.

2.2 Naturverjüngungsbetrieb

In Abbildung 2 ist das Modell einer normalen Betriebsklasse dargestellt, in der die Bestände im Alter 100 nicht kahlgeschlagen, sondern vorgelichtet werden. In diesem Beispiel erfolgt jeweils nach 5 Jahren eine weitere Lichtung des Altbestandes, nach 40 Jahren ist der Altbestand

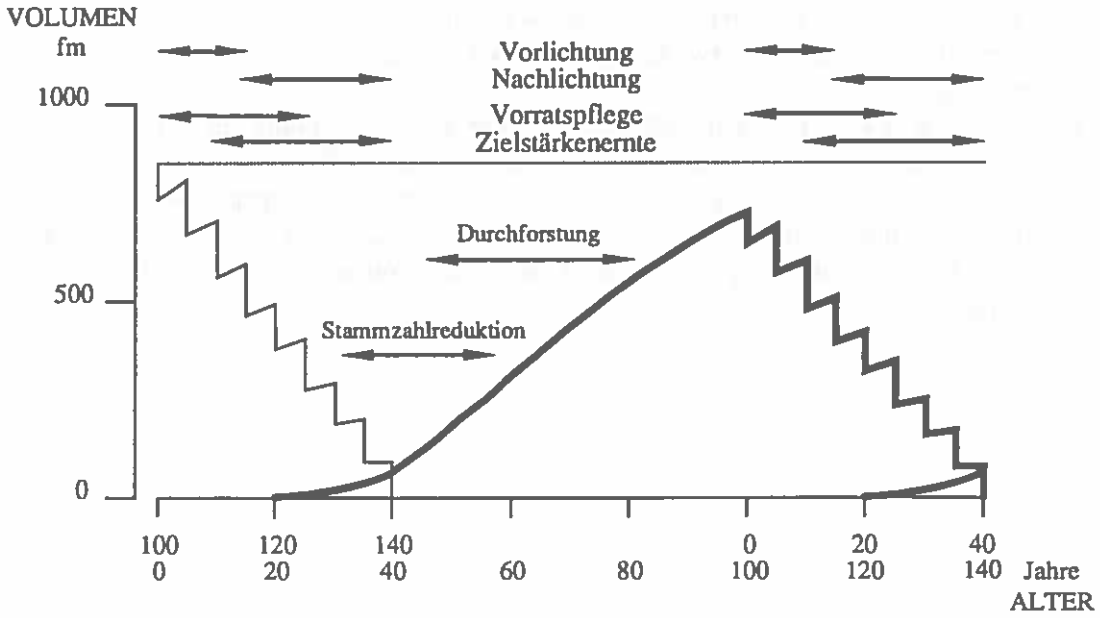

Abbildung 2: Modell einer normalen Naturverjüngungsbetriebsklasse (Fichte, Weitra, 12. Ertragsklasse). Dargestellt ist der Vorrat je Hektar des verbleibenden Bestandes beim Übergang vom Kahlschlagbetrieb (dünn) zum Naturverjüngungsbetrieb (dick) und die normalerweise in den verschiedenen Lebensphasen des Naturverjüngungsbetriebes durchgeführten waldbaulichen Maßnahmen.

geräumt. In Bezug auf die Naturverjüngung können die ersten Eingriffe als Vorlichtungen, die folgenden als Nachlichtungen beschrieben werden, hingegen in Bezug auf den Vorrat des verbleibenden Altbestandes als Vorrratspflege und Zielstärkenernte. ASSMANN, 1965, [2] unterscheidet im Naturverjüngungsbetrieb zwischen Schirmwuchs– und Freiwuchsphase, letztere teilt er in Dichtwuchs– und Lichtwuchsphase. Die Lichtwuchsphase des Altbestandes fällt mit der Schirmwuchsphase der Folgegeneration zusammen. In natürlich verjüngten Beständen wird eine Stammzahlreduktion unumgänglich sein, die Durchforstungen unterscheiden sich nicht von denen des Schlagwaldes.

Entscheidend zum Verständnis dieses Normalwaldmodelles einer Naturverjüngungsbetriebsklasse ist, daß der Vorrat eines bis zum ersten Endnutzungseingriff geschlossenen Bestandes nicht mit einem einzigen Eingriff (Kahlschlag) entnommen wird, sondern daß die „Endnutzung" auf mehrere Eingriffe verteilt ist. Es gibt prinzipiell unendlich viele Möglichkeiten, den Vorrat abzusenken oder den Verjüngungszeitraum auszudehnen oder zu verkürzen. In der Abbildung 2 ist eine einzige dieser Möglichkeiten wiedergegeben. In diesem Beispiel wurde willkürlich ein 40-jähriger Verjüngungszeitraum gewählt, ebenso willkürlich wurde der Vorrat folgendermaßen abgesenkt: Der Ertragstafelvorrat wurde gleichmäßig auf 9 Eingriffe (40 Jahre Verjüngungszeitraum : 5 Jahre = 8 Eingriffe + 1 Eingriff) aufgeteilt. Innerhalb der jeweils nächsten 5 Jahre leistet der verbleibende Bestand noch Zuwachs, dieser wird immer beim nächsten Eingriff mitgenutzt. Details zur Herleitung von Vorrat und Zuwachs werden in Abschnitt 3 angeführt. An dieser Stelle soll nur darauf hingewiesen werden, daß dieser Verlauf der Vorratsentwicklung einer von vielen möglichen ist. Dieser Verlauf charakterisiert annähernd jene Naturverjüngungsformen, bei denen während einer Verjüngungsphase der Altbestand aufgelichtet und nach dem Ankommen der Verjüngung mehr oder weniger schnell abgebaut wird. Während der Schirmwuchsphase

bestehen erhebliche Unterschiede gegenüber der Entwicklung im Schlagwald. Für die Freiwuchsphase wird unterstellt, daß sich die Entwicklungen von Schlag– und Naturverjüngungswald mehr oder weniger gleichen.

Aus der Abbildung 2 wird deutlich, daß noch vor der letzten Nutzung im Altbestand auch der Jungbestand bereits mit seiner Vorratsentwicklung beginnt. Wenn der letzte Altbestand dieser Betriebsklasse mit 140 Jahren genutzt wird, ist der daraus hervorgegangene Jungestand bereits 40 Jahre alt. In diesem Beispiel überlagert sich der Zuwachs von Alt– und Jungbestand während der 40–jährigen Verjüngungsphase, der Jungbestand leistet also zusätzlichen Zuwachs zu jenem des Altbestandes.

3 Das Modell Naturverjüngungsbetrieb

In diesem Abschnitt wird der Aufbau des Modelles „Naturverjüngungsbetrieb“ beschrieben. Dieses ist als ablauffähiges EDV–Programm in FORTRAN an der VAX 4000 der FBVA realisiert. Statt einer technischen Programmbeschreibung wird versucht, die Zusammenhänge so darzustellen, daß sie auch für den interessierten Forstpraktiker ohne Programmierkenntnisse verständlich werden. Der Leser findet hier eine Aufzählung verwendeter Variablen und Rechenregeln. Im darauf folgenden Abschnitt werden diese in Tabellenform schematisch zusammengestellt, um ein schnelles Auffinden zu ermöglichen. Leser mit Interesse an programmtechnischen Einzelheiten sind eingeladen, sich mit diesbezüglichen Fragen direkt an die Autoren zu wenden. Darüberhinaus besteht die Möglichkeit, andere als die hier beschriebenen Modellvarianten mit dem bestehenden Programm testweise durchzurechnen, falls die gewünschten Eingabewerte bekanntgegeben werden.

3.1 Bezugsfläche und Bezugszeitraum

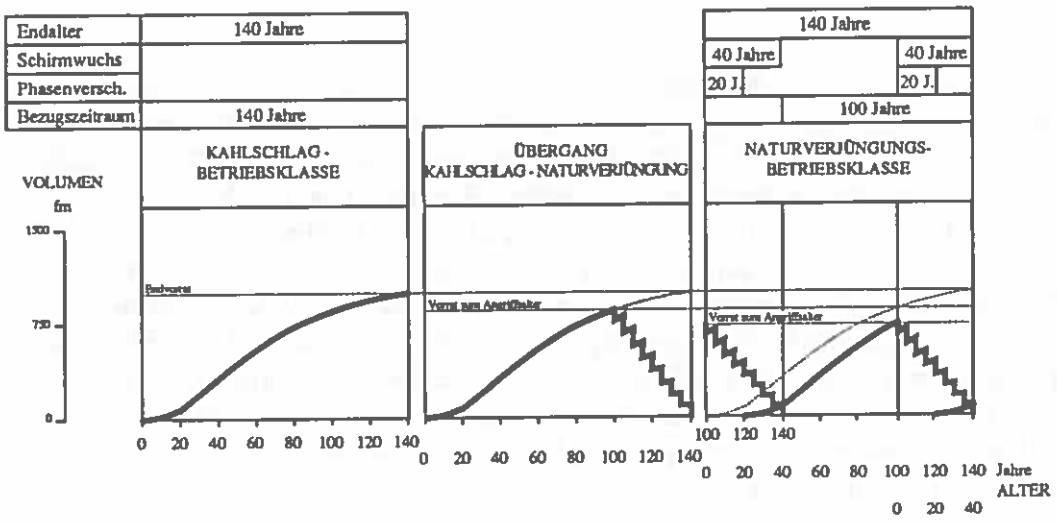

Abbildung 3: Betriebsklassenmodelle von Kahlschlag und Naturverjüngung und Übergang. Dargestellt ist der Vorrat je Hektar des verbleibenden Bestandes (Fichte, Weitra, 12. Ertragsklasse) und der Zusammenhang zwischen Endalter, Dauer der Schirmwuchsphase und dem Bezugszeitraum, bzw. der Bezugsfläche.

Die Bezugsflächengröße BZF einer Schlagwaldbetriebsklasse entspricht definitionsgemäß dem höchsten vorkommenden Bestandesalter, das üblicherweise der Umtriebszeit gleichgesetzt wird. Der Bezugszeitraum BZR für die Herleitung der durchschnittlichen Leistung eines Bestandes im Schlagwald ist ebenfalls die Umtriebszeit. Bezugszeitraum (bestandesbezogen) und Bezugsfläche (betriebsklassenbezogen) haben die gleiche Größe, aber verschiedene Dimension (Jahre bzw. Hektar).

Das höchste vorkommende Alter wird nachfolgend vereinfachend als „Endalter“ (EA) bezeichnet. Jenes Alter, in dem der erste Verjüngungshieb geführt wird, soll „Angriffsalter“ (AA), die Differenz zwischen End- und Angriffsalter Schirmwuchsphase (SWP) heißen. Nach ASSMANN, 1961 und 1965 [1],[2] kann der Bezugszeitraum für einen Bestand des Naturverjüngungsbetriebes aus dem Zeitabstand gleicher Zuwachsphasen aufeinanderfolgender Ge-

nerationen berechnet werden. Er verkürzt sich deshalb gegenüber dem Kahlschlagbetrieb, weil sich Lichtwuchsphase der 1. und Schirmwuchsphase der 2. Generation überlappen (Überlappungseffekt). Der Bezugszeitraum entspricht nicht mehr dem Endalter, sondern dem um die Schirmwuchsphase verkürzten Endalter.

Für die Naturverjüngungsbetriebsklasse kann die Bezugsfläche analog zum Bezugszeitraum des Bestandes hergeleitet werden. In ihr kommen Alt– und Jungbestand während einer bestimmten Dauer des Bestandeslebens auf der gleichen Fläche vor (z. B. der 120–jährige Bestand wächst auf der gleichen Fläche wie der 20–jährige Bestand). In einer normalen Naturverjüngungsbetriebsklasse, in der jeder Bestand beispielsweise genau 140 Jahre alt wird, aber bereits 40 Jahre lang unter Altholzschirm heranwächst, werden nicht 140 ha, sondern nur 100 ha an Fläche benötigt, um alle Bestände unterzubringen, die Bezugsfläche beträgt in diesem Fall nur 100 ha. Die Größe der Bezugsfläche kann daher nicht mehr mit dem höchsten vorkommenden Alter gleichgesetzt werden. Sie kann aus jener Fläche berechnet werden, die eine Generation bis zum Erreichen des Endalters einnimmt , vermindert um jenen Anteil, den sie mit der Vorgeneration gemeinsam einnimmt. Von JOHANN, 1968 [9] (S. 227 ff) wurden die von ASSMANN beschriebenen Zusammenhänge verallgemeinert:

$$BZF = BZR = EA - SWP$$

In Abbildung 3 ist im rechten Block die Abfolge dreier Bestandesgenerationen über einer Zeitachse dargestellt. Wenn der Bestand der 1. Generation sein Endalter von 140 Jahren erreicht, ist der Nachfolgebestand der 2. Generation bereits 40 Jahre alt. Im Nachfolgebestand (2. Generation) wird der letzte Baum bei gleichem Endalter von 140 Jahren genutzt. Der Bezugszeitraum für die 2. Generation entspricht der Dauer der „Freiwuchsphase" ASSMANN'scher Definition, weil die Schirmwuchsphase bereits der 1. Generation zugerechnet werden kann. Im gewählten Beispiel ist die Bezugsfläche (der Bezugszeitraum) des Vergleichskahlschlagbetriebes um 40 ha (Jahre) größer als im Naturverjüngungsbetrieb. Die Bezugsfläche (der Bezugszeitraum) des Naturverjüngungsbetriebes würde sich allerdings ändern, wenn man z. B. das Endalter bei 140 Jahren beließe, aber die Dauer des Schirmwuchses auf 20 Jahre verkürzte, bzw. 120 Jahre als Angriffsalter annähme. Die Bezugsfläche (der Bezugszeitraum) wäre dann 120 ha (Jahre). Unendlich viele Kombinationen sind denkbar.

3.2 Waldwachstumskundliche Kenngrößen

Wie zuvor bereits erwähnt wurde, werden waldwachstumskundliche (ertragskundliche) Kenngrößen für die Leistungswert– und Kostenherleitung benötigt. Mangels einer besseren Informationsbasis, wie z. B. Probeflächen in Form einer Wuchsreihe, werden im Berechnungsmodell auf bestimmte Weise modifizierte Ertragstafeldaten verwendet. Nachfolgend wird beschrieben, welche Ertragstafel verwendet wird, welche Kenngrößen daraus entnommen und wie diese Größen modifiziert werden.

Um das Verständnis zu erleichtern, werden wir das Modell des Naturverjüngungsbetriebes an Hand eines Beispieles beschreiben[1]. Mittels des Rechenprogrammes kann eine beliebige Anzahl weiterer Beispiele berechnet werden. Im Rechenprogramm selbst sind einige der oben erwähnten Modifikationen ertragskundlicher Kenngrößen fix programmiert („vorgegebene Steuerungselemente"), andere müssen vor jedem Rechengang eingegeben werden („wählbare Steuerungselemente"). Vorgegeben ist beispielsweise die Durchmesserentwicklung als Folge der Zielstärkenernte (siehe dazu Abschnitt 3.2.3). Wählbar sind z. B. Bonität, Angriffs– und Endalter u. a.. Sollen

[1] Das Beispiel ist möglichst realitätsnah gewählt, erhebt aber nicht den Anspruch, den Wuchsverlauf einer konkreten Betriebsklasse abzubilden!

vorgegebene Steuervariable modifiziert werden, so muß dazu eine neue Programmversion erstellt werden.

3.2.1 Ertragstafel und Bonität

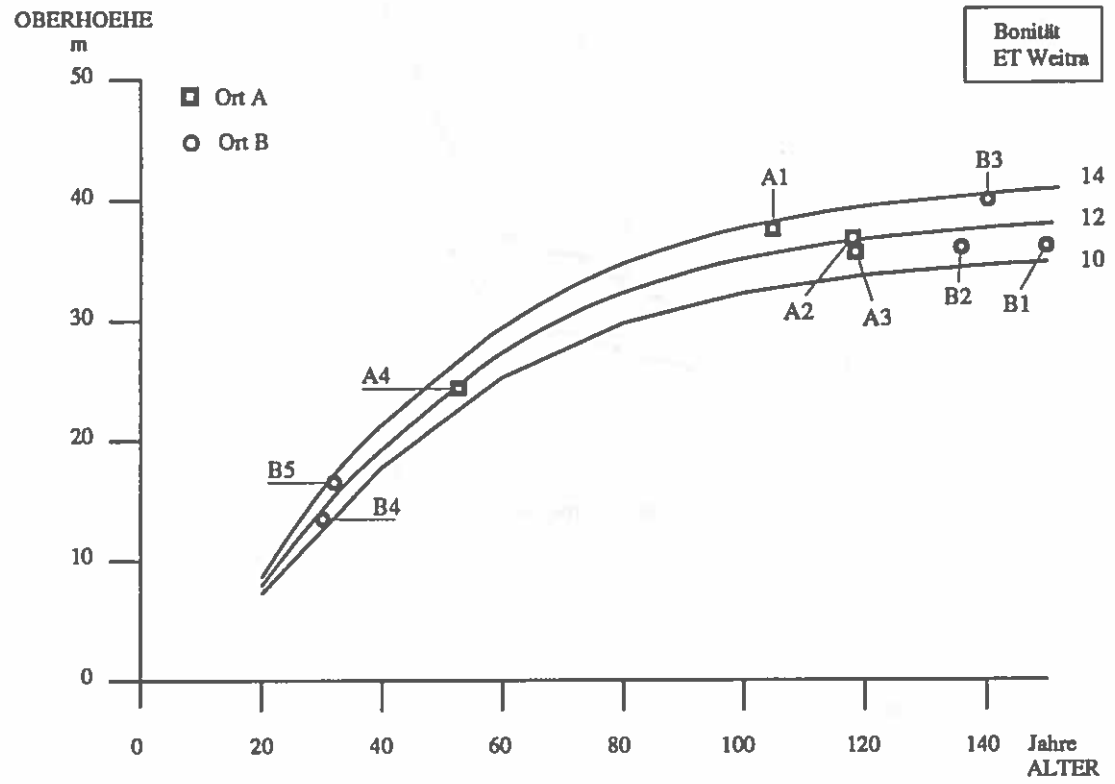

Abbildung 4: Oberhöhen freierwachsener Probeflächen über dem Alter im Vergleich zur Oberhöhenentwicklung der ET Weitra, 12. Bon.

In Abb. 4 sind die Oberhöhen einiger Probeflächen, die im österreichischen Bereich der Böhmischen Masse aufgenommen worden sind, über dem mittleren Bestandesalter aufgetragen. Diese Aneinanderreihung der Oberhöhen verschiedener Bestände in unterschiedlicher Lage über dem Bestandesalter läßt erkennen, daß sie dem Verlauf der Oberhöhenentwicklung der Ertragstafel Weitra, 12. Bon. weitgehend folgen. Die Daten dieser Ertragstafel und dieser Bonität werden im folgenden als Beispiel verwendet.

3.2.2 Die „Phasenverschiebung“ am Beispiel der Oberhöhenentwicklung

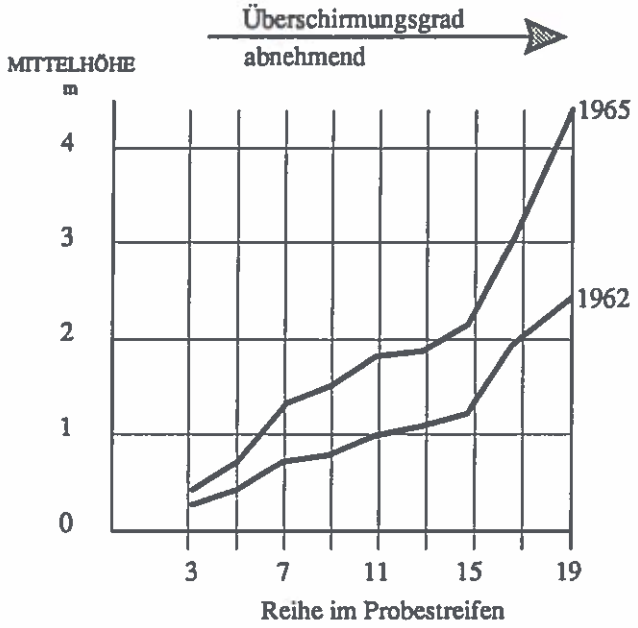

Abbildung 5: Höhenentwicklung von Fichten am Saum nach ASSMANN, 1965 [2]

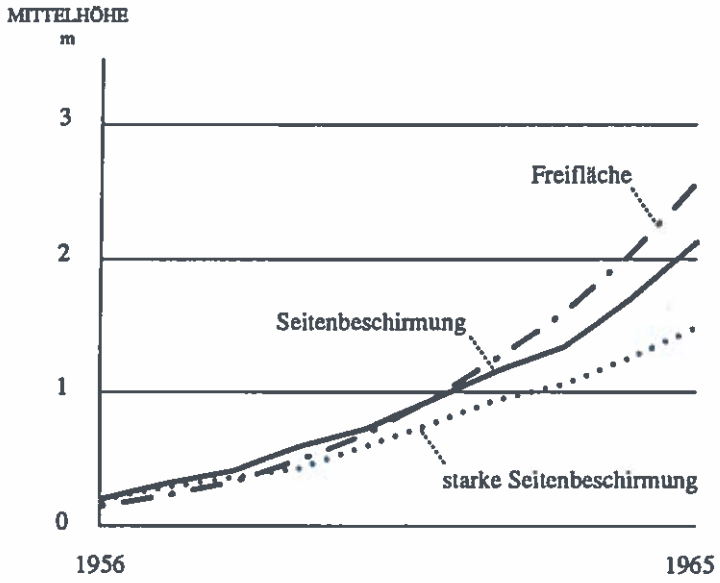

Abbildung 6: Mittelhöhenentwicklung auf der Freifläche und unter Seitenschirm wachsender Fichten nach POLLANSCHÜTZ, NATHER 1970 [16]

Die Abbildungen 5, 6 und 7 wurden nach Angaben in den Arbeiten von ASSMANN, 1965 [2], POLLANSCHÜTZ, NATHER, 1970 [16] und JOHANN, 1970 [10] gezeichnet. Sie sollen die Tatsache unterstreichen und erläutern, daß unter dem Schirm des Altholzes aufwachsende Jungbestände der Fichte gegenüber der Höhenentwicklung auf der Freifläche wachsender Fichten zurückbleiben (müssen), eine Tatsache, die häufig in ihrer Wirkung unterschätzt werden dürfte.

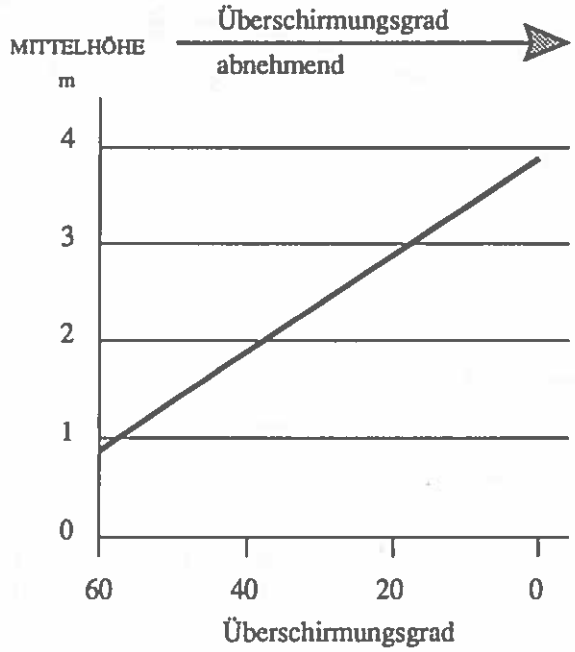

Abbildung 7: Oberhöhen von unter Altholzschirm wachsenden Fichten bei abnehmendem Überschirmungsgrad nach JOHANN, 1970 [10]

Abbildung 8 enthält neben den Oberhöhen der frei erwachsenen Bestände (siehe auch Abbildung 4) noch jene der unter ihrem Schirm heranwachsenden Jungbestände. Diese lassen sich aber keineswegs mehr der Oberhöhenentwicklung der 12. Bon., Fichte Weitra, zuordnen! So hat beispielsweise der Jungbestand B3 mit einem mittleren Alter von 56 Jahren eine Oberhöhe von ca. 3m erreicht, während der gleich alte, aus Pflanzung hervorgegangene, freiwachsende Bestand A4 bereits annähernd 24m hoch ist! Daß es sich nicht um einen gravierenden Bonitätsunterschied handeln kann, geht daraus hervor, daß der Altbestand von B3 eine bessere als die 12. Bonität aufweist.

In Abbildung 8 ist der Verlauf der Oberhöhenentwicklung nach der Ertragstafel einmal über den in der Tafel angegebenen Altern und sodann um 20 bzw. 40 Jahre nach rechts verschoben aufgetragen. Es muß als sehr unwahrscheinlich und allen forstlichen Erfahrungen widersprechend angesehen werden, daß die Jungbestände B2 und B3 nach einer Räumung des Altbestandes den durch Überschirmung bewirkten Höhenrückstand von 20m in kurzer Zeit aufholen. Wahrscheinlicher und den Erfahrungen besser entsprechend ist die Vermutung, daß ihre Höhenentwicklung eher den um 20 oder 40 Jahren verschobenen Ertragstafelkurven folgen wird. Diese Annahme einer „Phasenverschiebung" ist eine Hilfskonstruktion, welche die folgenden Berechnungen ermöglicht. Inwieweit diese Annahme zutreffend ist, muß noch durch entsprechende Untersuchungen geprüft werden.

Im Rahmen der Modellkalkulation für Betriebsklassen von natürlich verjüngten Beständen

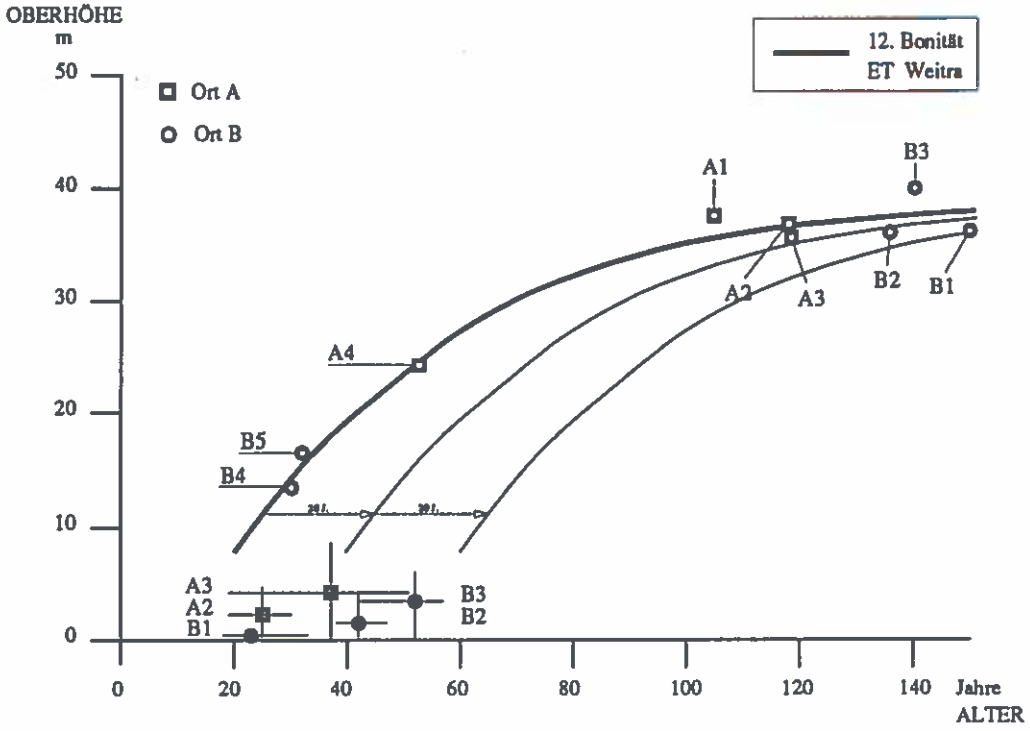

Abbildung 8: Oberhöhen frei und unter Altholzschirm wachsender Fichten von Probeflächen auf der Böhmischen Masse über dem Alter. Oberhöhenentwicklung der ET Weitra, 12. Bon., um 0, 20 und 40 Jahre phasenverschoben.

wird als Alter des natürlich verjüngten Folgebestandes (A_{vi}) jene Zahl von Jahren angesetzt, die seit der ersten Auflichtung vergangen sind, d. h. die Differenz von Alter des Altbestandes (A_i) und Alter zum Angriffszeitpunkt (AA).

$$A_{vi} = A_i - AA$$

Das Berechnungsergebnis wird nicht davon beeinflußt, ob zum Angriffszeitpunkt tatsächlich bereits die erste Verjüngung angekommen ist oder nicht, weil das wirkliche, aber unbekannte Jugendwachstum durch ein phasenverschobenes Ertragstafelwachstum ersetzt wird. Nicht der Verlauf, sondern das Ergebnis des Jugendwachstums in der Schirmwuchsphase geht in die Rechnung ein. Im Rechenmodell wird unterstellt, daß natürlich verjüngte Bestände nach ihrer Freistellung „normal" weiterwachsen. Sie gehen in die Berechnungen mit dem Alter A_{vi} ein, erhalten aber Höhen–, Durchmesser– und Vorratswerte zugeordnet, die bei einem um die Phasenverschiebung verminderten Alter der Ertragstafel entnommen werden, das hier als „Abrufalter des Verjüngungsbestandes" (A_{avi}) bezeichnet wird. Das „Abrufalter" deckt sich weitgehend mit dem in der Praxis bekannten Begriff des wirtschaftlichen Alters.

Folgendes Beispiel sei zur Erläuterung angeführt: Ein Jungbestand habe bei der Räumung des Altbestandes einen Entwicklungsrückstand von 40 Jahren gegenüber „normaler" Entwicklung der Ertragstafel, er habe also beispielsweise im Alter von 60 Jahren mittlere Höhe, Durchmesser und Vorrat eines 20–jährigen Ertragstafelbestandes. Soll in diesem Bestand die Naturverjüngung dann eingeleitet werden, wenn bestimmte mittlere Dimensionen der Ertragstafel erreicht werden, so wird er diese um etwa 40 Jahre später erreichen, als es die Tafel angibt.

Die Phasenverschiebung PHV ist ein „künstlicher" Begriff, mit dessen Hilfe die tatsächliche Bestandesentwicklung zwar nicht richtig abgebildet, der Effekt des Zurückbleibens aber simuliert werden kann. Sie ist eine wählbare Steuervariable, mit deren Hilfe sich die Bestandesentwicklung für Simulationszwecke willkürlich verschieben läßt.

Aber nicht nur die Höhenentwicklung, auch die Durchmesser– und Volumenentwicklung eines überschirmten Jungbestandes bleiben um ein bestimmtes Ausmaß hinter den Erwartungswerten der Freifläche zurück. Auch über das Ausmaß dieser „Minderzuwächse" ist bisher wenig bekannt. Zweifellos hängt aber die Größenordnung dieses „Nachhinkens" vom Überschirmungsgrad des Altbestandes und der Geschwindigkeit seiner Auflichtung ab.

3.2.3 Mitteldurchmesser

Die Mitteldurchmesserentwicklung einer Ertragstafel kann die Durchmesserentwicklung natürlich verjüngter Fichtenbestände keinesfalls richtig wiedergeben. Wir treffen daher folgende vereinfachende Annahmen, deren Richtigkeit zwar nicht bewiesen ist, mangels einer besseren Lösung aber vorerst akzeptiert wird: Der mittlere Durchmesser des ausscheidenden Bestandes (D_{ai}) ist immer 5% stärker als der Tafeldurchmesser (D_{Ti}).

$$D_{ai} = D_{Ti} * 1.05$$

Damit soll der Tatsache Rechnung getragen werden, daß im Wege der Zielstärkenernte zunächst vorwiegend die stärkeren Bäume eines Bestandes genutzt werden. Entsprechend wird für den Durchmesser des verbleibenden Bestandes (D_{vi}) ein um 5% verminderter Tafeldurchmesser angesetzt.

$$D_{vi} = D_{Ti} * 0.95$$

Weiterhin wird angenommen, daß infolge des Lichtungszuwachses der Mitteldurchmesser stärker zuwächst als in der Tafel angegeben. Beim nächsten Verjüngungshieb ist der mittlere Durchmesser des Gesamtbestandes wieder auf 100% des Tafelwertes angewachsen. Durchmesser des ausscheidenden und verbleibenden Bestandes für den nächsten Eingriff werden wie zuvor beschrieben hergeleitet.

3.2.4 Mittelhöhe

Die Mittelhöhenberechnung erfolgt analog zur Durchmesserberechnung.

3.2.5 Vorrat, Zuwachs, Lichtungszuwachs

Bis zum Angriffsalter wird der Ertragstafelvorrat (unter Beachtung der Phasenverschiebung) verwendet. Vornutzungen werden dabei vernachlässigt. Der zum Angriffsalter vorhandene Ertragstafelvorrat (V_{AA}) wird gleichmäßig auf alle Verjüngungseingriffe aufgeteilt, wobei angenommen wird, daß alle 5 Jahre ein Eingriff erfolgt. Die Anzahl der Eingriffe (EZ) hängt damit von der Dauer der Schirmwuchsphase (SWP) ab.

$$EZ = \frac{SWP}{5} + 1$$

Der Vorrat des ausscheidenden Bestandes wird berechnet als:

$$V_{ai} = \frac{V_{AA}}{EZ} + ZV_{T(i-1)} * RF$$

i = Index des Eingriffszeitpunktes

V_{ai} = Vorrat des ausscheidenden Bestandes zum Zeitpunkt i,
V_{AA} = Ertragstafelvorrat zum Angriffsalter,
$ZV_{T(i-1)}$ = Ertragstafelzuwachs der vorausgegangenen 5–Jahresperiode und
RF = Zuwachsreduktionsfaktor

Für jedes Eingriffsalter wird der gleiche Bruchteil des Ertragstafelvorrates zum Angriffsalter als Nutzung eingesetzt. Nach dem ersten Eingriff wird er um eine Schätzgröße des laufenden periodischen Volumenzuwachses erhöht. Der Vorrat des verbleibenden Bestandes zu einem beliebigen Zeitpunkt i ergibt sich aus dem Vorrat zum Angriffsalter vermindert um die bisher genutzten Teile:

$$V_{vi} = V_{AA} - n * \frac{V_{AA}}{EZ}$$

n = Zahl der vorangegangenen Eingriffe

Der Zuwachsreduktionsfaktor ist eine wählbare Steuerungsgröße, kann also für jeden Programmdurchlauf frei gewählt werden. Bei einer Absenkung des Vorrates, zu dem es bei natürlichen Verjüngungsverfahren auf jeden Fall kommt, ist einerseits mit einer Reduktion des laufenden Zuwachses infolge Vorrats (Grundflächen–)absenkung, andererseits mit einem Lichtungszuwachs zu rechnen. Über die tatsächlichen Verhältnisse ist bisher wenig bekannt. Zweck der Steuergröße RF ist es, in verschiedenen Programmläufen verschiedene Werte von RF zu simulieren. Die Größenordnung des Einflusses abnehmender Grundfläche und des vermuteten Lichtungszuwachses auf den Deckungsbeitrag soll damit simulatorisch erfaßt werden. Der Zuwachsreduktionsfaktor wird mittels einer Potenzfunktion hergeleitet:

$$RF = (\frac{V_{vi}}{V_{Ti}})^a$$

V_{Ti} = Ertragstafelvorrat für Vollbestockung

Durch Vorgabe des variablen Exponenten a können verschieden starke Zuwachsreduktionen simuliert werden. Der Vorgabe von $a = 1$ entspricht einer Reduktion im Ausmaß des Verhältnisses der Vorräte ($(\frac{V_{vi}}{V_{Ti}})^1 = \frac{V_{vi}}{V_{Ti}}$). Einer Vorgabe von $a < 1$ entspricht ein größerer Reduktionsfaktor als jener, der sich aus dem Verhältnis der Vorräte ergibt (für $V_{vi} < V_{Ti}$ und $a < 1$ ist $(\frac{V_{vi}}{V_{Ti}})^a > \frac{V_{vi}}{V_{Ti}}$). Durch die Wahl von a können somit verschieden starke Lichtungszuwächse simuliert werden.

3.2.6 Durchschnittliche Endnutzung

Der durchschnittliche Gesamtzuwachs normaler Betriebsklassen des Schlagwaldes ist definiert als

$$dGZ_U = \frac{GWL_U}{U}$$

In der Gesamtwuchsleistung ist die Summe aller Vornutzungen enthalten. Im Zuge des hier durchzuführenden Vergleiches zwischen Schlagwald– und Naturverjüngungsbetriebsklassen wird angenommen, daß die Bestandesbehandlung (Durchforstung) in beiden Betriebsformen die gleiche sei, daß also gleich große Vornutzungsmengen in beiden Betriebsformen anfallen, bzw. daß sich diese nur in den Endnutzungsmengen unterscheiden. An Stelle der Gesamtwuchsleistung ($GWL = \sum(EN + VN)$ wird daher die Gesamt–Endbestands–Leistung (GEL) und als Bezugsfläche nicht eine der Umtriebszeit (U) entsprechende Fläche, sondern die unter Abschnitt 3.1

beschriebene Bezugsfläche (BZF) verwendet. Die GEL wird aus den in Abschnitt 3.2.5 hergeleiteten Vorräten des ausscheidenden Bestandes (V_{ai}) zu den Eingriffszeitpunkten i aufsummiert:

$$GEL_{BZF} = \sum_{i=1}^{EZ} V_{ai}$$

Statt des durchschnittlichen Gesamtzuwachses wird die durchschnittliche Endnutzung je Flächeneinheit der Betriebsklasse (dEN_{BZF}) als Zielvariable hergeleitet:

$$dEN_{BZF} = \frac{GEL_{BZF}}{BZF}$$

3.3 Betriebswirtschaftliche Kenngrößen

3.3.1 Holzpreise, Leistungswerte

Die Sortierung des zu jedem Eingriffzeitpunkt i anfallenden Aushiebs erfolgt in der vorliegenden Programmversion nach der Sortentafel FRAUENDORFER, 1954 [6] nach dem Mitteldurchmesser des ausscheidenden Bestandes (siehe dazu Abschnitt 3.2.3)[2].

Der Vorrat des zum Zeitpunkt i ausscheidenden Bestandes (V_{ai}, siehe dazu Abschnitt 3.2.5) wird proportional zu den relativen Sortenmengen der Tafel (RSj) aufgeteilt. Der Vorrat je Sorte j (SV_{ij}) ergibt sich aus:

$$SV_{ij} = RS_j * V_{ai}$$

j = Index der Sorte, insgesamt sind 10 Sorten vorgesehen

Die Holzsortimente werden nach einem Richtpreisverfahren bewertet. Sortiment 3a ist das Richtsortiment, für das ein beliebiger Preis (RPS) eingesetzt werden kann. Für die anderen Sortimente werden Preisrelationen (PR_j) in Prozent eingegeben (Richtpreis und Preisrelationen sind wählbare Steuervariable), die Sortenpreise (SPR_j) werden daraus berechnet:

$$SPR_j = \frac{PR_j * RPS}{100}$$

Der sich aus dem Eingriff i ergebende Leistungswert (LW_i) wird aus der Summe der mit den Sortenmengen (SV_{ij}) multiplizierten Sortenpreise berechnet:

$$LW_i = \sum_{j=1}^{10} SV_{ij} * SPR_j$$

Entsprechend ergibt sich der Leistungswert der Betriebsklasse (LW) als Summe der Leistungswerte aller Eingriffe:

$$LW = \sum_{i=1}^{EZ} LW_i$$

bzw.

$$LW = \sum_{i=1}^{EZ} \sum_{j=1}^{10} SV_{ij} * SPR_j$$

[2] für spätere Programmversionen ist eine Einzelbaumsortierung vorgesehen

3.3.2 Erntekosten

Die Schlägerungskosten werden nach der ÖBF–Sortimentstabelle (Nadelholz SORT–TAB)[3] hergeleitet. Als Eingangsgrößen werden Mittendurchmesser (MDM), mittlere Höhe des Aushiebs (H_a) und Beastungsprozent (BAP) verwendet. Erschwernisse, Hangneigung, Spranz, Astmanipulation, etc. werden wegen ihres relativ geringen Einflußgewichtes vernachlässigt. Die Punktetabellen für MDM, H_a und BAP der Tafel wurden von uns in Funktionen umgerechnet, mittels derer sich die Punktezahl aus den Eingabegrößen berechnen läßt.

BAP ist eine wählbare Steuervariable. MDM_i wird im Programm aus den Sortenmittendurchmessern $SMDM_j$ und der Sortenmenge SV_{ij} (Herleitung siehe Abschnitt 3.3.1) als gewichteter Mittelwert für jeden Aushiebszeitpunkt i berechnet.

$$MDM_i = \frac{\sum_{j=1}^{10} SMDM_j * SV_{ij}}{V_{ai}}$$

Zur Herleitung von H_{ai} siehe Abschnitt 3.2.4 bzw. 3.2.3.

Zur Herleitung von Punktesummen für jeden Eingriff $SUMPKT_i$ werden aus MDM_i, H_{ai} und BAP die zugeordneten Punkte berechnet ($MDMPKT_i$, $HPKT_i$ und $BAPPKT_i$) und summiert:

$$SUMPKT_i = MDMPKT_i + HPKT_i + BAPPKT_i$$

Die Stunden je fm ($STUFM_i$) werden mittels einer Funktion (berechnet aus Tabelle 14 der Sortimentstabelle) in Abhängigkeit von $SUMPKT_i$ hergeleitet.

Die Erntekosten je Eingriff und fm ($EKFM_i$) werden ermittelt aus den Schlägerungskosten, aus Stunden je fm multipiziert mit dem Stundensatz ($STUSA$), vermehrt um soziale Lasten ($SOZL$) und Werkzeugpauschale (WZP), plus den Rückekosten je fm ($RUECK$), einer wählbaren Steuergröße:

$$EKFM_i = STUFM_i * (STUSA + STUSA * \frac{SOZL}{100}) + WZP + RUECK$$

3.3.3 Erschließungs–, Kultur– und Stammzahlreduktionskosten

Erschließungskosten Erschließungskosten fallen sowohl im Schlagwald wie auch im Naturverjüngungsbetrieb an. Unser Modell unterstellt, daß die idealen Betriebsklassen beider Betriebsformen in gleicher Weise (Dichte der LKW–fahrbaren Forststraßen) erschlossen seien. Die Kosten für den Bau LKW–fahrbarer Wege werden daher in die Kalkulationen nicht einbezogen.

Für den Fall, daß im Naturverjüngungsbetrieb Kosten einer zusätzlichen Feinerschließung anfallen, die im Schlagwald nicht auftreten, können diese über eine wählbare Steuervariable vorgegeben werden. Die einmaligen Errichtungskosten einer Feinerschließung je Flächeneinheit ($FEKER$) werden auf die Anzahl der Eingriffe (EZ) umgelegt. Weiterhin wird unterstellt, daß diese zusätzliche Feinerschließung erhalten werden muß, sodaß bei jedem Eingriff zusätzliche Kosten für die Erhaltung der Feinerschließung ($FEKIN$) anfallen. Die Kosten einer zusätzlichen Feinerschließung für jeden Eingriff (FEK) berechnen sich dann aus:

$$FEK = \frac{FEKER}{EZ} + FEKIN$$

[3] ÖBF Lager–Nr. 229/87.–Österreichische Staatsdruckerei. 4040 6

Kulturkosten An Kosten für die Begründung ($BEGR$) und Pflege ($PFLE$) der Verjüngung können frei wählbare Beträge eingesetzt werden. Im Falle des Naturverjüngungsbetriebes wird angesetzt:

$$BEGR = PFLE = 0.$$

Stammzahlreduktionskosten Stammzahlreduktionskosten ($STRE$) werden nur für den Naturverjüngungsbetrieb eingesetzt, da bei künstlicher Begründung davon ausgegangen wird, daß nicht mehr Pflanzen als notwendig gesetzt werden. $STRE$ ist eine wählbare Steuervariable.

3.3.4 Deckungsbeitrag

Der erntekostenfreie Ertrag für die Endnutzungsfläche der gesamten Betriebsklasse, hier als Deckungsbeitrag 1 ($DB1$) bezeichnet, wird als Differenz zwischen dem Leistungswert (LW) und der Summe der Erntekosten (SEK) berechnet:

$$DB1 = LW - SEK$$

wobei

$$SEK = \sum_{i=1}^{EZ}(EKFM_i * V_{ai} + FEK)$$

Als Waldbaukosten (WKO) wird die Summe der sonstigen Kosten bezeichnet:

$$WKO = BEGR + PFLE + STRE$$

Der um die Waldbaukosten bereinigte $DB1$ ergibt schließlich die gesuchte Zielgröße, den Deckungsbeitrag 2 ($DB2$):

$$DB2 = DB1 - WKO$$

3.4 Betriebsklassenkenngrößen

Mittels Division durch die Bezugsfläche BZF (siehe Abschnitt 3.1) werden die Zielgrößen auf die Flächeneinheit 1 ha umgerechnet:

- Leistungswert: $LW_{ha} = \frac{LW}{BZF}$
- Erntekosten: $SEK_{ha} = \frac{SEK}{BZF}$
- Deckungsbeitrag 1: $DB1_{ha} = \frac{DB1}{BZF}$
- Waldbaukosten: $WKO_{ha} = \frac{WKO}{BZF}$
- Deckungsbeitrag 2: $DB2_{ha} = \frac{DB2}{BZF}$

4 Modellsteuerung im Überblick

Wie bereits in Abschnitt 3 erwähnt, werden in diesem Abschnitt die verwendeten Rechenvorschriften (Algorithmen) und Kenngrößen schematisch zusammengestellt. Neben dem betreffenden Stichwort sind hier alle Abkürzungen und Formeln, die im vorangegangenen Abschnitt vorgestellt wurden, nochmals aufgeführt. Soweit zutreffend, sind mögliche Anfangs- (min), End- (max) und Erhöhungswerte (inc) von Steuervariablen angegeben.

Die Zusammenstellung ist untergliedert in einen waldwachstumskundlichen und einen betriebswirtschaftlichen Teil, in denen jeweils die vorgegebenen und wählbaren Steuerungselemente (Rechenregeln und Eingabegrößen) enthalten sind. Weitere Unterabschnitte enthalten eine Übersicht der Zielvariablen (Kenngrößen der Betriebsklassen) sowie eine Übersicht jener Datenbelegungen, mit denen die Beispiele des folgenden Abschnittes 5 durchgerechnet worden sind.

4.1 Waldwachstumskundliches Modell

4.1.1 Vorgegebene Steuerungselemente

Tabelle 1: Vorgegebene Steuerungselemente des waldwachstumskundlichen Modells. Unter der Spaltenüberschrift „Ref." wird auf den Abschnitt verwiesen, in welchem der Begriff näher beschrieben wird. i steht für „Index des Eingriffszeitpunktes".

Begriff	Abkürzung	Formel	Ref.
Mitteldurchmesser der Tafel	D_{Ti}		3.2.3
Mitteldurchmesser ausscheidender Best.	D_{ai}	$= D_{Ti} * 1.05$	3.2.3
Mitteldurchmesser verbleibender Best.	D_{vi}	$= D_{Ti} * 0.95$	3.2.3
Mittelhöhe der Tafel	H_{Ti}		3.2.4
Mittelhöhe ausscheidender Best.	H_{ai}	$= H_{Ti} * 1.05$	3.2.4
Mittelhöhe verbleibender Best.	H_{vi}	$= H_{Ti} * 0.95$	3.2.4
Eingriffszahl	EZ	$= \frac{SWP}{5} + 1$	3.2.5
Tafelvorrat zum Eingriffsalter	V_{Ti}		3.2.5
Tafelvorrat zum Angriffsalter	V_{AA}		3.2.5
Anzahl vorangegangener Eingriffe	n		3.2.5
Vorrat verbleibender Bestand	V_{vi}	$= V_{AA} - n * \frac{V_{AA}}{EZ}$	3.2.5
Vorrat ausscheidender Bestand	V_{ai}	$= \frac{V_{AA}}{EZ} + ZV_{T(i-1)} * RF$	3.2.5
Tafelzuwachs vorausgegangener Per.	$ZV_{T(i-1)}$		3.2.5
Reduzierter Zuwachs		$ZV_{T(i-1)} * RF$	3.2.5
Gesamt-Endbestands-Leistung	GEL_{BZF}	$= \sum_{i=1}^{EZ} V_{ai}$	3.2.6

4.1.2 Wählbare Steuerungselemente

Tabelle 2: Wählbare Steuerungselemente des waldwachstumskundlichen Modells. Unter der Spaltenüberschrift „Ref." wird auf den Abschnitt verwiesen, in welchem der Begriff näher beschrieben wird. i steht für „Index des Eingriffszeitpunktes".

Begriff	Abkürzung	Formel	min	max	inc	Ref.
Ertragstafel	ET	Fichte Weitra				3.2.1
Bonität	BON	$BON = f(H, A)$	6	14	2	3.2.1
Endalter	EA		80	160	10	3.1
Angriffsalter	AA		80	120	10	3.1
Schirmwuchsphase	SWP	$= EA - AA$	0	40	10	3.1
Bezugsfläche	BZF	$= EA - SWP$	80	120	10	3.1
Alter des Altbestandes	A_i		0	160	5	3.2.2
Alter der Verjüngung	A_{vi}	$= A_i - AA$				3.2.2
Abrufalter für Verjüngung	A_{avi}	$= A_{vi} - PHV$	0	40	10	3.2.2
Phasenverschiebung	PHV	$= A_{vi} - A_{avi}$	0	40	10	3.2.2
Zuwachsreduktionsfaktor	RF	$= (\frac{V_{vi}}{V_{Ti}})^a$				3.2.5
Exponent der Reduktionsfunktion	a		0.5	1.0	0.25	3.2.5

4.2 Betriebswirtschaftliches Modell

4.2.1 Vorgegebene Steuerungselemente

Tabelle 3: Vorgegebene Steuerungselemente des betriebswirtschaftlichen Modells. Unter der Spaltenüberschrift „Ref." wird auf den Abschnitt verwiesen, in welchem der Begriff näher beschrieben wird. i steht für „Index des Eingriffszeitpunktes", j steht für „Index der Sorte aus Sortentafel".

Begriff	Abkürzung	Formel	Ref.
Relative Sortenmenge	RS_{ij}	aus Tafel	3.3.1
Vorrat je Sorte	SV_{ij}	$= RS_{ij} * V_{ai}$	3.3.1
Sortenpreise	SPR_j	$= (PR_j * RPS)/100$	3.3.1
Leistungswert eines Eingriffes	LW_i	$= \sum_{j=1}^{8} SV_{ij} * SPR_j$	3.3.1
Leistungswert der Betriebsklasse	LW	$= \sum_{i=1}^{EZ} LW_i$	3.3.1
Mittendurchmesser einer Sorte	$SMDM_j$	1b= 17.5cm etc.	3.3.2
Mittendurchmesser eines Aushiebs	MDM_i	$MDM_i = \frac{\sum_{j=1}^{10} SMDM_j * SV_{ij}}{V_{ai}}$	3.3.2
Punkte für MDM	$MDMPKT_i$	als Funktion von MDM_i	3.3.2
Punkte für Höhe	$HPKT_i$	als Funktion von H_{ai}	3.3.2
Punkte für Beastung	$BAPPKT_i$	als Funktion von BAP	3.3.2
Punktesumme	$SUMPKT_i$	$= MDMPKT_i + HPKT_i + BAPPKT_i$	3.3.2
Stunden je fm	$STUFM_i$	als Funktion von $SUMPKT_i$	3.3.2
Erntekosten je fm und Eingriff	$EKFM_i$	$= STUFM_i * STUSA(1 + \frac{SOZL}{100}) + WZP + RUECK$	3.3.2
Summe der Erntekosten in der Endnutzung	SEK	$= \sum_{i=1}^{EZ}(EKFM_i * V_{ai} + FEK_i)$	3.3.4
Kosten der Feinerschließung	FEK	$\frac{FEKER}{EZ} + FEKIN$	3.3.3
Deckungsbeitrag 1	$DB1$	$= LW - SEK$	3.3.4
Waldbaukosten	WKO	$= BEGR + PFLE + STRE$	3.3.4
Deckungsbeitrag 2	$DB2$	$= DB1 - WKO$	3.3.4

4.2.2 Wählbare Steuerungselemente

Tabelle 4: Wählbare Steuerungselemente des betriebswirtschaftlichen Modells. Unter der Spaltenüberschrift „Ref." wird auf den Abschnitt verwiesen, in welchem der Begriff näher beschrieben wird. j steht für „Index der Sorte aus Sortentafel".

Begriff	Abkürzung	Erläuterung	Ref.
Richtpreis	RPS	Preis für 1 fm Sorte 3a in ÖS	3.3.1
Preisrelationen	PR_j	Preisrelation in % zu Sorte 3a	3.3.1
Beastungsprozent	BAP	Nadelholz SORT–TAB	3.3.2
Stundensatz	$STUSA$	Tarifvertrag	3.3.2
Soziale Lasten	$SOZL$	in % von $STUSA$	3.3.2
Werkzeugpauschale	WZP	Tarifvertrag	3.3.2
Rückekosten	$RUECK$		3.3.2
Errichtung Feinerschließung	$FEKER$	nur bei NV–Betrieb	3.3.3
Instandhaltung Feinerschließung	$FEKIN$	nur bei NV–Betrieb	3.3.3
Stammzahlreduktionskosten	$STRE$	nur bei NV–Betrieb	3.3.3
Kulturkosten	$BEGR$	nur bei Schlagwald	3.3.3
Kulturpflegekosten	$PFLE$	nur bei Schlagwald	3.3.3

4.3 Zielgrößen der Modellbetriebsklassen

Tabelle 5: Betriebsklassenkenngrößen des waldwachstumskundlichen und des betriebswirtschaftlichen Modells. Unter der Spaltenüberschrift „Ref." wird auf den Abschnitt verwiesen, in welchem der Begriff näher beschrieben wird.

Begriff	Abkürzung	Formel	Ref.
Durchschnittliche Endbestands–Nutzung je ha BKL	dEN_{BZR}	$= \frac{GEL_{BZR}}{BZR}$	3.2.6
Leistungswert je ha BKL	LW_{ha}	$= \frac{LW}{BZR}$	3.4
Erntekostenje ha BKL	SEK_{ha}	$= \frac{SEK}{BZR}$	3.4
Deckungsbeitrag 1 je ha BKL	$DB1_{ha}$	$= \frac{DB1}{BZR}$	3.4
Waldbaukostenje ha BKL	WKO_{ha}	$= \frac{WKO}{BZR}$	3.4
Deckungsbeitrag 2 je ha BKL	$DB2_{ha}$	$= \frac{DB2}{BZR}$	3.4

4.4 Datenbelegung der Beispielsberechnungen

Wie leicht nachvollzogen werden kann, ergibt sich aus der Vielzahl von Eingabevariablen eine unüberschaubare Vielfalt möglicher Kombinationen dieser Variablen und damit auch der Ergebnisse. Selbst wenn für die folgende Ergebnispräsentation ein Großteil der Eingabevariablen konstant gehalten wird (siehe Abschnitt 4.4.1), ergibt sich für die zu variierenden Größen noch immer eine derartig große Zahl möglicher Kombinationen, daß sie sich der Darstellung im zweidimensionalen Medium entzieht. Wir haben daher eine einheitliche Darstellungsform gewählt, in der das Einflußgewicht verschiedener Eingangsgrößen schrittweise nacheinander dargestellt wird. Zielgrößen (siehe Tabelle 5) werden dabei auf der Ordinate (Y–Achse), die Phasenverschiebung immer auf der Abszisse (X–Achse) dargestellt. Die Zielgröße wird nicht in absoluten Einheiten (fm oder Schilling) sondern als Relativwert in Prozent, bezogen auf den Basiswert (siehe dazu Abschnitt 4.4.2), angegeben.

Mit den in Abschnitt 4.4.3 zusammengestellten Eingabevariablen wird eine „Vergleichsmodellreihe" berechnet, die in den Ergebnisdarstellungen als stärker ausgezogener Linienzug wiedergegeben ist. Dieser immer gleichbleibende Linienzug dient dem leichteren optischen Vergleich der Varianten untereinander.

In den folgenden Abschnitten sind jene Eingabegrößen zusammengestellt, die verwendet werden, um den Einfluß von Lichtungszuwachs, Holzpreisen, und Zusatzkosten auf den DB2 zu simulieren. In den Tabellen 9 bis 14 sind nur jene Eingangsvariablen aufgelistet, die sich bei der jeweiligen Modellreihe von jener der Vergleichsreihe unterscheiden.

4.4.1 Nicht variierte Eingabegrößen

Die in Tabelle 6 angeführten Größen werden bei allen Rechendurchgängen konstant gehalten.

Tabelle 6: Nicht variierte Eingabegrößen

Begriff	Abkürzung	Wert
Ertragstafel	ET	Fichte Weitra
Richtpreis	*RPS*	1000,- ÖS je fm 3a
Stundensatz	*STUSA*	104,- ÖS
Beastungsprozent	*BAP*	55%
Soziale Lasten	*SOZL*	120% von *STUSA*
Werkzeugpauschale	*WZP*	16,-ÖS/fm
Rückekosten	*RUECK*	100,- ÖS/fm

4.4.2 Eingabegrößen des Basismodelles

Als „Basiswert" wird hier die Zielgröße des Kahlschlagbetriebes mit den in Tabelle 7 angegebenen Eingangsvariablen bezeichnet. Die Zielgrößen dieses Modelles werden in allen angeführten Beispielsberechnungen als 100% angesetzt!

Tabelle 7: Eingabegrößen des Basismodells. Basismodell ist die Kahlschlagbetriebsklasse mit 100 Jahren Umtriebszeit.

Begriff	Abkürzung	Wert
Endalter	EA	100 Jahre
Angriffsalter	AA	100 Jahre
Schirmwuchsphase	SWP	0 Jahre
Phasenverschiebung	PHV	0 Jahre
Bonität	BON	Fichte Weitra 12.
Zuwachsreduktionsfaktor	RF	1
Preisrelationen	PR_j	1b 82% 2a 92% 2b 97% 3a 100% 3b 102% 4+ 105% SN 61% BH 26%
Errichtung der Feinerschließung	$FEKER$	0 ÖS
Instandhaltung der Feinerschließung	$FEKIN$	0 ÖS
Stammzahlreduktionskosten	$STRE$	0 ÖS
Kulturkosten	$BEGR$	25 000,- ÖS/ha
Kulturpflegekosten	$PFLE$	10 000,- ÖS/ha

4.4.3 Modellreihe Wuchsverzögerung (Vergleichsmodellreihe)

In Tabelle 8 sind die gegenüber dem Basismodell geänderten Eingabegrößen der Modellreihe Wuchsverzögerung zusammengestellt. Diese dient in allen folgenden Berechnungen als immer wiederkehrende Vergleichsmodellreihe. Es wird darauf verwiesen, daß dieser Reihe immer das Angriffsalter 100 Jahre und die Schirmwuchsdauer 40 Jahre zugrundeliegen.

Tabelle 8: Eingabegrößen der Modellreihe Wuchsverzögerung (Vergleichsmodellreihe)

Begriff	Abkürzung	Wert
Endalter	*EA*	140 Jahre
Angriffsalter	*AA*	100 Jahre
Schirmwuchsphase	*SWP*	40 Jahre
Phasenverschiebung	*PHV*	0 Jahre 10 Jahre 20 Jahre 30 Jahre 40 Jahre
Zuwachsreduktionsfaktor Exponent	*RF* *a*	 0.75
Errichtung der Feinerschließung	*FEKER*	2100,- ÖS
Instandhaltung der Feinerschließung	*FEKIN*	700,- ÖS
Stammzahlreduktionskosten	*STR*	10 000 ÖS/ha
Kulturkosten	*BEGR*	0 ÖS
Kulturpflegekosten	*PFLE*	0 ÖS/ha

4.4.4 Modellreihe Lichtungszuwachs

Tabelle 9: Eingabegrößen der Modellreihe Lichtungszuwachs

Begriff	Abkürzung	Erläuterung	Wert
Zuwachsreduktionfaktor	*RF*	Lichtungszuwachs	
	a	gering (=keiner)	1.00
	a	mittel	0.75
	a	groß	0.50

4.4.5 Modellreihe Wertzuwachs

Tabelle 10: Eingabegrößen der Modellreihe Wertzuwachs. Verschiedener Wertzuwachs im Naturverjüngungsbetrieb gegenüber dem Kahlschlagbasismodell wird durch Ansatz verschiedener Starkholzpreise zum Ausdruck gebracht.

Begriff	Abkürzung	Erläuterung	Wert
Preisrelationen	PR_j	Starkholzpreise	
	PR_5	nieder	3b 100%
	PR_6		4+ 100%
	PR_5	mittel	3b 102%
	PR_6		4+ 105%
	PR_5	hoch	3b 105%
	PR_6		4+ 110%

4.4.6 Modellreihe Stammzahlreduktionskosten

Tabelle 11: Eingabegrößen der Modellreihe Stammzahlreduktionskosten

Begriff	Abkürzung	Erläuterung	Wert
Stammzahlreduktionskosten	STR	zusätzliche Kosten	
		nieder	0 ÖS/ha
		mittel	10 000 ÖS/ha
		hoch	20 000 ÖS/ha

4.4.7 Modellreihe Feinerschließungskosten

Tabelle 12: Eingabegrößen der Modellreihe Feinerschließungskosten

Begriff	Abkürzung	Erläuterung	Wert
Errichtung Feinerschließung	$FEKER$	zusätzliche Kosten	
		nieder	0 ÖS/ha
		mittel	2100 ÖS/ha
		hoch	4200 ÖS/ha
Instandhaltung Feinerschließung	$FEKIN$	zusätzliche Kosten	
		nieder	0 ÖS/ha
		mittel	700 ÖS/ha
		hoch	1400 ÖS/ha

4.4.8 Modellreihe Angriffsalter

Tabelle 13: Eingabegrößen der Modellreihe Angriffsalter

Begriff	Abkürzung	Erläuterung	Wert
Angriffsalter	*AA*	Zeitpunkt	
		früh	80 Jahre
			90 Jahre
		mittel	100 Jahre
			110 Jahre
		spät	120 Jahre

4.4.9 Modellreihe Schirmwuchsphase

Tabelle 14: Eingabegrößen der Modellreihe Schirmwuchsphase

Begriff	Abkürzung	Erläuterung	Wert
Schirmwuchsphase	*SWP*	Dauer	
		kurz	0 Jahre
			10 Jahre
		mittel	20 Jahre
			30 Jahre
		lang	40 Jahre

5 Der Naturverjüngungsbetrieb im Vergleich zum Schlagwald

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse einiger Berechnungsläufe wiedergegeben und kommentiert. Es sollte beachtet werden, daß die mögliche Anzahl von Berechnungsläufen unendlich groß ist, daß hier also nur eine Auswahl wiedergegeben werden kann. Dem Zweck dieser Studie entsprechend werden dabei zunächst jene Einflußvariablen einzeln betrachtet, deren Einflußgewicht auf den Deckungsbeitrag überhaupt in Betracht gezogen wird. Eine Kombination von verschiedenen Einflußvariablen ist zwar möglich, es würde aber zu einem unüberschaubaren Datenfriedhof führen, wollte man alle möglichen Kombinationen durchrechnen und wiedergeben [4]. Abschließend wird die Kombination von Lichtungs- und Wertzuwachs besprochen, da dieser in der Diskussion um den Naturverjüngungsbetrieb ein besonderer Stellenwert beigemessen wird.

Es wird nochmals darauf verwiesen, daß alle Ergebnisse nur in ihrer Relation zum Basismodell (siehe Abschnitt 4.4.2), einer Kahlschlagsbetriebsklasse mit $U = 100$ Jahre dargestellt werden. Die Datenbelegungen aller Berechnungsbeispiele findet sich ausnahmslos in Abschnitt 4.4.

5.1 Vergleichsmodellreihe: Wirkung der Wuchsverzögerung

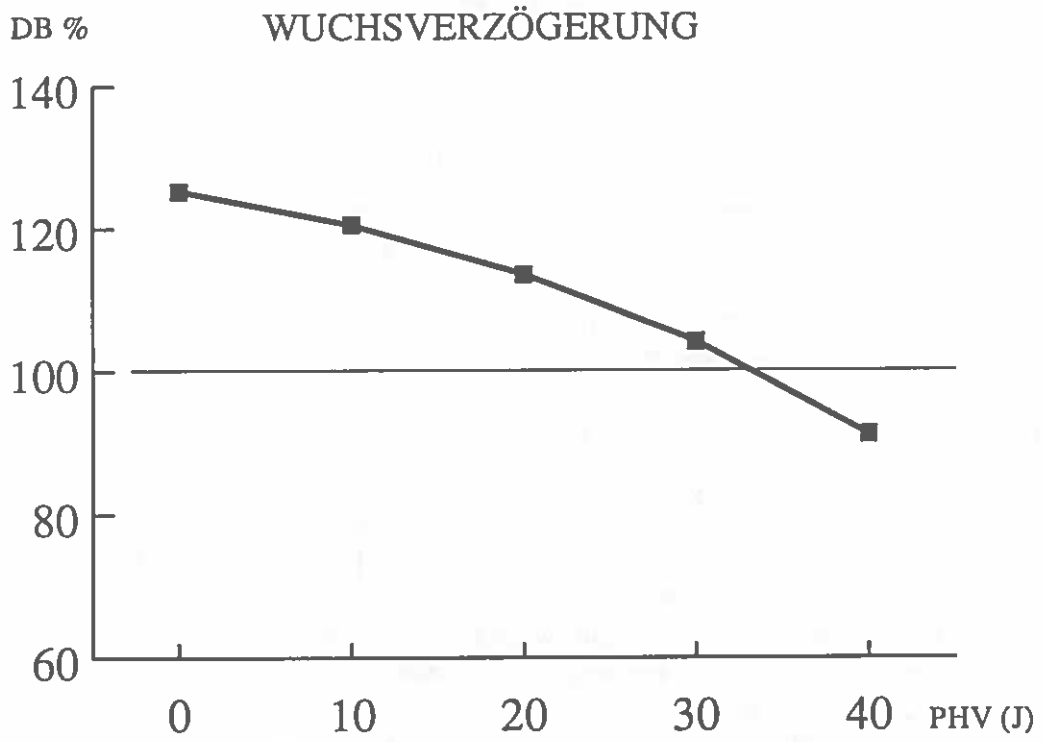

Abbildung 9: Relativer Deckungsbeitrag von Naturverjüngungsbetriebsklassen bei Annahme unterschiedlicher Wuchsverzögerung, ausgedrückt durch die Phasenverschiebung (Vergleichsmodellreihe)

In der Vergleichsmodellreihe (Abbildung 9) wird immer mit dem Angriffsalter 100 Jahre und einer Dauer der Schirmwuchsphase von 40 Jahren gerechnet. Die Phasenverschiebung als Ausdruck des gegenüber der Freifläche verzögerten Wachstums von unter Schirm aufwachsenden

[4] Sollte Interesse an der Durchrechnung bestimmter Kombinationen bestehen, so können diese auf Anfrage durchgerechnet und bekanntgegeben werden.

Beständen wird zwischen 0 und 40 Jahren variiert. Wird als Phasenverschiebung 0 Jahre angenommen, so beginnt der Nachfolgebestand im Jahr des ersten Verjüngungseingriffes (Angriffsalter) mit dem „Ertragstafelwachstum". Bei einer Phasenverschiebung von 40 Jahren beginnt das „Ertragstafelwachstum" erst mit der Räumung des Altbestandes. Es ist anzunehmen, daß der relative Deckungsbeitrag (rDB) realer Betriebsklassen irgendwo zwischen diesen Extremen zu finden sein wird.

Wie nicht anders zu erwarten, sinken die rDB mit zunehmender Wuchsverzögerung bzw. Phasenverschiebung. Würde keine Phasenverschiebung auftreten, so könnten im Naturverjüngungsbetrieb um ca. 25% höhere rDB erzielt werden als im Kahlschlagbetrieb, eine logische Folge der Berechnungsmethode, kein Versuchsergebnis. Für die betriebswirtschaftliche Beurteilung des Naturverjüngungsbetriebes interessanter scheint zu sein, daß der rDB von natürlich verjüngten Betriebsklassen erst dann unter jenen des Schlagwaldes absinkt, wenn größere als 30–jährige Phasenverschiebungen unterstellt werden. Falls es in der Realität möglich ist, bei 40–jähriger Schirmwuchsdauer die Phasenverschiebung auf etwa 20 Jahre einzugrenzen, so könnte dies einen um etwa 15 % erhöhten DB bedeuten!

Allein die Größenordnung einer derartigen „theoretischen Mehrleistung " läßt es wünschenswert erscheinen, durch Dauerversuche abgesicherte Informationen über den tatsächlichen Verlauf des hier durch die „Phasenverschiebung" beschriebenen verzögerten Wachstums von Naturverjüngungsbeständen zu erhalten. Zwischen den Phasenverschiebungen von 0 und 40 Jahren liegt immerhin ein Unterschied im Deckungsbeitrag von etwa 30%! Das Einflußgewicht der Wuchsverzögerung muß damit als ausgesprochen groß eingeschätzt werden.

5.2 Wirkung von Wuchsverzögerung und Lichtungszuwachs

Wie Abbildung 10 ausweist, führt größerer (A=0.50) oder geringerer (A=1.00) Lichtungszuwachs zu Unterschieden des rDB in der Größenordnung von 5 bis 10%. Geringere Unterschiede ergeben sich bei kurzer, größere bei langer Phasenverschiebung. Da das Ausmaß der Phasenverschiebung von der Dauer der Schirmwuchsphase abhängt, kann man daraus auch folgern, daß der Lichtungszuwachs bei längeren Schirmwuchsphasen stärkere Wirkung erzeugt als bei kurzen.

5.3 Wirkung von Wuchsverzögerung und Wertzuwachs

Ein ähnlicher Zusammenhang ergibt sich für das Einflußgewicht des Wertzuwachses (Abbildung 11). Die Pflege des Vorrates in den Altbeständen des Naturverjüngungsbetriebes kann einen höheren Wertzuwachs und damit eine Verbesserung der Qualität des produzierten Holzes zur Folge haben. Dieser Sachverhalt wird dadurch berücksichtigt, daß stärkeren Sortimenten im Naturverjüngungsbetrieb höhere Preise zugewiesen werden können, im Basismodell (Kahlschlagbetrieb) hingegen haben die Starkholzsortimente „normale"Preise (siehe Tabelle 7). Die in der Modellreihe „hoch" unterstellten Starkholzpreise müssen also so interpretiert werden, als würden sie für die gegenüber dem Schlagwald höhere Qualität des im Naturverjüngungsbetrieb erzeugten Starkholzes erzielt. Höhere Starkholzpreise spiegeln hier nicht eine günstigere Holzmarktsituation, sondern erhöhten Wertzuwachs wieder.

Je größer die Phasenverschiebung um so geringer ist das Einflußgewicht der Starkholzpreise. Die einfache Erklärung liegt darin, daß bei größerer Phasenverschiebung und konstant gehaltenem Abschlußalter weniger Starkholz anfallen muß als bei kleinerer PHV. Das Einflußgewicht der Starkholzpreise ruft Unterschiede des rDB im Rahmen von ca. 5 - 10% hervor.

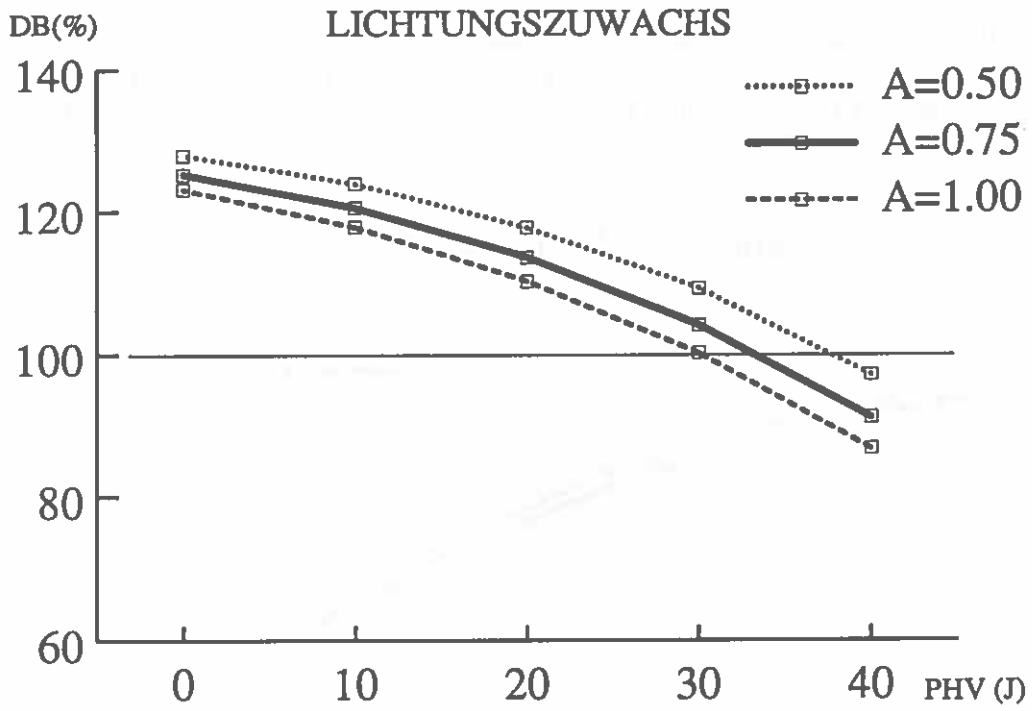

Abbildung 10: Relativer Deckungsbeitrag bei unterschiedlicher Wuchsverzögerung und unterschiedlichem Lichtungszuwachs

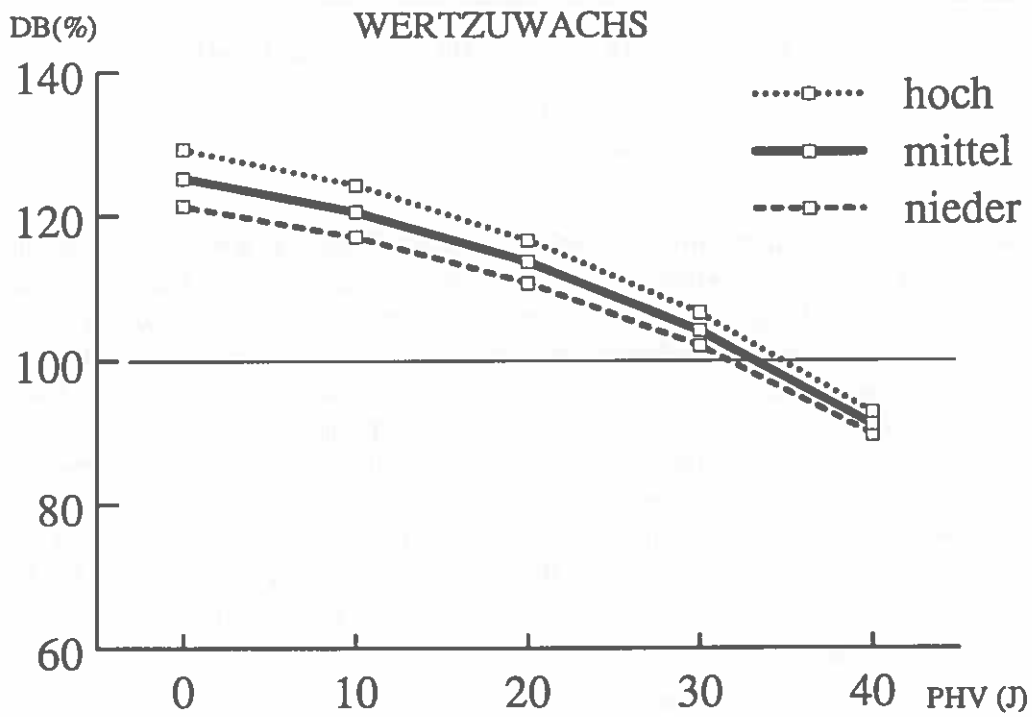

Abbildung 11: Relativer Deckungsbeitrag bei unterschiedlicher Wuchsverzögerung sowie unterschiedlichem Wertzuwachs, ausgedrückt über die Starkholzpreise

5.4 Wirkung von Wuchsverzögerung und Stammzahlreduktionskosten

Stammzahlreduktionskosten, ebenso wie die im nächsten Abschnitt besprochenen Feinerschließungskosten, wirken unabhängig von der Phasenverschiebung, die Annahme hoher oder geringer Kosten dieser Art führt als lediglich zu einer Parallelverschiebung gegenüber dem Vergleichsmodell!

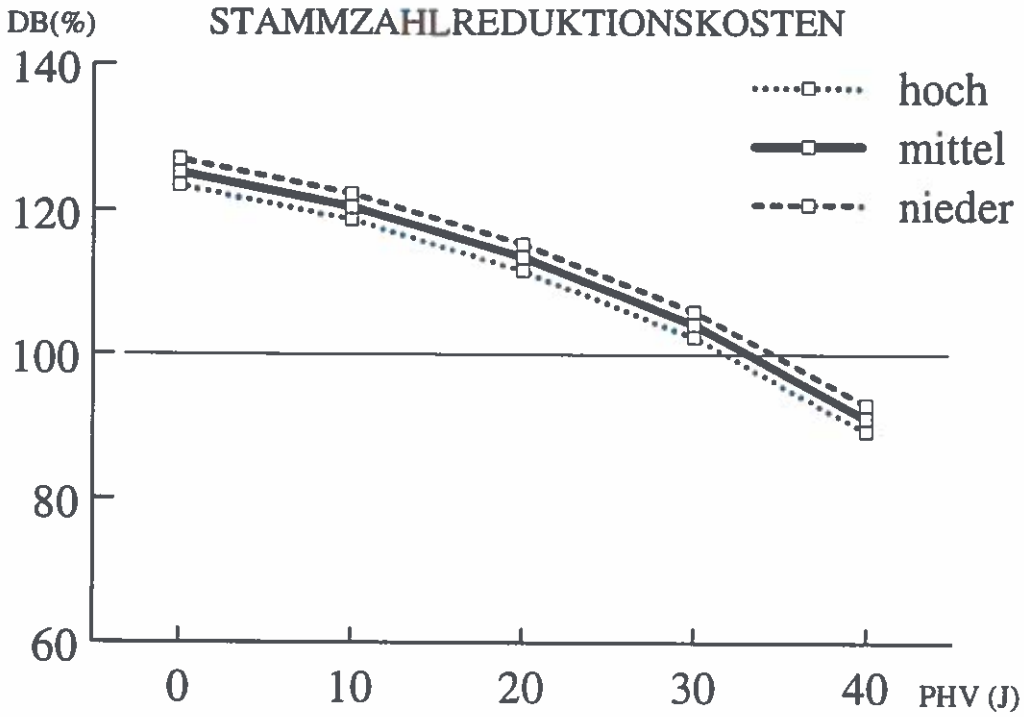

Abbildung 12: Relativer Deckungsbeitrag bei unterschiedlicher Wuchsverzögerung und unterschiedlichen Stammzahlreduktionskosten

Das Einflußgewicht der Stammzahlreduktionskosten (Abbildung 12) scheint überraschend gering zu sein, beträgt es doch nur etwa ±2%! Dieses Berechnungsergebnis widerspricht diametral der praktischen Erfahrung vieler Forstleute [5]. Hervorzuheben ist, daß als „normale" Stammzahlreduktions– (bzw. Feinerschließungs–)kosten die durchschnittlichen Erfahrungswerte konkreter Betriebe angesetzt werden. In der jeweiligen Modellreihe „nieder" werden diese Kosten vernachlässigt ($STR = FEKER = FEKIN = 0$), in der Modellreihe „hoch" werden die Basiswerte verdoppelt! Zwischen diesen Extremen sollten eigentlich alle in konkreten Betriebsklassen vorkommenden Kosten dieser Art zu finden sein!

Schlußfolgernd soll festgehalten werden, daß es wenig sinnvoll erscheint, im Rahmen eines speziellen Forschungsprojektes Kostenstellen wie Stammzahlreduktion und Feinerschließung intensiv zu untersuchen, solange die Wirkung anderer Variabler mit weit höherem partiellen Einflußgewicht auf den Deckungsbeitrag von Betriebsklassen nicht geklärt ist.

[5] Die Autoren konnten bei Exkursionen, Seminaren und Diskussionen immer wieder bemerken, daß von Praktikern ohne eigene Erfahrung im Naturverjüngungsbetrieb insbesondere das Einflußgewicht der Stammsahlreduktionskosten weit überschätzt wird. Eine denkbare Erklärung mag darin liegen, daß die Kosten je ha Eingriffsfläche absolut gesehen durchaus hoch sein mögen. Es wird dabei aber übersehen, daß die Kosten je 1 ha Eingriffsfläche umzulegen sind auf die ganze Betriebsklasse und damit im Vergleich zu anderen Einflußvariablen relativ an Bedeutung verlieren!

5.5 Wirkung von Wuchsverzögerung und Feinerschließungskosten

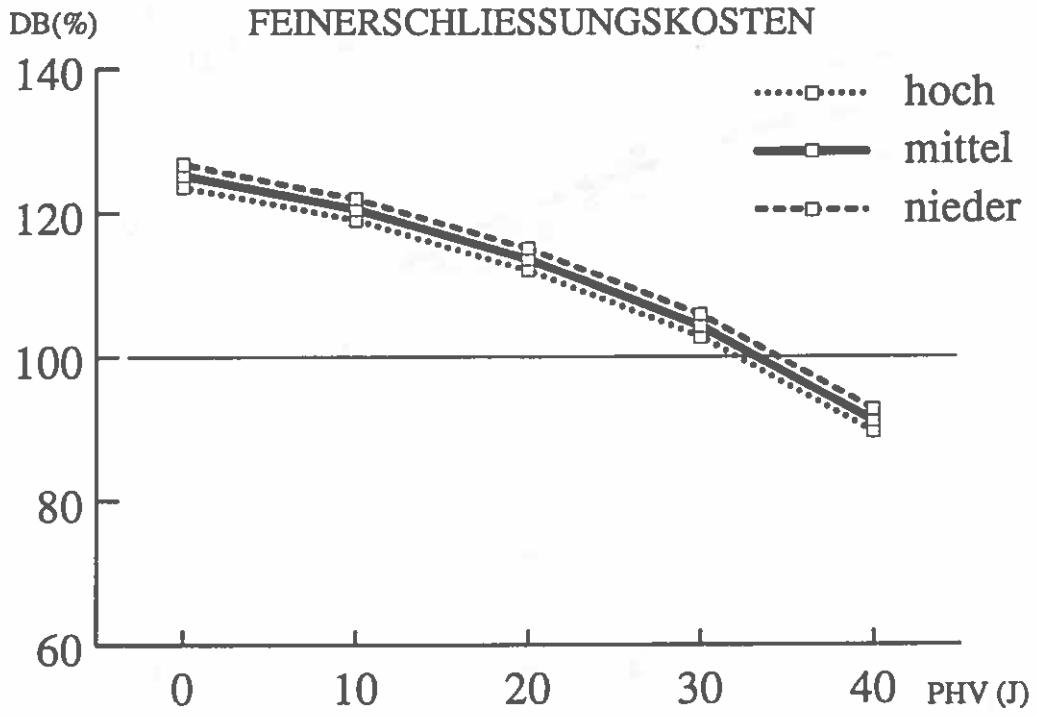

Abbildung 13: Relativer Deckungsbeitrag bei unterschiedlicher Wuchsverzögerung und unterschiedlichen Feinerschließungskosten

Das Einflußgewicht der Feinerschließungskosten wurde bereits im vorangegangenen Abschnitt kommentiert, das Ergebnis ist in Abbildung 13 enthalten.

5.6 Wirkung von Wuchsverzögerung und Angriffsalter

Während bei den bis jetzt besprochenen Modellreihen die Bezugsfläche konstant gehalten worden ist, wird in der Modellreihe „Angriffsalter" zugleich der Bezugszeitraum, bzw. die Bezugsfläche der Betriebsklasse verändert. Mit zunehmendem Angriffsalter steigt sowohl das Endalter um den gleichen Betrag als auch der Bezugszeitraum ($BZR = EA - SWP$). Die Kurven erhalten damit einen gegenüber dem Vergleichsmodell veränderten Verlauf. Bei geringerem AA als 100 Jahre (Vergleichsmodell) fallen die Deckungsbeiträge mit zunehmender Phasenverschiebung steiler, bei höheren Angriffsaltern flacher ab. Anders gesagt: Bei niederen Angriffsaltern (= niederes Endalter = kleinere Bezugsfläche) wirken sich größere Phasenverschiebungen stärker, umgekehrt bei höheren Abschlußaltern geringer aus. Eine Betriebsklasse mit Angriffsalter 80 Jahre würde dann den höchsten rDB erbringen, wenn die Phasenverschiebung 0 Jahre betrüge, sie würde aber bei einer Phasenverschiebung von 40 Jahren den weitaus geringsten rDB aufweisen. Der Unterschied im rDB zwischen diesen Extremen würde annähernd 80% ausmachen! Bei einem Angriffsalter von 120 Jahren dagegen bewirken extrem kurze bzw. lange Phasenverschiebung nur einen Unterschied im rDB von ca. 15%! Der Deckungsbeitrag von Betriebsklassen mit hohem Angriffsalter reagiert demnach weit weniger empfindlich auf die Phasenverschiebung als jener von Betriebsklassen mit niederem Angriffsalter.

Die Erklärung für diesen Zusammenhang ist einfach, logisch und zwingend, ergibt sie sich

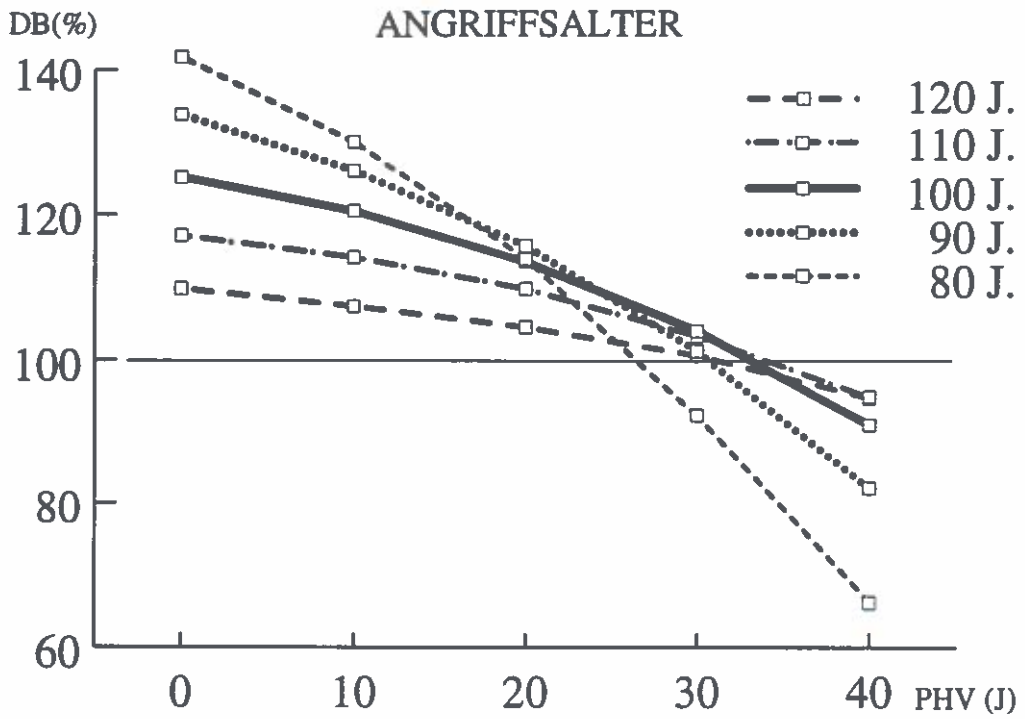

Abbildung 14: Relativer Deckungsbeitrag bei unterschiedlicher Wuchsverzögerung und unterschiedlichen Angriffsaltern

doch aus den zugrundeliegenden Rechenregeln: Bei einer Phasenverschiebung von 0 Jahren werden Ertragstafelvorrat und Ertragstafeldurchmesser über dem Angriffsalter abgerufen, bei größerer Phasenverschiebung werden Vorrat und Durchmesser zum Angriffszeitpunkt bei einem geringeren Alter ($AAV_i = AV_i - AA$, siehe Abschnitte 3.2.2 und 4.1.2) abgerufen. Beispielsweise werden für die Phasenverschiebung 40 Jahre bei einem Angriffsalter von 80 Jahren der Ertragstafelvorrat und –durchmesser für 40 Jahre, beim Angriffsalter 120 Jahre dagegen jene für 80 Jahre eingesetzt!

Auf die Frage, ob höhere oder geringere Angriffsalter zu günstigeren Deckungsbeiträgen führen, ergibt sich aus Abbildung 14 die wertende Antwort, daß bei geringer Phasenverschiebung in jedem Fall geringere Angriffsalter zu günstigeren rDB führen. Muß hingegen mit größerer Phasenverschiebung gerechnet werden, erbringen hohe Angriffsalter den größeren DB als niedere! Im Bereiche von Phasenverschiebungen zwischen etwa 20 und 30 Jahren ergeben sich in etwa DB der gleichen Größenordnung für alle in Betracht gezogenen Angriffsalter.

Als eine abschließende Wertung zu diesem Abschnitt möge der folgende Hinweis angesehen werden: In die Modellrechnungen, die Grundlage dieser Studie sind, konnten die altersabhängigen Risiken für Fichtenbestände nicht einbezogen werden. Den Autoren erscheint es zweifelsfrei, daß das „Lebensrisiko" auch für Fichtenbestände (wie für andere Lebewesen auch) mit zunehmendem Alter steigt. Es sollen damit die Risiken der unmittelbar oder mittelbar wirkenden anthropogen verursachten Umweltfaktoren nicht überbewertet werden, bereits die nicht anthropogenen Risiken rechtfertigen diese Feststellung: Sturmwurf, Blitzschlag, Infektionen, ...sind Gefahren, die zweifellos mit zunehmendem Alter des Einzelbaumes und damit des Bestandes steigen. Dieses zunehmende Altersrisiko kann nicht mit dem – unwiderlegbaren – Gegenargument kompensiert werden, Bäume, auch Fichten, könnten 300 Jahre alt und älter werden. Unsere

Modellkalkulationen rechnen mit einer bestimmten Anzahl von Bäumen, die bestimmte Alter erreichen, sie rechnen nicht mit Wahrscheinlichkeiten für vorzeitige Ausfälle. Wenn in Diskussionen oft das Argument gebraucht wird, die natürlichen Endalter unserer Baumarten lägen weit höher als die wirtschaftlichen, so wird dabei leicht vergessen, daß nur ein kleiner Prozentsatz der Ausgangsbaumzahl – auch in idealen Urwäldern – derartige Endalter erreicht.

5.7 Wirkung von Wuchsverzögerung und Dauer der Schirmwuchsphase

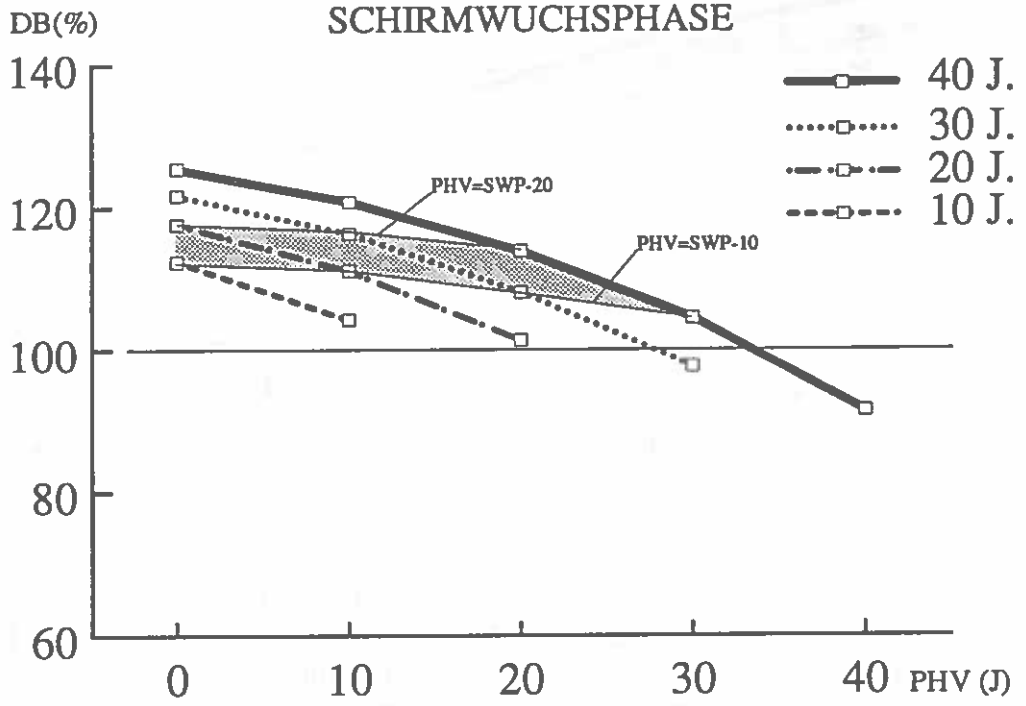

Abbildung 15: Relativer Deckungsbeitrag bei unterschiedlicher Wuchsverzögerung und unterschiedlicher Dauer der Schirmwuchsphase

Abbildung 15 gibt die rDB für Betriebsklassen mit unterschiedlicher Dauer der Schirmwuchsphase wieder. Die höchsten rDB erbringen Betriebsklassen mit 40–jähriger Schirmwuchsphase, die geringsten jene mit nur 10–jähriger SWP. In dieser Modellreihe wurde immer mit dem Angriffsalter 100 Jahre gerechnet, das Abschlußalter variiert daher zwischen 110 (SWP = 10 Jahre) und 140 Jahren (SWP = 40 Jahre). Bei Erreichen des Angriffsalters ist in allen Fällen der gleiche Vorrat vorhanden. Dieser wird in allen Fällen im Verlauf der Schirmwuchsphase abgenutzt. Zusätzlich wird aber auch der Zuwachs genutzt. Je länger die Schirmwuchsphase um so länger kann Zuwachs angelegt werden. Darüberhinaus werden die Vorräte bei kurzer Schirmwuchsphase mit jedem Eingriff wesentlich stärker abgesenkt als bei langer, da sich die Anzahl der Eingriffe aus dem Bruch $EZ = SWP/5+1$ ergibt. So ergeben sich bei einer SWP von 10 Jahren 3, bei einer von 40 Jahren 9 Eingriffe. Bei längerer SWP wird also mit einer höheren Vorratshaltung als bei kürzerer SWP gerechnet. Der Bezugszeitraum beträgt allen Fällen 100 Jahre, die durchschnittliche Endbestandsnutzung (dEN) muß also bei längerer SWP ansteigen und mit zunehmender Phasenverschiebung sinken (siehe dazu Abbildung 16).

Diese Ergebnisdarstellung sollte nicht zu der vereinfachenden Schlußfolgerung verleiten, „je länger die Schirmwuchsphase, um so höher der Deckungsbeitrag!“. Das Ergebnis sollte viel-

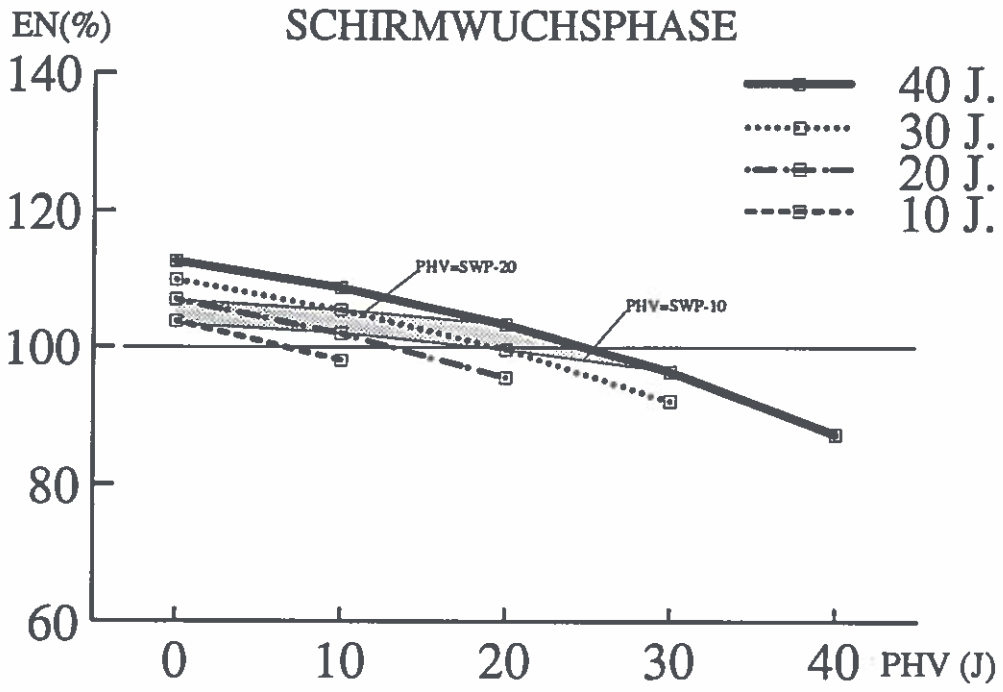

Abbildung 16: Relative durchschnittliche Endnutzung bei Annahme unterschiedlicher Wuchsverzögerung und unterschiedlicher Dauer der Schirmwuchsphase

mehr unter Beachtung der natürlichen Wuchsgesetzmäßigkeiten gewertet werden. Nach diesen erscheint es unmöglich, daß beispielsweise bei einer 40–jährigen Schirmwuchsphase keine Phasenverschiebung auftritt. Der besonders günstig erscheinende Fall einer SWP von 40 Jahren und einer PHV von 0 Jahren kann zwar mit dem Programm berechnet, nicht aber in der Natur realisiert werden. Dagegen spricht vieles dafür, daß Dauer der Schirmwuchsphase und Ausmaß der Phasenverschiebung in einem naturgesetzmäßigen Zusammenhang stehen, den man etwa mit folgendem Ausdruck beschreiben könnte, wobei K für eine Konstante steht:

$$PHV = SWP - K$$

In Abbildung 15 ist jener Bereich schraffiert dargestellt, in dem das Ausmaß der Phasenverschiebung um 10 bis 20 Jahre geringer als die Dauer der Schirmwuchsphase ist ($10 \leq K \leq 20$). Bei einem K von 10 oder 20 Jahren, aus der Erfahrung plausibel erscheinenden Größen, ist der Deckungsbeitrag annähernd unabhängig von der Dauer der Schirmwuchsphase. Er liegt in diesem Bereich etwa 10 bis 15% über jenem von Kahlschlagbetriebsklassen.

Die relativen durchschnittlichen Endnutzungen in Abbildung 16 variieren in weit geringerem Ausmaß als die Deckungsbeiträge, diese Feststellung gilt auch für den Bereich $10 \leq K \leq 20$. Dieser Befund kann so gedeutet werden, daß zwar die Wahrscheinlichkeit gering ist, den durchschnittlichen Zuwachs im Naturverjüngungsbetrieb gegenüber jenem des Kahlschlagbetriebes erhöhen zu können, daß es aber sehr wohl möglich erscheint, den Deckungsbeitrag von Betriebsklassen durch die Wahl der Betriebsform günstig zu beeinflussen! Die Aussagen SALLINGER's [21] aus der praktischen Erfahrung heraus sind nahezu deckungsgleich mit den Schlußfolgerungen aus dem Modellstudium.

5.8 Wirkung von Wuchsverzögerung, Lichtungs- und Wertzuwachs

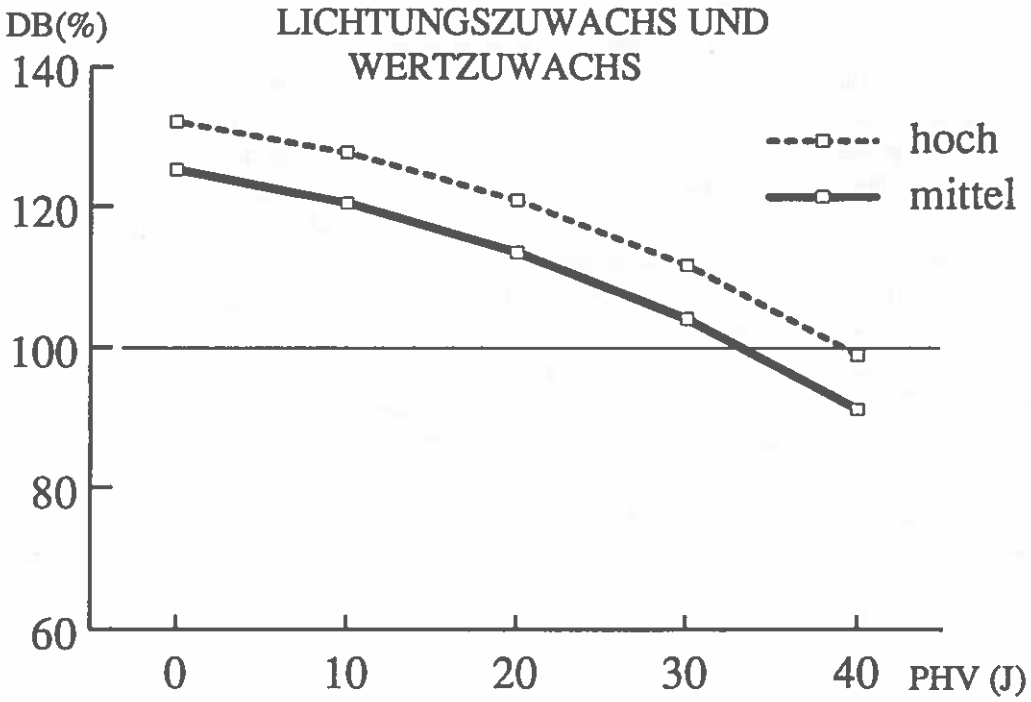

Abbildung 17: Relativer Deckungsbeitrag bei unterschiedlicher Wuchsverzögerung sowie unterschiedlichen Lichtungs- und Wertzuwächsen

Lichtungszuwachs und erhöhter Wertzuwachs infolge Verlagerung des Zuwachses auf wenige wertvolle, starke Stämme sind jene Argumente, die man in Diskussionen um den Naturverjüngungsbetrieb am häufigsten zu hören bekommt. Das Einflußgewicht dieser beiden Variablen in Kombination miteinander mag als die Obergrenze dessen angesehen werden, was im Naturverjüngungsbetrieb an Deckungsbeitrag zu erwarten sein könnte. Bei hohem Lichtungszuwachs und hohen Starkholzpreisen (als Ergebnis konsequenter Vorratspflege gedacht) ergibt sich gegenüber der Vergleichsmodellreihe ein annähernd konstant um 10% erhöhter Deckungsbeitrag (Abbildung 17). Unter der Annahme, daß Phasenverschiebungen im Ausmaß von 20 bis 30 Jahren in etwa realitätsnah sind, könnte in diesem Bereich mit Verbesserungen des Deckungsbeitrages von etwa 15 bis 25% gegenüber dem Kahlschlagmodell gerechnet werden! Selbst dann, wenn die Phasenverschiebung das unwahrscheinliche Ausmaß von 40 Jahren (und damit das der gesamten Schirmwuchsphase) annähme, wäre unter diesen Annahmen der Naturverjüngungsbetrieb dem Kahlschlagbetrieb nicht unterlegen. Diese Feststellung ist um so bedeutsamer, als die durchschnittliche Endbestandsnutzung der Naturverjüngungsbetriebsklasse (siehe dazu Abbildung 16, Vergleichsreihe) in diesem Fall um ca.15% unter jener der Schlagwaldbetriebsklasse läge. Bei Unterstellung mittlerer Annahmen für Lichtungs- und Wertzuwachs läge die Naturverjüngungsbetriebsklasse dagegen auch im Deckungsbeitrag etwa 10% zurück. Neben dem Ausmaß der Phasenverschiebung kommt also der Frage nach Lichtungs- und Wertzuwachs große Bedeutung zu.

6 Literaturvergleich

Eine Recherche in der Literaturdatenbank der Bibliothek der FBVA ergab für das Stichwort „Naturverjüngung" 660 Einträge. Ein weiterer Suchschritt nach dem Stichwort „Modell" in Verbindung mit „Naturverjüngung" erbrachte nur noch 5 Literatureinträge. Vermutlich ist nicht selektive Literaturbeschaffung der Grund für diese geringe Anzahl, sondern die Tatsache, daß der waldwachstumskundlichen und betriebswirtschaftlichen Modellierung des Naturverjüngungsbetriebes bisher vergleichsweise geringe Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

Eine große Zahl von Publikationen ist der Darstellung von waldbaulichen Verfahren und Techniken der natürlichen Verjüngung gewidmet. Dabei werden einerseits die Verfahren selbst beschrieben, andererseits wird aber auch eine Wertung der Verfahren vorgenommen. In der Wertung werden häufig betriebswirtschaftliche und/oder ökologische Argumente angeführt. Seltener sind bereits quantitative Untersuchungen zu Art, Zusammensetzung und Wachstumsablauf natürlich verjüngter Bestände. Diese wären allerdings Voraussetzung einer höheren Stufe der Betrachtung, bei der die ertragskundlichen und betriebswirtschaftlichen Wirkungen der waldbaulichen Techniken quantitativ beurteilt werden.

Die folgende Literaturzusammenstellung ist lediglich eine Auswahl, die im Hinblick auf das laufende Forschungsprojekt zusammengestellt wurde. Sie soll einen Überblick vermitteln und eine Einordnung des Projektes in bereits Bekanntes ermöglichen, aber auch aufzeigen, wo Informationslücken bestehen. Die Literatur wurde zu diesem Zweck nach folgenden Gesichtspunkten geordnet:

- Naturverjüngung als Bestandteil eines waldbaulichen Konzeptes. (Der Schwerpunkt kann dabei auf eine eher ökologische oder betriebswirtschaftliche Betrachtungsweise gelegt werden.)
- Quantitative Untersuchungen zum Naturverjüngungsbetrieb
- Modelle zum Naturverjüngungsbetrieb

6.1 Naturverjüngung als Bestandteil eines waldbaulichen Konzeptes

6.1.1 Schwerpunkt Ökologie

Forstbetriebe können sich an verschiedenartigen, mehr oder weniger komplexen Zielsystemen orientieren. Waldbauliche und betriebswirtschaftliche Ziele sind untereinander in Beziehung stehende Elemente des Gesamtsystems. In dieser Beziehung ist das waldbauliche Ziel normalerweise Mittel zum Zweck und nicht bereits Zweck an sich, wenn man auch beim Studium mancher Arbeiten den Eindruck gewinnt, Waldbau oder Ökologie seien die eigentlichen Ziele forstbetrieblichen Handelns.

THOMASIUS, 1992 [26] beschreibt das Zielsystem naturgemäßer Waldwirtschaft als die strikte Beachtung ökologischer Gesetze und die bestmögliche Ausnutzung natürlicher Triebkräfte. In diesem Sinne wird die Ausnutzung der natürlichen Regenerationsfähigkeit von THOMASIUS als wesentlicher und unabdingbarer Bestandteil naturnaher Waldwirtschaft gewertet. Die Wahrung der Nachhaltigkeit auf kleinster Fläche, bzw. im Bestand sei das oberste Prinzip der naturnahen Waldbaurichtung. Ökologische Nachhaltigkeit sei dann nicht gegeben, „wenn bestimmte Prozesse ... auf den einzelnen Flächen zeitweilig aussetzen und Stetigkeit sowie Gleichmaß erst in höheren Hierarchieebenen (Betriebsklasse) erreicht werden".

Die vorliegende Modellstudie wurde bewußt auf jener höheren Hierarchieebene der Betriebsklasse angesiedelt, weil waldbauliche Methoden (z. B. Verjüngungsverfahren) nur auf dieser

Ebene betriebswirtschaftlich miteinander verglichen werden dürfen (siehe dazu auch Abschnitt 1). Eine Ausnahme bilden lediglich Plenterwälder im idealen Plentergleichgewicht, soweit sie im Bestand Betriebsklassenstruktur aufweisen.

6.1.2 Schwerpunkt Betriebswirtschaft

Für REININGER,1990 [18] stellt das Plenterprinzip die „totale Integration des Waldbaues in die Betriebswirtschaft" dar. Die von ihm vertretene Form des Waldbaues, die er unter Bezugnahme auf die wesensprägenden waldbaulichen Grundsätze mit dem Begriff Plenterprinzip abgrenzt, beinhaltet auch die natürliche Regenerationsfähigkeit von Beständen. Seiner Meinung nach unterscheidet sich diese Form der Waldbewirtschaftung dadurch von den klassischen Naturverjüngungsverfahren, daß sie „die ständige Pflege des Produktionspotentials" auf der Bestandesfläche zum Ziel hat, während bei jenen der Produktionsprozeß immer wieder unterbrochen wird. Das Ergebnis konsequenter Anwendung des Plenterprinzipes ist der Plenterwald. Demgegenüber bleibt bei anderen Naturverjüngungsverfahren der Altersklassenwald erhalten.

Insbesondere von SPÖRK,1986 [23] werden betriebswirtschaftliche Argumente für den Naturverjüngungsbetrieb in den Vordergrund gestellt. Große Produktionssicherheit, geringere Waldbaukosten durch Wegfall der Aufforstung, geringerer Schwachholzanfall und die Produktion starker Dimensionen von hoher Qualität, die Erhaltung der Produktivität des Standortes und die Verbesserung des Lebensraumes für das Wild werden ins Treffen geführt. Ertragstafelgestützte Modellrechnungen klammern diesen Aspekt der Produktionsrisken oft aus. Auch in der hier vorgelegten Modellstudie wird ein störungsfreier Ablauf des Ertragstafelwachstums unterstellt. Bei der Wertung von Ergebnissen der Simulationsrechnungen sollte diese Tatsache unbedingt berücksichtigt werden! Zukünftige Weiterentwicklungen des Modelles sollten mögliche Störungen des Normalwachstums einbeziehen.

Besonders prägnant charakterisiert SALLINGER,1993 [21] zumindest den privaten Forstbetrieb als ein Unternehmen mit erwerbswirtschaftlichem Ziel. Das Unternehmen sei als Ganzes zu sehen und zu beurteilen, das vom Markt definierte Produktionsziel sei „der hiebsreife Baum ... bester oder zumindest guter Qualität ...", der mit geringstem Aufwand zu erzeugen sei. Was SALLINGER im folgenden als „Bewirtschaftungsmodell" beschreibt, kann als ein gedankliches Modell des Forstbetriebes bezeichnet werden, das sich an einer klaren und einleuchtenden Zielhierarchie orientiert, indem es waldbauliche, ertragskundliche, betriebswirtschaftliche und andere Elemente dem Unternehmensziel unterordnet. SALLINGER's Modell ist aus den Erfahrungen in einer konkreten Betriebsklasse abgeleitet. Die aufgezeigten Wege zur Kosteneinsparung, Verbesserung des Sortenanfalles in den Stärkeklassen und damit zur Hebung des Betriebserfolges sind das Ergebnis jahrelanger Beschäftigung mit den Problemen eines Forstbetriebes in Österreich und erhalten dadurch ihre Überzeugungskraft. Sie können durch Kalkulationen an idealen Betriebsklassen nur ergänzt werden, worauf er selbst auch hinweist. Insbesondere das Wuchsverhalten von Alt– und Jungbestand in der Verjüngungsphase und seine Bewertung bedarf weiterer Untersuchungen.

6.2 Quantitative Untersuchungen zum Naturverjüngungsbetrieb

LOIDL,1984 [14] berichtet über Untersuchungen in einem fichtenreichen Gebirgsrevier, bei denen mit Hilfe der Wuchsreihenmethode Kunst– und Naturverjüngungsverfahren auf Bestandesebene verglichen werden. Im Kostenvergleich liegt die Naturverjüngung ca. 25% unter der Kunstverjüngung, für die Naturverjüngungsbestände werden beträchtliche Mehrleistungen im Altbestand ausgewiesen. Der betriebswirtschaftlich orientierte Vergleich umfaßt allerdings nur den Verjüngungszeitraum von ca. 40 Jahren Dauer. Dabei werden die Betriebsformen nicht auf

Betriebsklassenebene verglichen, die Frage des Produktionszeitraumes bzw. des Überlappungseffektes ist somit nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

STERBA,1984 [25] faßt Mitteilungen aus der Literatur und eigene Beobachtungen auf der Versuchsfläche Hirschlacke so zusammen, „daß bei längeren Umtriebszeiten keineswegs mit so starken Zuwachsabfällen gerechnet werden muß, wie dies die meisten Ertragstafeln prognostizieren". Er weist weiters darauf hin, daß nur Betriebsklassenvergleiche zur Lösung der Frage „Kahlschlagbetrieb oder Einzelstammnutzung" geeignet sind und daß es im forstlichen Versuchswesen keine Versuchsanlagen mit Betriebsklassenvergleichen gibt. „Weil das forstliche Versuchswesen keine Versuchsanlagen mit Betriebsklassenvergleichen hat und haben kann, kann es nur aus einzelnen Versuchen abgeleitete Gesetzmäßigkeiten des Waldwachstums zu Modellen zusammenbauen", und verweist dazu auf ASSMANN, 1961 [1].

KENK, 1988 [13] konnte über die in mehrfacher Hinsicht außerordentlich interessante Versuchfläche Langenbrand berichten. Interessant, weil einmalig, ist sowohl die Flächengröße von 3,35 ha als auch die Tatsache, daß zwischen 1927 und 1988 ein kompletter Verjüngungszeitraum beobachtet wurde. Zuwachsvergleiche werden zwischen den Feldern mit verschieden raschem Verjüngungsfortschritt angestellt. Verglichen wird also der Zuwachs während des Verjüngungszeitraumes, nicht jener von Betriebsklassen. Der Gesamtzuwachs von Alt– und Jungbestand war bei raschem Verjüngungsfortschritt am höchsten, bei sehr langsamen dagegen am geringsten. Bei den rasch geräumten Feldern bewirkten die hohen Zuwächse der Folgebestände den Vorsprung, im Altbestand wurde auf Zuwachs verzichtet. Umgekehrt leisteten bei sehr langsamer Räumung die Altbestände höchsten Zuwachs, die Jungbestände hingegen wenig bis keinen! KENK weist selbst darauf hin, daß die Versuchsaussage nur für das individuelle Verhalten dieses Bestandes gelte, die Versuchsanlage in methodischer Hinsicht aber von großer Bedeutung sei. Einerseits ermöglicht nur eine Beobachtungsfläche von entsprechender Größe die Beobachtung langfristiger natürlicher Verjüngungsvorgänge. Andererseits erweist sich aber die starre a–priori–Auswahl von Kleinprobeflächen (Felder) nach Baumartenzusammensetzung und Vorratshöhe als methodischer Nachteil, da die Felder, trotz einer gegebenen Stratifizierung nach Verjüngungsfortschritt, nicht als Wiederholungen angesehen werden können. Die bei KENK beschriebenen methodischen Schwächen sind u. a. mit ausschlaggebend gewesen, ein neuartiges Erfassungskonzept auszuarbeiten, das in Abschnitt 7 vorgestellt wird.

Besonderes Interesse verdienen auch KENK's Ausführungen zum Überlappungseffekt, in denen er zu der wertenden Schlußfolgerung gelangt, der Produktionszeitraum könne durch das angewendete Verjüngungsverfahren um ca. 2 Jahrzehnte verkürzt werden. Es ist zu beachten, daß diese Aussage für die Kombination einer Lichtbaumart mit einer Schattbaumart gemacht wurde und für andere Kombinationen noch untersucht werden muß!

Nicht mangelndes Forschungsinteresse, sondern versuchsmethodische Probleme führt auch KENK für das weitgehende Fehlen ertragskundlicher Untersuchungen und den bescheidenen Wissensstand zu diesem „für die Praxis höchst bedeutsamen Problem" ins Feld.

6.3 Modelle zum Naturverjüngungsbetrieb

6.3.1 Ein „sogenanntes" Betriebsklassenmodell

EBERT,1989 [4] versucht den vielstufigen Wald mit Naturverjüngung mittels eines „stammzahlorientierten Betriebsklassenmodelles" abzubilden. Er geht dabei von REININGER's (REININGER, 1989 [17]) stammzahlgleichen Altersklassen aus, die bei ihm stammzahlkonstante Betriebsklasse genannt werden. Die stammzahlorientierte Betriebsklasse unterscheidet sich lediglich durch Ansatz höherer Stammzahlen in den jüngeren Altersklassen. Beide Betriebsklassen werden einer Normalwaldbetriebsklasse des Altersklassenwaldes gegenübergestellt. Für letztere werden -

wie auch bei REININGER - altersklassenweise die Vorräte und Zuwächse einer Ertragstafel entnommen. Für die Normalwaldbetriebsklasse entspricht diese Vorgangsweise den Bedingungen, wie sie beispielsweise bei SPEIDEL, 1972 [22], zitiert bei EBERT, 1989 [4], oder ASSMANN, 1961 [1] definiert werden. Für die sog. stammzahlkonstante und –orientierte Betriebsklasse wird aber die Bedingung gleicher Flächenausstattung der Altersklassen durch gleiche (bzw. modifizierte) Stammzahlausstattung ersetzt. Die Flächenaustattung wird aus dem Standraumbedarf (fälschlicherweise als Standraum bezeichnet) hergeleitet. Dadurch wird den älteren Altersklassen eine größere Fläche als den jungen zugeteilt. Die Vorräte und Zuwächse je ha werden der Ertragstafel altersklassenweise entnommen und mit der zuvor berechneten Altersklassenfläche multipliziert. Es liegt nun auf der Hand, daß z. B. die Vorratsausstattung der Altersklasse 110 Jahre im stammzahlkonstanten Modell 2,3–fach über jener des Normalwaldes liegen muß, wenn ihr die 2,3–fache Fläche zugeteilt wird. Diese Art der Herleitung von Durchschnittswerten für Vorrat und Zuwachs muß infolge der Rechenregeln (Bildung gewichteter Flächenmittel) zu höheren Werten für die stammzahlkonstanten und –orientierten „Betriebsklassen" führen. In einem Falle ist das Flächengewicht für alle Altersklassen gleich, im anderen werden die höheren und zugleich mit größeren Vorräten ausgestatten Altersklassen mit größeren Gewichten versehen.

Bei der Wertung der mitgeteilten Ergebnisse muß die Frage aufgeworfen werden, welche Gewichtung denn richtig sei. EBERT und REININGER zerlegen die horizontale und vertikale Altersgliederung eines Bestandes mit Plentergefüge in ideelle Flächen gleichen Alters. Diese Aufteilung erfolgt nach dem der Altersklasse angepaßten Standraumbedarf, woraus für jüngere Klassen eine geringere als für ältere resultiert. Jeder dieser Altersklassenflächen ordnen sie Vorräte und Zuwächse zu, die sie Ertragstafeln des einschichtigen Schlagwaldes entnehmen, obwohl beiden Autoren bekannt ist, daß die Wachstumsprozesse in vielstufigen Beständen anders ablaufen als in einschichtigen. Auch in der Literatur finden sich keinerlei Hinweise darauf, daß jahrelang unter Altholzschirm wachsende Bäume den gleichen Wuchsgang aufweisen wie freiwachsende. Die Bemerkung EBERTS's, „Auch das langsamere Wachstum der unter Schirm wachsenden Pflanzen kann durch diesen Flächengewinn (Überlappungseffekt) ausgeglichen werden", muß als Ergebnis eines Fehlschlusses angesehen werden! Nur wenn für alle Altersklassen das zutreffende (infolge langanhaltender Überschirmung gegenüber Freiwuchs wesentlich reduzierte) Wachstum eingesetzt würde, könnte diese Folgerung allenfalls gezogen werden.

Würde man, um diesen Mangel zu beseitigen, die Altersklassen mit einem Vorrat ausstatten, welcher dem der Ertragstafel bei einem um jeweils 40 Jahre verminderten Alter entspricht (um den Einfluß einer z. B. 40–jährigen Phasenverschiebung zu simulieren), so betrüge der mittlere Vorrat einer derartigen Betriebsklasse nur 81% statt 149% der Normalbetriebsklasse! Zu ähnlichen Ergebnissen käme man für den Zuwachs. Die Annahme einer Phasenverschiebung dieser Größenordnung ist lediglich eine Hilfskontruktion, welche die Fragwürdigkeit der beschriebenen Modellkalkulation erhellen soll.

6.3.2 Modelle zur Zielstärkennutzung

Es wird im folgenden auf einige Arbeiten verwiesen, die zwar der „Zielstärkennutzung" REININGER's gewidmet sind, methodisch aber eng mit dem hier behandelten Thema zusammenhängen. STERBA, 1978 [24] unternimmt den Versuch, „zu überprüfen, ob und welche der uns bekannten ertragskundlichen Gesetzmäßigkeiten einer Zielstärkennutzung widersprechen". Im ersten Teil kommt er zu dem Schluß, daß REININGER's These vom Absinken des Grundflächenzuwachsprozentes mit zunehmendem BHD den heutigen Waldwachstumstheorien nicht widerspricht. Im zweiten Teil wird ein „Betriebsklassenbehandlungsmodell" durchkalkuliert, indem Ertragstafelbestände vom Alter 35 bis 115 Jahre mit Stammzahl–, Massen– und Wertverteilungen über

BHD–Stufen ausgestattet und in diesen Nutzungen auf den stärksten Stamm durchgeführt werden. Die Kalkulation wird über 35 Jahre und für drei verschiedene (Wert–)hiebsätze durchgeführt. „Durch die Zielstärkennutzung nimmt der Wert des verbleibenden Bestandes in der Betriebsklasse ...laufend zu. Der Wertzuwachs nimmt gegenüber dem schlagweisen Hochwald ...zu ...".

Im Hinblick auf die laufende Untersuchung des Naturverjüngungsbetriebes erscheinen uns die Hinweise STERBA's (und auch KENK'S) von entscheidender Bedeutung, daß mit Zuwachssteigerungen im Altbestand bei langsamer und anhaltender Auflichtung gerechnet werden kann. Aber weder STERBA noch KENK vergleichen durchschnittliche Zuwächse eines kompletten Produktionszeitraumes. Die für die vorliegende Studie entscheidende Fragestellung spricht STERBA an: „Offen bleibt, weil hier nicht behandelt, die Frage der Verjüngung, wobei das Abwägen zwischen dem Zurückbleiben der Naturverjüngung infolge der Überschirmung und dem Gewinn durch die noch andauernde Produktion der Oberschicht (Bestockung um 0,1) ein Quantifizieren des Wertzuwachses an der Naturverjüngung nötig macht. Entsprechende Untersuchungen müßten jedenfalls gemacht werden." Diese Feststellung trifft sich exakt mit der Kernaussage der vorliegenden Studie.

BERNAUER, 1981 [3] bezweifelt allerdings stark die Unterstellung STERBA's, daß die verbleibenden Bäume wie bei Niederdurchforstung reagieren und diskutiert weitere Annahmen zur Zielstärkennutzung. BERNAUER's Feststellung: „ Alle Lebensprozesse spielen sich jedoch in Raum und Zeit ab, auch das Leben unserer Waldbäume." deckt sich mit der Arbeitshypothese dieser Arbeit. Die vorgestellten Modellberechnungen berücksichtigen eben diese Faktoren.

RICHTER und ENGINEER, 1992 [19] schlagen methodisch den gleichen Gedankenansatz vor, der auch im Rahmen dieses Projektes gewählt wurde: „Wo die sofortige Anlage einer ausreichenden Anzahl von Probeflächen zu aufwendig erscheint, können vorausgehende Modellrechnungen erste Einblicke geben und zeigen, welche auf Kontroll– und Versuchsflächen nachprüfbaren Einzelfragen von besonderer Bedeutung sind". Ihre Modellberechnungen gehen von Mittelwerten der Grundfläche, Stammzahl und Durchmesserverteilung eines 70–jährigen Fichtenmodellbestandes aus, dessen Wachstum in Fünfjahresschritten durch Fortschreiben der BHD-Verteilung simuliert wird. Dem Stärkezuwachs liegen Daten von regionalen Kontrollflächen zugrunde, das Volumen wird über Formhöhenreihen berechnet. Die Zielstärkennutzung wird durch Entnahme eines bestimmten Volumens von stärkeren Ende der Durchmesserverteilung her in jedem Jahrfünft simuliert. Die Ergebnisse verschiedener Simulationsläufe werden bestandes–, nicht aber betriebsklassenweise verglichen. Auch RICHTER und ENGINEER kommen zu der Schlußfolgerung, „daß bei der Zielstärkennutzung je nach der Stärke und Abfolge der Nutzungen sehr unterschiedliche Auswirkungen auf den Zuwachs des Altbestandes und die Entwicklung des Nachwuchses zu erwarten sind. Zwischen zu langsamer Nutzung, die zu einer Behinderung der Jungwuchsentwicklung (...) führt, und einer zu schnellen Nutzung, bei der unnötige Zuwachsverluste in Kauf genommen werden, muß es einen Optimalbereich geben, dessen genauere Kenntnis für den Wirtschaftserfolg naturgemäßer Methoden von großer Bedeutung ist".

6.3.3 ASSMANN's Betriebsklassenmodell

Das grundlegende Instrumentarium für Leistungsvergleiche von Schlagwald– mit Naturverjüngungsbetriebsklassen wurde von ASSMANN, 1961 und 1965 [1],[2] geschaffen. Ein Großteil der in den vorangegangenen Abschnitten zitierten Autoren beruft sich auf diese grundlegenden Arbeiten ASSMANN's.

In [1] stellt er die für einen derartigen Vergleich entscheidende Frage (S. 455): „Welche Bezugszeiträume müssen für Betriebsklassenleistungen solcher natürlich verjüngter Mischbestände

zugrundegelegt werden ...". Er definiert hier auch die Begriffe Abschlußalter, Phasendifferenz und Zuwachsüberlappung und kommt zu der entscheidenden Schlußfolgerung: „Demnach dürfen wir zum Berechnen des dGZ einer Mischbestandsbetriebsklasse mit natürlicher Verjüngung nicht einen Zeitraum unterstellen, der dem höchsten vorkommenden Abschlußalter entspricht, sondern nur den Zeitraum einer vollen Phasendifferenz". In [2] werden die Begriffe Frei–, Dicht–, Licht– und Schirmwuchsphase eingeführt, deren Aufeinanderfolge und Ineinandergreifen im Naturverjüngungsbetrieb dargestellt und ihre Bedeutung für die Berechnung des Bezugszeitraumes und das Zustandekommen des Überlappungseffektes dargestellt. ASSMANN, 1965 [2] standen zu dieser Zeit bereits erste Ergebnisse von Untersuchungen zur Verfügung, die von JOHANN unter seiner Anleitung durchgeführt und 1964, 1968 und 1970 [8], [9], [10] publiziert wurden. Die Definitionen ASSMANN's und deren von ihm betreute Weiterentwicklung, insbesondere in [9], sind Grundlage der vorliegenden Studie. Eine andere als die von ASSMANN und seinen Mitarbeitern entwickelte Methode des Leistungsvergleiches von Betriebsklassen mit verschiedenartiger Verjüngungsform wurde bisher nicht bekannt.

ASSMANN's Methodengerüst wurde auch von POLLANSCHÜTZ und NATHER, 1970 [16] übernommen, deren Untersuchungen zur Naturverjüngung etwa zur gleichen Zeit stattfanden wie diejenigen von JOHANN, 1968 [9]. Die Analogie mancher Darstellungen und Formulierungen in diesen Arbeiten mag auf die beiden gemeinsame Bezugnahme auf ASSMANN zurückgeführt werden, denn die Arbeiten wurden unabhängig und ohne gegenseitige Kenntnis voneinander durchgeführt. Auffallend ist die Analogie der Ergebnisse beider Untersuchungen.

Auch RINSDORF, 1988 [20] bedient sich der ASSMANN'schen Methode des Betriebsklassenvergleiches. Durch eine Kombination von Wuchsreihen – und Probestammethode überprüft er einerseits die Übereinstimmung des Wuchsganges in konkreten Beständen mit Angaben der Ertragstafel (Lichtungszuwachs, Bestockungsgrad, Ertragsklasse und Ertragsniveau), und andererseits versucht er damit den Verjüngungszeitraum und die Dauer der Überlappungsphase zu bestimmen. Ansatzweise finden sich hier insofern vorsichtige Versuche der Simulationsrechnung, als RINSDORF z. B. verschiedenartige Auflichtungsgänge des Altbestandes durch Einsetzen unterschiedlicher Bestockungsgradverläufe durchrechnet. Für den Vergleich von Schlagwald– und Naturverjüngungsbetriebsklasse werden der durchschnittliche Gesamtzuwachs (dGZ_{BZR}) und die Waldbaukosten herangezogen, auf sonstige Kosten und die Leistungswerte geht RINSDORF nicht ein. Er erkannte den starken Einfluß, den die Art der Vorratsabsenkung im Altbestand und die Dauer des Überlappungseffektes auf den dGZ_{BZR} haben: „Erhöht man die Dauer der Überlappung nur um ein Jahr, so steigt der dGZ_{109} auf 9,2 Vfm m.R. an und ist damit gleich dem dGZ_{120} des Kahlschlagbetriebes." Der methodische Ansatz RINSDORF's und die Tendenz der von ihm mitgeteilten Ergebnisse decken sich weitgehend mit denen dieser Studie.

6.4 Andere Wachstumsmodelle

In den letzten Jahren wurde eine nahezu unüberschaubare Vielzahl von Simulationsmodellen zur Nachbildung des Waldwachstums entwickelt und publiziert. Viele davon beziehen auch den Vorgang der Regeneration von Beständen mit ein. Wir haben jedoch bisher kein Simulationsmodell gefunden, das geeignet wäre, den waldwachstumskundlichen Teil im Rahmen einer ökonomischen Untersuchung von Naturverjüngungsbetriebsklassen auszufüllen. Dazu geeignete Simulationsmodelle (z.B Prognosis von Ek, Monserud ua.) bedürfen für unsere Verhältnisse einer Neuparameterisierung. Die Erstellung einer entsprechenden Datengrundlage wäre ein eigenes Forschungsprojekt. Wir sind der Auffassung, daß die am Schluß dieser Studie vorgeschlagene Vorgangsweise jene Datenbasis schaffen wird, die für den Einsatz derartiger Simulationsmodelle benötigt wird. Eine Auswertung der diesbezüglichen Literatur soll daher einer späteren Pu-

blikation im Zusammenhang mit der Auswertung der geplanten Untersuchungen vorbehalten bleiben.

6.5 Schlußfolgernde Zusammenfassung aus der Literaturübersicht

- Über das Thema Naturverjüng wurde (und wird) zwar viel geschrieben, die Informationen über betriebswirtschaftlich–waldwachstumskundliche Vergleiche zwischen Kahlschlag– und Naturverjüngungsbetrieb sind relativ leicht überschaubar, weil selten.
- Auf den Mangel an geeigneten Versuchsanlagen zum Studium des Naturverjüngungsbetriebes wird von allen Autoren, die sich mit dieser Frage befaßt haben, hingewiesen.
- Das von ASSMANN geschaffene Methodengerüst erscheint zur Zeit als das einzige, dem Problem angepaßte Instrumentarium.

7 Vom Modell zur Wirklichkeit – Was noch zu tun bleibt

7.1 Folgerungen aus den Modellkalkulationen

Die Modellstudien brachten als eines der Hauptergebnisse die Erkenntnis, daß eine rein betriebswirtschaftlich orientierte Untersuchung des Naturverjüngungsbetriebes nur einen Teil des Gesamtkomplexes abdecken würde. Dieser Aspekt wurde an Hand der Stammzahlreduktions– und Feinerschließungskosten dargelegt, von denen angenommen werden kann, daß es sich bei diesen um typische Kostenstellen des Naturverjüngungsbetriebes handelt. Es konnte gezeigt werden, daß diese für das Zustandekommen des Deckungsbeitrages geringere Bedeutung haben als gemeinhin vermutet wird. Das hohe partielle Einflußgewicht, welches der Kombination von Lichtungs– und Wertzuwachs beizumessen ist, kann bereits nicht mehr als rein betriebswirtschaftliche, sondern muß – großteils – als ertragskundliche Fragestellung angesehen werden.

Waldwachstumskundlicher Natur sind Einfluß des Angriffsalters, Dauer der Schirmwuchsphase und insbesondere die Phasenverschiebung. Partiell betrachtet könnten die Extremwerte der durchkalkulierten Phasenverschiebung Unterschiede im Deckungsbeitrag in der Größenordnung von 25 – 30% hervorrufen, annähernd gleiche Bedeutung kommt dem Angriffsalter und damit zusammenhängend der Dauer der Schirmwuchsphase zu.

Die Phasenverschiebung wurde in die Modellstudien als eine theoretische Hilfsgröße eingeführt, weil über den tatsächlichen Zuwachsverlauf natürlich verjüngter Fichtenbestände unter Altholzschirm bisher allzuwenig bekannt ist. Der durch die Überschirmung bewirkte Wuchsrückstand ist sowohl von Ablauf und Stärke der Auflichtung (früh stark, spät schwach oder umgekehrt), als auch von einer Kombination beider abhängig. Ebenso hat die Dauer der Schirmwuchsphase Einfluß auf den Wuchsverlauf der Verjüngung. Es wurde zwar auf durchgeführte Einzeluntersuchungen hingewiesen, von einer systematischen Erforschung der Zusammenhänge sind wir aber weit entfernt!

7.2 Forschungsbedarf

In dieser Richtung besteht eindeutig ein Forschungsdefizit! Ein verständliches Forschungsdefizit, wenn man bedenkt, daß eine eindeutige Antwort auf die angesprochenen Fragen nur durch Beobachtung von Dauerversuchsflächen gefunden werden kann. Mit Ergebnissen derartiger Versuche kann aber erst 30 bis 40 Jahre nach ihrer Anlage gerechnet werden, eine Tatsache, die vermutlich schon immer davor abgeschreckt hat, das Problem anzugehen.

Es sei an dieser Stelle darauf verwiesen, daß der Pflanzweiteversuch Hauersteig im Jahre 1892 angelegt wurde und daß erste Ergebnisse dieses Versuches erstmals 1974, also 82 Jahre nach der Anlage, veröffentlicht wurden (POLLANSCHÜTZ, 1974 [15])!

7.3 Wuchsreihenuntersuchungen in Naturverjüngungsbetrieben

Ziel einer betriebswirtschaftlich orientierten Analyse des Naturverjüngungsbetriebes der Fichte (Projekt 5.24) muß es sein, auf objektive Datenerhebung und Auswertung gestützte Vergleiche des Naturverjüngungsbetriebes mit Schlagwaldbetriebsklassen zu ermöglichen. Idealerweise sollten die Ergebnisse allgemeine Gültigkeit haben und sich nicht ausschließlich auf einen oder wenige konkrete Forstbetriebe und/oder Verjüngungsverfahren beschränken. Neben den speziell betriebswirtschaftlichen Untersuchungen, die das eigentliche Ziel des Projektes sind, müssen waldwachstumskundliche Fragen geklärt werden, deren Beantwortung eine betriebswirtschaftliche Analyse erst ermöglichen. Die folgenden Überlegungen beziehen sich ausschließlich auf die

waldwachstumskundliche Problematik, wobei stillschweigend vorausgesetzt wird, daß die betriebswirtschaftlichen Analysen in jedem Falle parallel geführt werden!

Übergordnetes Ziel der waldwachstumskundlichen Untersuchungen ist die Bereitstellung gesicherter Informationen, mittels derer ein plausibles Betriebsklassenmodell des Naturverjüngungsbetriebes abgeleitet werden kann. Dabei sind folgende waldwachstumskundliche Fragen zu beantworten:

- Ausmaß und Einflußgewicht der Wuchsverzögerung
- Ausmaß und Einflußgewicht des Lichtungszuwachses
- Ausmaß und Einflußgewicht von Angriffsalter und Dauer der Schirmwuchsphase
- Ausmaß und Einflußgewicht der Wertsteigerung durch Vorratspflege

Als Methode zur Erreichung dieses Zieles kommt mittelfristig gesehen nur ein Wuchsreihenverfahren in Frage. Dabei wird unterstellt, daß die räumlich nebeneinander liegenden Entwicklungsphasen verschiedener Bestände zur Zeit der Probenahme von jedem Einzelbestand in gleicher Weise im Laufe seines Lebens durchlaufen werden. Unter dieser Prämisse können aus einer einmaligen Aufnahme bereits Ergebnisse berechnet werden.

Die folgenden Abschnitte sind verschiedenen Methoden der Wuchsreihenbildung und der Erörterung ihrer vermutlichen Vor- und Nachteile gewidmet. Bei der Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen wird auch die Eignung der jeweiligen Methode beurteilt, später einmal in Dauerbeobachtung überführt zu werden.

7.3.1 Wuchsreihen aus raum–systematisch angeordneten Stichproben

Raum–systematisch angeordnete Stichproben werden anhand eines vorgegebenen Rasternetzes angelegt. Forstinventur– und –einrichtungsverfahren arbeiten üblicherweise nach diesem Prinzip. Für die Erstellung von Wuchsreihen zum Naturverjüngungsbetrieb wäre eine Abwandlung des Verfahrens dahingehend denkbar, daß eine a–priori–Stratifizierung vorgenommen wird, indem etwa auf die Aufnahme solcher Probepunkte verzichtet wird, die außerhalb der Fragestellung liegen (andere Baumarten, extreme Bonitäten, Standorte ...).

Vorteile

- Die gesamte Spreitung des vorgegebenen Stratums (Region, Betrieb, Baumart, Betriebsart) wird repräsentativ erfaßt.
- Eine weitere Stratifizierung ist a–posteriori nach objektiven Rechenregeln möglich.

Nachteile

- Es werden auch Probepunkte aufgenommen, die für die spezielle Fragestellung nicht geeignet sind (Mehrarbeit), weil es kaum möglich sein wird, das a–priori–Stratifizierungsspektrum dem Untersuchungsziel exakt anzupassen.
- Große Laufwege fallen beim Aufsuchen der Probepunkte an.
- Allfällige Revisionsaufnahmen erfordern den gleichen Aufwand wie die Erstaufnahme.
- Die Überwachung der Bewirtschaftung der Probebestände ist außerordentlich schwierig, wenn nicht gar unmöglich. (Negative Erfahrungen mit weit im Gelände verstreuten Probeflächen liegen bei den Großdüngungsversuchen vor!)

- Die den Naturverjüngungsbetrieb geradezu charakterisierende Heterogenität der Bestandesstrukturen auf kleinstem Raum läßt es fraglich erscheinen, ob eine Stichprobentechnik mit Probekreisen (oder anders geformten Kleinflächen) bei dieser Fragestellung überhaupt zielführend sein kann (Beispiel: geschlossener Altbestandsteil und Verjüngungskegel in einem Probekreis).

7.3.2 Wuchsreihen aus zweck–systematisch angeordneten Stichproben

Unter zweck–systematischer Anordnung von Stichproben wird hier eine Vorgangsweise verstanden, bei der nicht ein vorgegebenes Rasternetz die Lage der Probepunkte bestimmt, sondern die Eignung eines bestimmten Bestandesteiles im Hinblick auf den Untersuchungszweck (hier: Wuchsreihenbildung). Diese Methode erfordert zunächst ein theoretisches (Gedanken–)Modell darüber, wie der Wuchsverlauf innerhalb des Bestandeslebens sich abspielt. Es erfordert weiterhin eine a–priori–Stratifizierung aller Bestandesmerkmale an Hand fachkundiger Schätzungen, da Messungen zum Zeitpunkt der Probeflächenauswahl noch nicht vorliegen.

Vorteile

- Der Flächenbedarf und Laufwegeaufwand kann geringer gehalten werden, da nur solche Flächen aufgenommen werden, die später wirklich gebraucht werden.
- Die Überwachung der Bewirtschaftung der Probebestände ist möglich.
- Das Flächennetz kann nachträglich erweitert werden.

Nachteile

- Eine weitere Stratifizierung nach objektiven Rechenregeln ist a–posteriori nur eingeschränkt möglich.
- Es besteht die Möglichkeit, daß wegen der a–priori–Stratifizierung nur ein Teil der Spreitung aufgenommen wird, möglicherweise werden wichtige Bestandesphasen übersehen.
- Trotz der Beschränkung auf vermeintlich geeignete Bestandesteile entsteht eine Vielzahl kleiner Versuchsflächen und damit verbundenem hohen Arbeitsaufwand, falls diese Flächen weiter beobachtet werden sollen.
- Die den Naturverjüngungsbetrieb geradezu charakterisierende Heterogenität der Bestandesstrukturen auf kleinstem Raum läßt es fraglich erscheinen, ob es überhaupt möglich ist, für jede Entwicklungsphase eine Probefläche mit Wiederholung(en) zu finden.
- Bei einer Weiterbeobachtung dieser Flächen (in Form von Dauerversuchen) kann nicht von vorneherein festgelegt werden, welche Bestandesbehandlung die einzelnen Flächen erfahren sollen. Nach einiger Zeit werden die Flächen keine Wuchsreihe mehr bilden!

7.3.3 Wuchsreihen aus struktur–systematisch angeordneten Stichproben

Als Alternative zu einer relativ großen Zahl raum– oder zweck–systematisch angeordneter Probeflächen mit vergleichsweise hoher Flächenausstattung wird in Betracht gezogen, ganze „Bestände", also in der Natur durch Wege oder andere unveränderbare Grenzen vorgegebene Waldteile, als Probeflächen aufzunehmen. Innerhalb dieser natürlich abgegrenzten Areale (innerhalb derer beliebige Bestandesentwicklungsphasen vorkommen können) erfolgt eine Vollaufnahme aller relevanten Baummerkmale, einschließlich des Verjüngungsbestandes. Unter Baummerkmalen

wird verstanden: Lage im Bestand (Koordinaten), Baumart, Stärke, Höhe, Kronenmerkmale u. a. (Einzelheiten für ein rationelles Erfassungschema können erarbeitet werden).

Bei der EDV-gestützten Auswertung werden innerhalb dieser Areale typische Bestandesstellungen, Strukturen und Muster verschiedener Entwicklungsphasen stratifiziert (struktur–systematische Anordnung von Stichproben). Die Stratifizierung erfolgt hier also komplett a–posteriori.

Vorteile

- Der Flächenbedarf und Laufwegeaufwand kann erheblich geringer gehalten werden als bei den zuvor genannten Alternativen.
- Die Stratifizierung erfolgt nach objektiven (in Rechenregeln festgelegten) Kriterien.
- Die Wuchsreihenbildung erfolgt erst nach Vorliegen aller Meßdaten.
- Die Überwachung der Bewirtschaftung der Probebestände ist möglich.
- Das Flächennetz kann nachträglich erweitert werden.
- Die Merkmale können jederzeit nach den gleichen oder anderen Kriterien neu stratifiziert werden.
- Die den Naturverjüngungsbetrieb geradezu charakterisierende Heterogenität der Bestandesstrukturen auf kleinstem Raum wird voll erfaßt, kann beliebig analysiert und mit geeigneten Methoden dargestellt werden.
- Ohne erhebliche Mehrarbeit werden Dauerversuche angelegt.

Nachteile

- Die Ersterfassung aller Daten ist arbeitsintensiv.
- Es besteht die Möglichkeit, daß bei der Arealauswahl nur ein Teil der Spreitung aufgenommen wird, möglicherweise werden wichtige Bestandesphasen nicht repräsentiert.
- Die Aufnahme ist im statistischen Sinne nicht repräsentativ, weder für ein Gebiet noch für ein waldbauliches Verfahren.

7.4 Vorschlag für ein Versuchsdesign

Nach Abwägung der Vor– und Nachteile der beschriebenen Alternativen wird die Durchführung struktur–systematisch angeordneter Stichproben vorgeschlagen. Die räumliche Konzentration der Stichproben auf wenige Areale, die Möglichkeiten der a–posteriori Stratifizierung und einer späteren Überführung in Dauerversuche werden als ausschlaggebend betrachtet.

Die auszuwählenden Areale (Bestände) sollen idealerweise Flächengrößen zwischen ein und drei ha aufweisen. Sie sollen mit einem Netzraster mit 20m Maschenweite überzogen werden, der mit dauerhaften Pflöcken markiert wird. Bäume oberhalb einer noch festzulegenden Kluppschwelle oder Mindesthöhe werden mit Koordinaten erfaßt. Die räumliche Verteilung der unterhalb dieser Durchmesser– oder Höhenschwelle liegenden Bäume erfolgt nach einem vereinfachten Verfahren, bei dem das gesamte Areal in einen 1 x 1 m Aufnahmeraster eingeteilt wird. Für jede Rasterzelle wird die Höhenstufe (1m-Stufen) des höchsten Baumes angeschätzt, zusätzlich wird vermerkt, ob mehr als dieser eine Baum je Rastereinheit vorkommt. (1 Baum je Einheit repräsentiert 10 000 Bäume je ha. Es reicht aus zu wissen, ob mehr als 10 000 Bäume je ha vorhanden sind!)

Jeder Baum ist an Hand seiner Koordinaten wiederauffindbar. Zwar wäre eine dauerhafte Numeration der Altbäume wünschenswert und zweckmäßig, ist aber nicht unbedingt erforderlich. Sie könnte später immer noch nachgeholt werden.

Ein derartiges System von Probeflächen könnte als eine Datenbasis zur Klärung vieler Fragen des Naturverjüngungsbetriebes angesehen werden. Der entscheidende Vorteil wird darin gesehen, daß schon mittelfristig erste Ergebnisse über die Wuchsreihenmethode zu erwarten sind. Im Laufe der Zeit kann die Datenbasis laufend verbessert werden, indem einerseits alle Eingriffe registriert werden (Zeitpunkt von Altbaumentnahmen und Stammzahlreduktionen) und andererseits durch Folgeaufnahmen die Bestandesentwicklung verfolgt wird, indem die ausgewählten Areale in Dauerbeobachtung überführt werden.

Eine effiziente Auswertung derartiger Versuchsanlagen ist nur unter Anwendung elektronischer Datenverarbeitung möglich. Speziell für die Aufgaben der Stratifizierung und Darstellung sind heute mit geografischen Informationssystemen (GIS) leistungsfähige Werzeuge auf dem Markt.

8 Zusammenfassung

Seit 1992 wird an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt ein Projekt verfolgt, dessen Ziel ein betriebswirtschaftlich orientierter Vergleich von Naturverjüngungs– mit Kahlschlagsbetriebsformen ist. Waldbauliche, ertragskundliche und arbeitstechnische Aspekte sollen einbezogen werden. Als Zielgröße wurde der um die „Waldbaukosten" verminderte erntekostenfreie Erlös (Deckungsbeitrag 2, DB2) gewählt, mit dessen Hilfe sich die betriebsformspezifischen Kosten- und Leistungsverhältnisse ausdrücken lassen.

Um den Einfluß von Verschiedenartigkeiten konkreter Betriebsklassen auszuschalten, werden „normale" Betriebsklassen unterstellt. Diese weisen gleichen Altersklassenaufbau, gleiche Bringungsverhältnisse und gleiche Bonitäten auf, nur die Betriebsform ist verschieden. Es sind gedankliche Gebilde, Modelle der Wirklichkeit, in denen gleiche Verhältnisse mit Ausnahme des Verjüngungsverfahrens und damit zusammenhängender Kosten– und Leistungsparameter herrschen. (siehe dazu Abschnitt 1).

Am Beginn der betriebswirtschaftlich orientierten Untersuchungen zum Naturverjüngungsbetrieb stand die Frage, welche Einflußgrößen zu untersuchen seien. Der Deckungsbeitrag von Betriebsklassen setzt sich aus den Komponenten Leistungswert und Kosten, diese wiederum aus einer Reihe von Subkomponenten zusammen. Um im Rahmen dieser Pilotstudie herauszufinden, welche der wirkenden Komponenten und Subkomponenten den DB stärker, welche ihn geringer beeinflussen und welchen Komponenten des Gesamtsystems bei zukünftigen Untersuchungen besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist, wurde ein waldwachstumskundlich–betriebswirtschaftliches Modell von Kahlschlags– bzw. Naturverjüngungsbetriebsklassen entwickelt.

Im Abschnitt 3 wird der Aufbau des Modelles „Naturverjüngungsbetrieb " beschrieben. Er folgt im wesentlichen dem durch ASSMANN, 1961 [1], [2] vorgegebenen und von JOHANN, 1968 [9] weiterentwickelten Methodengerüst. Das Modell ist als ablauffähiges EDV–Programm in FORTRAN an der VAX 4000 der FBVA realisiert. Abschnitt 4 enthält eine Aufzählung aller Steuerungselemente und Datenbelegungen ausgewählter Beispielsberechnungen in Tabellenform. Im waldwachstumskundlichen Modell können die Steuerungselemente Bonität, Angriffsalter, Dauer der Schirmwuchsphase, Ausmaß der Phasenverschiebung und der Zuwachsreduktionsfaktor für verschiedene Programmläufe frei gewählt werden (wählbare Steuerungselemente, siehe Tabelle 2). Andere Steuerungselemente (siehe dazu Tabelle 1) sind vorgegeben. In analoger Weise sind auch die Steuerungsvariablen des betriebswirtschaftlichen Modelles entweder vorgegeben (Tabelle 3) oder wählbar (Tabelle 4). Als Betriebsklassenkenngrößen werden Leistungswert, Erntekosten, Deckungsbeitrag 1, Waldbaukosten und Deckungsbeitrag 2 je Hektar hergeleitet (siehe dazu Abschnitt 3.4 und Tabelle 5).

Die Ergebnisse der Beispielsberechnungen werden im Abschitt 5 besprochen. Dabei wird das Verhältnis des Deckungsbeitrages 2 (incl. Waldbaukosten) einer Naturverjüngungsbetriebsklasse immer auf eine Schlagwaldbetriebsklasse der Fichte gleicher Bonität mit Umtriebszeit 100 Jahre bezogen (relativer Deckungsbeitrag, rDB).

Die rDB sinken mit zunehmendem Ausmaß der durch die Phasenverschiebung ausgedrückten Wuchsverzögerung. Würde keine Wuchsverzögerung bzw. Phasenverschiebung auftreten, so könnten im Naturverjüngungsbetrieb um ca. 25 – 30% höhere rDB erzielt werden als im Kahlschlagbetrieb, eine logische Folge der Berechnungsmethode, aber kein Versuchsergebnis. Für die betriebswirtschaftliche Beurteilung des Naturverjüngungsbetriebes interessanter scheint zu sein, daß der rDB von natürlich verjüngten Betriebsklassen erst dann unter jenen des Schlagwaldes absinkt, wenn größere als 30–jährige Phasenverschiebungen unterstellt werden. Falls es in der Realität möglich ist, bei 40–jähriger Schirmwuchsdauer die Phasenverschiebung auf etwa 20 Jahre einzugrenzen, so könnte dies einen um etwa 15 % erhöhten DB bedeuten!

Größerer oder geringerer Lichtungszuwachs führt zu Unterschieden in der Größenordnung von 5 bis 10% im rDB.

Das partielle Einflußgewicht eines aus der Vorratspflege resultierenden Wertmehrzuwachses beträgt ca. 5 - 10%. Je größer die Phasenverschiebung, um so geringer ist sein Einflußgewicht.

Stammzahlreduktions– und Feinerschließungskosten wirken unabhängig von der Phasenverschiebung, die Annahme hoher oder geringer Kosten dieser Art führen also lediglich zu einer Parallelverschiebung gegenüber dem Vergleichsmodell! Überraschend gering erscheint das Einflußgewicht dieser Kosten, beträgt es doch nur jeweils etwa ±2%!

Bei niederen Angriffsaltern wirkt sich die Phasenverschiebung stärker aus als bei höheren. Eine Betriebsklasse mit Angriffsalter 80 Jahre würde bei einer Phasenverschiebung von 0 Jahren den höchsten rDB erbringen, bei 40 Jahren aber den weitaus geringsten. Der Unterschied im rDB zwischen diesen Extremen beträgt annähernd 80% ! Bei einem Angriffsalter von 120 Jahren dagegen macht der Unterschied von extrem kurzer bzw. langer Phasenverschiebung nur ca. 15% aus! Der Deckungsbeitrag von Betriebsklassen mit hohem Angriffsalter reagiert demnach weit weniger empfindlich auf die Phasenverschiebung als jener von Betriebsklassen mit niederem Angriffsalter.

Die höchsten rDB erbringen rein rechnerisch Betriebsklassen mit 40–jähriger Schirmwuchsphase, die geringsten jene mit nur 10–jähriger SWP. Bei Annahme von plausibel erscheinenden Relationen zwischen Dauer der Schirmwuchsphase und Ausmaß der Phasenverschiebung ist der rDB annähernd unabhängig von beiden und liegt etwa 10 bis 15% über jenem von Kahlschlagbetriebsklassen.

In Abschnitt 6 wird eine Auswahl von Publikationen zum Thema Naturverjüngung besprochen. Es wird auf durchgeführte Einzeluntersuchungen und Modellansätze hingewiesen, eine systematische Erforschung der Zusammenhänge an Versuchsflächen gibt es bisher nicht!

Die Modellstudien brachten als eines der Hauptergebnisse (siehe Abschnitt 7) die Erkenntnis, daß eine rein betriebswirtschaftlich orientierte Untersuchung des Naturverjüngungsbetriebes nur einen Teil des Gesamtkomplexes abdecken würde. In dieser Richtung besteht eindeutig ein Forschungsdefizit! Ziel einer betriebswirtschaftlich orientierten Analyse des Naturverjüngungsbetriebes der Fichte (Projekt 5.24) muß es sein, auf objektive Datenerhebung und Auswertung gestützte Vergleiche des Naturverjüngungsbetriebes mit Schlagwaldbetriebsklassen zu ermöglichen. Idealerweise sollten die Ergebnisse allgemeine Gültigkeit haben und sich nicht ausschließlich auf einen oder wenige konkrete Forstbetriebe und/oder Verjüngungsverfahren beschränken. Neben den speziell betriebswirtschaftlichen Untersuchungen, die das eigentliche Ziel des Projektes sind, müssen waldwachstumskundliche Fragen geklärt werden, deren Beantwortung eine betriebswirtschaftliche Analyse erst ermöglichen. Übergordnetes Ziel der waldwachstumskundlichen Untersuchungen ist die Bereitstellung gesicherter Informationen, mittels derer ein plausibles Betriebsklassenmodell des Naturverjüngungsbetriebes abgeleitet werden kann. Dabei sind folgende waldwachstumskundliche Fragen zu beantworten:

- Ausmaß und Einflußgewicht der Wuchsverzögerung
- Ausmaß und Einflußgewicht des Lichtungszuwachses
- Ausmaß und Einflußgewicht von Angriffsalter und Dauer der Schirmwuchsphase
- Ausmaß und Einflußgewicht der Wertsteigerung durch Vorratspflege

Als Methode zur Erreichung dieses Zieles kommt mittelfristig gesehen nur ein Wuchsreihenverfahren in Frage. Dabei wird unterstellt, daß die räumlich nebeneinander liegenden Entwicklungsphasen verschiedener Bestände zur Zeit der Probenahme von jedem Einzelbestand in gleicher

Weise im Laufe seines Lebens durchlaufen werden. Unter dieser Prämisse können aus einer einmaligen Aufnahme bereits Ergebnisse berechnet werden.

Vor– und Nachteile von Wuchsreihen aus raum–systematisch, zweck–systematisch und struktur–systematisch angeordneten Stichproben werden diskutiert. Ein Versuchsdesign mit struktur–systematisch angeordneten Stichproben wird beschrieben und vorgeschlagen. Die räumliche Konzentration der Stichproben auf wenige Areale, die Möglichkeiten der a–posteriori Stratifizierung und einer späteren Überführung in Dauerversuche werden als ausschlaggebend betrachtet.

Literatur

[1] ASSMANN, E.: *Waldertragskunde.* BLV, 1961.

[2] ASSMANN, E.: *Der Zuwachs im Verjüngungsstadium.* Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 82(4):193–217, 1965.

[3] BERNAUER, B.: *Zielstärkenutzung und Wertleistung.* Der Forst- und Holzwirt, 36(8):178–182, 1981.

[4] EBERT, H.-P.: *Das stammzahlorientierte Betriebsklassenmodell eines vielstufigen Waldes.* Allgemeine Forstzeitschrift, 44(9-10):229–231, 1989.

[5] ENK, J.; JOHANN, K.; POLLANSCHÜTZ, J.: *Standraumregulierung im Naturverjüngungsbetrieb der Fichte.* Eigenverlag, Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, 1992.

[6] FRAUENDORFER, R.: *Forstliche Hilfstafeln.* Schriftenreihe, Band II, Forstliche Bundesversuchsanstalt Mariabrunn, Wien, 1954.

[7] GEROLD, D.; BIEHL, R.: *Vergleich zwischen Buchenplenterwald und Buchenbetriebsklasse.* Allgemeine Forstzeitschrift, 47(2):91–94, 1992.

[8] JOHANN, K.: *Volumen und Volumenzuwachs in Jungbeständen der Fichte.* Forstwissenschaftliches Centralblatt, 83(3):65–128, 1964.

[9] JOHANN, K.: *Größe und Verteilung des Zuwachses von Verjüngungsbeständen der Fichte.* Doktorarbeit, Univ. München, 1968.

[10] JOHANN, K.: *Ergebnisse strukturanalytischer Untersuchungen in natürlich verjüngten Fichtenbeständen.* Forstwissenschaftliches Centralblatt, 89(4):228–251, 1970.

[11] JOHANN, K.: *Ein einfaches Modell zur ertragskundlichen und betriebswirtschaftlichen Beurteilung des Naturverjüngungsbetriebes.* Vortrag im Rahmen eines Diplomanden– und Dissertantenseminars des Institutes für Waldwachstumsforschung an der Universität für Bodenkultur, Wien, 1992.

[12] JOHANN, K.: *Zur Frage des Zuwachses in Fichtenbetriebsklassen mit Naturverjüngung.* Vortrag auf der Tagung des Forstvereins für Oberösterreich und Salzburg, Aigen, Oberösterreich, 1992.

[13] KENK, G.: *Der Volumen- und Wertzuwachs im Stadium der natürlichen Verjüngung eines Kiefern-Tannen-Bestandes durch den Schirmkeilschlag in Langenbrand/Nordschwarzwald.* Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 159(8):154–164, 1988.

[14] LOIDL, W.: *Alternativer Kunst- und Naturverjüngungsbetrieb in einem fichtenreichen Gebirgsrevier.* Allgemeine Forstzeitung, 95(2):36–38, 1984.

[15] POLLANSCHÜTZ, J.: *Erste ertragskundliche und wirtschaftliche Ergebnisse der Fichten-Pflanzweiteversuches Hauersteig.* In: *100 Jahre Forstliche Bundesversuchsanstalt*, Seiten 99–171. Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien, 1974.

[16] POLLANSCHÜTZ, J.; NATHER J.: *Ertragskundliche und lichtökologische Untersuchungen im Raume Litschau.* In: *Naturverjüngung im Mischwald, Bestandesumbau sekundärer Kiefernwälder*, Seiten 71–126. Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien, 90. Heft, 1970.

[17] REININGER, H.: *Zielstärken-Nutzung.* Österr. Agrarverlag, 1989.

[18] REININGER, H.: *Plenterprinzip I – Synthese von Waldbau und Betriebswirtschaft.* Österreichische Forstzeitung, 101(1):24–26, 1990.

[19] RICHTER, J.; ENGINEER, S.: *Modellrechnungen zur Zielstärkennutzung.* Allgemeine Forstzeitschrift, 47(4):193–179, 1992.

[20] RINSDORF, E.: *Betriebswirtschaftliche Vorteile bei natürlicher Verjüngung.* Allgemeine Forstzeitschrift, 43(39):1059–1061, 1988.

[21] SALLINGER, E.: *Naturverjüngung und Rationalisierung.* Österreichische Forstzeitung, 104(11), 1993.

[22] SPEIDEL, G.: *Planung im Forstbetrieb.* Paul Parey, 1972.

[23] SPÖRK, J.: *Waldschonende Holzproduktion aus betriebswirtschaftlicher Sicht.* Allgemeine Forstzeitung, 97(10):297–299, 1986.

[24] STERBA, H.: *Ertragskundliche Überlegungen zur Zielstärkenernte.* Allgemeine Forstzeitung, 89(11):382–385, 1978.

[25] STERBA, H.: *Kahlschlagbetrieb oder Einzelstammnutzung – Was sagen Theorie und Daten dazu ?* Allgemeine Forstzeitung, 95(11):339–340, 1984.

[26] THOMASIUS, H.: *Prinzipien eines ökologisch orientierten Waldbaues.* Forstwissenschaftliches Centralblatt, 111(3):141–155, 1992.

FBVA-BERICHTE
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

1991 55 Wiesinger, Rudolf; Rys, Johannes: Waldzustandsinventur: Untersuchung der Zuwachsverhältnisse an Wald- und Bestandesrändern.
Preis ÖS 60.— 60 S.

1991 56 Rachoy, Werner; Exner, Robert: Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen.
Preis ÖS 95.— 93 S.

1991 57 Smidt, Stefan; Herman, Friedl; Leitner, Johann: Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1989/90.
Preis ÖS 30.— 28 S.

1991 58 Stagl, Wolfgang; Hacker, Robert: Weiden als Prosshölzer zur Äsungsverbesserung.
Preis ÖS 60.— 56 S.

1991 59 Holzer, Kurt; Ohene-Coffie, F.; Schultze, Ulrich: Vegetative Vermehrung von Fichte für Hochlagenaufforstungen. Physiologische und phänologische Probleme der Anpassung.
Preis ÖS 75.— 73 S.

1991 60 Holzschuh, Carolus: Neue Bockkäfer aus Asien II.
63 neue Bockkäfer aus Asien, vorwiegend aus China und Thailand, (Coleoptera: Disteniidae und Cerambycidae).
Preis ÖS 140.— 71 S.

1992 61 Stagl, Wolfgang: Auswertung der "Trakte" zum Staatsvertrag "Vereinbarung zwischen Bund und dem Land Kärnten über gemeinsame Maßnahmen zur Sicherung eines ausgewogenen Verhältnisses von Wald und Wild".
Preis ÖS 105.— 62 S.

1992 62 Jeglitsch, Friedrich: Wildbachereignisse in Österreich 1983-1985.
Preis ÖS 75.— 72 S.

1992 63 Fürst, Alfred: Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden - Beobachtungssystems. Ergebnisse 1989.
Preis ÖS 40.— 37 S.

1992 Sonderheft1 Dragovic, Nada: Terminologie für die Wildbachverbauung. Fachwörterbuch deutsch - serbokroatisch. Terminologija Uredjenja Bujicnih Tokova. Recnik Strucnih Termina Srpskohrvatsko - Nemacki.
Preis ÖS 50.— 43 S.

1992 64 Jeglitsch, Friedrich: Wildbachereignisse in Österreich 1986-1988.
Preis ÖS 95.— 91 S.

1992 65 Nather, Johann (Hrsg.): Proceedings of the meeting of IUFRO - WP S2.02-21 on "Actual problems of the legislation of forest reproductive material and the need for harmonization of rules at an international level". Gmunden / Vienna - Austria, June 10. - 14. 1991.
Preis ÖS 200.— 180 S.

1992 66 Jeglitsch, Friedrich: Wildbachereignisse in Österreich 1989.
Preis ÖS 60.— 60 S.

1992 67 Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal. Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofil Zillertal".
Preis ÖS 180.— 152 S.

1992 68 Luzian, Roland: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1987/88, 1988/89, 1989/90, 1990/91.
Preis ÖS 200.— 188 S.

1992 69 Holzschuh, Carolus: Neue Bockkäfer aus Asien III.
57 neue Bockkäfer aus Asien. Vorwiegend aus China, Thailand und Vietnam (Coleoptera, Cerambycidae).
Preis ÖS 120.— 63 S.

1992 70 Ökosystemare Studien im Kalkalpin. Erste Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofile Achenkirch".
Preis ÖS 100.— 103 S.

1992 71 Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem. Beiträge zum WBS-Seminar vom 23. April 1992.
Preis ÖS 115.— 111 S.

1992 72 Voshmgir, D. (Bearb.). Das Schrifttum der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. Teil IV: 1974 bis 1990.
Preis ÖS 80.— 115 S.

1993 73 Müller, F. Auswahl und waldbauliche Behandlung von Gen-Erhaltungswäldern.
Preis ÖS 25.— 24 S.

1993 74 Lawinenbericht 1991/92. Dokumentation und Fachbeiträge.
Preis ÖS 80.— 110 S

1993 75 Holzschuh, C. Neue Bockkäfer aus Europa und Asien IV.
60 neue Bockkäfer aus Asien, vorwiegend aus China und Thailand (Coleoptera:Cerambycidae).
Preis ÖS 100.— 63 S.

1994 76 Schadauer, K. Baumartenatlas für Österreich.
Die Verbreitung der Baumarten nach Daten der Österreichischen Waldinventur.
Preis ÖS 200.— 160 S.

1994 77 Kaiser, A. Projekt "Höhenprofil Zillertal"
Analyse der vertikalen Temperatur- und Windstruktur und ihr Einfluß auf die Immissionskonzentrationen
Preis ÖS 80.— 95 S.

1994 78 Herman, Friedl; Smidt, Stefan: Ökosystemare Studien im Kalkalpin. Höhenprofil Achenkirch. Ergebnisse aus dem Bereich Phyllosphäre
Preis ÖS 120.— 134 S.

1994 79 Fürst, Walter; Johann, Klaus: Modellkalkulationen zum Naturverjüngungsbetrieb
Preis ÖS 55.— 53 S.