

**Naturnahe Waldwirtschaft und deren Auswirkung auf das
Ökosystem Wald; eine ökologische, waldwachstumskundliche,
forsttechnische und sozioökonomische Studie.**

GZ. 56.810/08-VA2b/96 und 56.810/09-VA2b/97

Endbericht

Peter Daxner, Adolf Gutmann, Herbert Hager, Franz Kroiher, Wolfgang Sagl,
Karl Stampfer und Hubert Sterba

Inhaltsverzeichnis

1. PROBLEMSTELLUNG	3
2. DATEN	4
2.1. Baum- und bestandesbezogene Daten	4
2.1.1. Bodenkundliche Erhebungen.....	4
2.1.2. Waldwachstumskundliche Erhebungen.....	5
2.1.3. Vegetationskundliche Erhebungen	6
2.1.4. Erhebungen der Baumbiomasse und -nährstoffmengen	6
2.2. Sozioökonomische Erhebungen	7
2.2.1. Fragebogen	7
2.2.2. Vergleich von Kosten und Erträgen zwischen Schlagwald und Dauerwald	8
2.2.3. Forsteinrichtung Fallstudie Lehrforst	8
2.3. Erhebungen zur Nutzungstechnik	8
2.3.1. Untersuchungsobjekt und Methodik, Versuchslayout.....	8
2.3.2. Datenerhebung.....	12
3. BERECHNUNGEN	17
3.1. Ökologische Parameter	17
3.1.1. Diversität in der Krautschicht.....	17
3.1.2. Charakterisierung der Verjüngung	18
3.1.3. Biomasse und Nährstoffkompartimentierung.....	18
3.1.4. Ertragskundliche Kennzahlen und Strukturindices der Baumschicht	20
3.2. Sozioökonomische Charakteristika	20
3.2.1. Fragebogen - Auswertung	20
3.3. Ableitung der Nutzungsmodelle	20
3.4. Wachstumssimulation	21
4. ERGEBNISSE	24
4.1. Diversität der niederen Vegetation	24
4.1.1. Shannon-Wiener Index und Evenness Index.....	24
4.2. Struktur der Verjüngung	24
4.3. Bestandesstruktur	27
4.4. Nährstoffkompartimentierung	28
4.4.1. Stickstoff.....	33
4.4.2. Kalium	34
4.4.3. Phosphor	35
4.4.4. Kalzium	36
4.4.5. Magnesium	37
4.4.6. Schwefel	38
4.4.7. Aluminium.....	39
4.4.8. Eisen	40
4.4.9. Mangan	41
4.4.10. Zusammenfassung	42

4.5. Nutzungsmodelle.....	42
4.5.1. Motor-manuelle Fällung im Sortimentsverfahren	42
4.5.2. Rückung mit Schlepper im Sortimentsverfahren.....	43
4.5.3. Baumverfahren im Seilgelände mit Prozessorkippmast.....	44
4.5.4. Kostenberechnung	45
4.6. Schäden infolge der Nutzung.....	46
4.6.1. Bodenschäden.....	46
4.6.2. Schäden an der Verjüngung.....	46
4.6.3. Schäden am Bestand.....	48
4.7. Zuwachs und Ertrag.....	49
4.8. Betriebsumfrage	52
4.8.1. Allgemeines	52
4.8.2. Vergleich: DAUERWALD (DW) – SCHLAGWALD (SW).....	53
4.8.3. Gesamtbeurteilung.....	65
4.9. Modell-Vergleichsrechnung SW – DW.....	70
4.9.1. Gegenüberstellung 100% SW – 100% DW.....	70
4.9.2. Gegenüberstellung der Deckungsbeiträge bei unterschiedlichem DW-Anteil.....	71
4.9.3. Erfolgsrechnung SW – DW	71
5. KOSTEN UND ERTRÄGE - VERGLEICH ZWISCHEN SIMULATIONSRECHNUNGEN UND BEFRAGUNG	72
6. DER LEHRFORST DER UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN ALS FALLSTUDIE FÜR FORSTEINRICHTUNG IM ÜBERGANGSMODELL SW–DW74	
6.1. Bildung von Befundeinheiten	74
6.2. Erhebungen	74
6.3. Methodische Schlußfolgerungen	75
6.4. Analyse des Verjüngungspotentials	75
6.4.1. Versuchsflächen	75
6.4.2. Stichprobeninventuren.....	75
6.4.3. Taxation.....	77
6.4.4. Verjüngungsinventur auf permanentem Stichprobennetz	78
6.4.5. Schlußbemerkung	78
7. ZUSAMMENFASSENDE SCHLUSSFOLGERUNGEN	79
7.1. Diversität	79
7.2. Nährstoffkompartimentierung.....	79
7.3. Nutzungsmodelle.....	79
7.4. Wachstumssimulationen	80
7.5. Kosten und Erträge	80
8. LITERATURVERZEICHNIS	82
9. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	86
10. TABELLENVERZEICHNIS	88

1. Problemstellung

Naturnähe einer Wirtschaftsform wird i.A. als eine Möglichkeit gesehen, durch nur geringfügige Eingriffe in das Ökosystem seine Stabilität und Resilienz weitestgehend zu erhalten. Dadurch soll auch den Ansprüchen eines erweiterten Nachhaltigkeitsbegriffes, wie in Rio bzw. im europäischen Kontext in Helsinki formuliert, besser entsprochen werden.

Naturnähe wird nun einerseits im Sinne einer Baumartenzusammensetzung verstanden, die sich weitgehend an der natürlichen potentiellen Waldgesellschaft (Grabherr et al. 1998) orientiert, und so dem Prinzip der Diversität des Waldökosystems Rechnung trägt. Zum anderen wird naturnahe Waldwirtschaft aber auch als Wirtschaftsform verstanden, die durch Abgehen vom Kahlschlag und weitgehende einzelstammweise Nutzung die Nachhaltigkeitskriterien auf kleinstem Raum, nämlich auf der Ebene des Bestandes, erfüllt. Während sich bereits eine Reihe von Forschungsvorhaben, u.a. eben auch der Spezialforschungsbereich Waldökosystemsanierung an der BOKU-Wien, mit den Fragen des Wirtschaftens im Mischbestand gegenüber jenem im Reinbestand beschäftigen, sollte sich das gegenständliche Forschungsprojekt mit der Dauerwaldwirtschaft, bzw. mit dem Übergang von der Kahlschlagwirtschaft auf diese, befassen.

Ökologische, insbesondere boden- und vegetationskundliche Auswirkungen und Unterschiede zwischen den beiden Bewirtschaftungsformen sollten untersucht werden. Waldwachstumskundliche Aspekte sollten einerseits als Grundlage zur Beschreibung der Nährstoffkreisläufe (Kompartimentierung) und andererseits, ebenso wie die forsttechnischen Untersuchungen, die Grundlagen für die ökonomische Beurteilung der beiden Wirtschaftsweisen, bzw. deren Übergänge, liefern. Letztendlich sollten sozioökonomische Überlegungen die Erwartungen der Forstbetriebe an eine Naturnahe Waldwirtschaft den Ergebnissen der Studie gegenüberstellen und damit einen Raster definieren helfen, in dem sich Forsteinrichtung im Sinne von Planung und Kontrolle in solchen Betrieben versteht, die entweder Dauerwaldwirtschaft betreiben bzw. eine solche anstreben.

2. Daten

2.1. Baum- und bestandesbezogene Daten

Jene Datenerhebungen, die sich auf die Bestandesebene beziehen sollten, also die boden- und vegetationskundlichen Erhebungen, die waldwachstumskundlichen Messungen, und die notwendige Grundlagenbeschaffung für die Biomassen- und Nährstoffkompartimentierung, wurden in einem, an das Wuchsreihenkonzept von Assmann (1961) angelegten Versuchsdesign durchgeführt. In zwei Regionen (Hebalm, St. Oswald o.E. - Soboth Stmk.) wurde je eine, jeweils 4 Entwicklungsstadien umfassende Reihe des Kahlschlagbetriebes und eine solche des Überganges vom Kahlschlag zum Dauerwald gebildet (Tabelle 1).

Tabelle 1: Die Entwicklungsstadien der Wuchsreihen im Kahlschlagbetrieb und im Übergang vom Kahlschlagbetrieb zum Dauerwald.

Kahlschlagreihe	Übergangsreihe
* Schlagfläche	* Altholz mit Verjüngung < 1,3 m
* Stangenholz	* Altholz mit Verjüngung > 1,3 m
* Baumholz	* Zweischichtbestand
* Altholz ohne Verjüngung	* Bestand mit Plenterstruktur

Für jedes dieser Entwicklungsstadien wurde in jedem der beiden Gebiete jeweils ein Bestand gesucht, in dem eine Probefläche zwischen 400 und 1600 m² Größe (in Abhängigkeit von der Bestandeshöhe) angelegt wurde. Bei der Auswahl der Probeflächen wurde weiters darauf geachtet, daß diese sich hinsichtlich ihrer Lage (submontan, nordexponiert, Mittelhänge), ihrer Neigung (mit Traktor befahrbar), ihrer Bonität (Fichtenbonität Bruck zwischen 8 und 10), des Bodens (podsolige Braunerden, Semipodsole) und der Baumartenzusammensetzung (hauptsächlich Fichte) möglichst wenig unterscheiden.

2.1.1. Bodenkundliche Erhebungen

Auf jeder Probefläche wurden im Sommer 1997 Auflagehumus- und Mineralbodenproben an drei (Plenterwaldfläche Soboth: sechs) zufällig ausgewählten Stellen entnommen. Der Auflagehumus wurde in 30x30 cm Rahmen geworben und nach Vegetation, M-Schicht und wo möglich nach L/F, und H Schicht getrennt. Die Proben wurden in Plastiksäcke verpackt und bei 4°C gekühlt gelagert. Die Mineralbodenproben wurden mittels Bodenbohrer (7 cm Durchmesser) geworben, in Styroporschalen verpackt und ebenfalls bei 4°C gelagert.

Im Labor der Institutes für Waldökologie erfolgte die Aufarbeitung der Mineralbodenproben nach den geometrischen Horizonten 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm und 20-40 cm. An bodenphysikalischen Parametern wurden Grob- und Feinbodenanteil sowie das Wurzelgewicht in den Horizonten untersucht. Für jeden Horizont wurde der pH-Wert (H₂O und 0.1 mol CaCl₂-Lösung) gemessen.

Tabelle 2 gibt eine Übersicht, welche Nährstoffgehalte im Labor für Waldökologie bestimmt wurden.

Tabelle 2: Übersicht über die Art der gewonnenen Proben und die im Labor des Institutes für Waldökologie an der Universität für Bodenkultur bestimmten Nährstoffgehalte. Die dabei verwendeten Geräte sind ¹ 2300 Kjeltec
² Leco SC-444
³ ICP Optima 3000

	N ¹	C ²	S ²	P ³	Mg ³	Ca ³	K ³	Na ³	Fe ³	Al ³	Mn ³	pH
Nadeln	3		3	3	3	3	3	3	3		3	
Äste	3			3	3	3	3					
Rinde	3			3	3	3	3					
Schaftholz	3			3	3	3	3					
Vegetation	3			3	3	3	3	3	3	3	3	
Auflage	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Mineralboden 0-5cm	3	3	3		3	3	3	3	3	3	3	
Mineralb. 5-10cm	3	3			3	3	3	3	3	3	3	
Mineralb. 10-20cm	3	3			3	3	3	3	3	3	3	
Mineralb. 20-40cm	3	3			3	3	3	3	3	3	3	

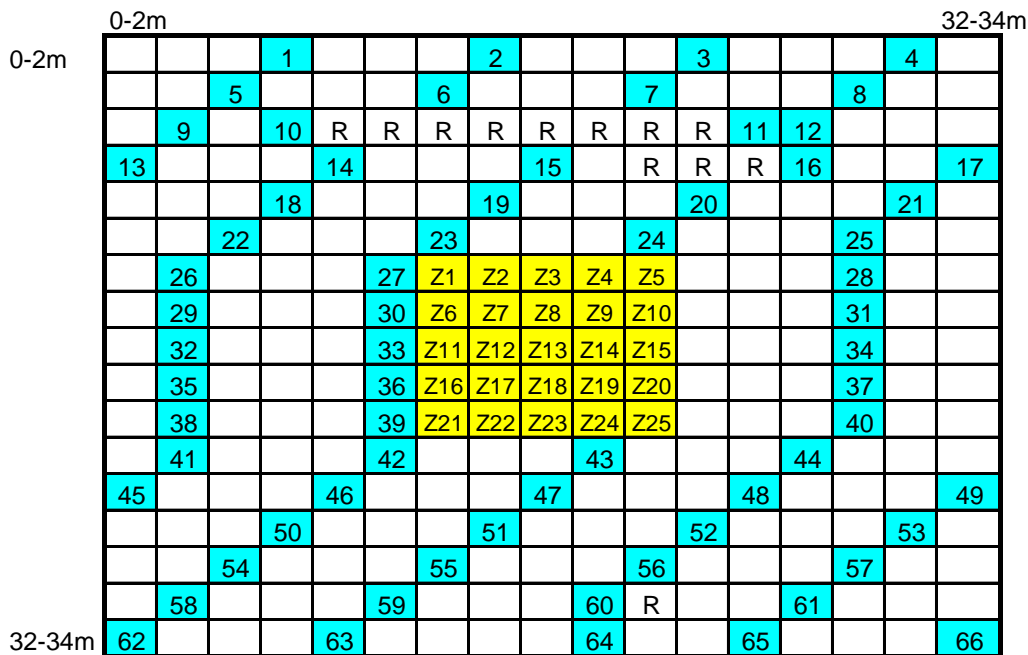
2.1.2. Waldwachstumskundliche Erhebungen

In allen Probeflächen (mit Ausnahme der Kahlflächen) wurden alle Bäume ab Brusthöhe koordinativ erfasst, die Baumart und eventuelle Schaftschäden angesprochen, der Brusthöhendurchmesser (BHD), der Kronenansatz und die Scheitelhöhe gemessen. Alle übrigen Bäume wurden im Rahmen der Verjüngungserhebung registriert. Dazu wurden alle Probeflächen in Quadrate von 2m Seitenlänge eingeteilt, und je nach Häufigkeit und Verteilung der Verjüngung wurden alle oder eine Stichprobe der Quadrate ausgezählt. Abbildung 1 gibt ein solches Beispiel einer stichprobenweisen Verjüngungserhebung wieder.

In den ausgewählten Quadraten wurde die Verjüngung nach den Kategorien Baumart (Fichte, Tanne, Lärche, Buche, Bergahorn und Eberesche) und nach den Höhenkategorien (Sämlinge, <20cm, 20-50cm, 50-100cm, 100-130cm, 130-200cm, und dann in 1m-Klassen bis 8m ausgezählt.

C1 (Altbestand Verj. < 1,3 m)

Verjüngungsdesign



$66 \cdot (2 \cdot 2) = 264$
 $25 \cdot (2 \cdot 2) = 100$

Abbildung 1: Stichprobenweise Verjüngungserhebung am Beispiel eines Altbestandes

2.1.3. Vegetationskundliche Erhebungen

Auf jeder Probefläche wurde die niedere Vegetation, sofern vorhanden, aufgenommen. Es wurde dabei der prozentuelle Bedeckungsgrad der niederen Vegetation und der prozentuelle Anteil jeder Pflanzenart geschätzt.

2.1.4. Erhebungen der Baumbiomasse und -nährstoffmengen

Für die Nährstoff- und Biomassenkompartimentierung wurden anhand jener 36 Fichten, die im Zusammenhang mit der Generalsynopse der FIW II und dem SFB-Waldökosystemsanierung (Sterba und Eckmüllner 1998) geworben worden waren, Funktionen zur baumweisen Schätzung der Biomassenkomponenten abgeleitet und anhand der Arbeiten von Krapfenbauer und Buchleitner (1981) und Bauer (1989) überprüft. Zur Ermittlung der Nährstoffgehalte und -mengen wurden weiters im Herbst 1997 auf jeder Probefläche 3 Fichten und zwar jeweils ein Oberhöhenbaum, ein Baum aus der Mittelschicht und der Unterschicht geschlägert. Von jedem Baum wurde die Gesamthöhe, die Höhe des Kronenansatzes sowie die Längen der letzten 15 Terminaltriebe gemessen. Stammscheiben wurden von den Kronenansätzen und zwischen den ausgeformten Sortimenten gewonnen. Weiters wurde aus der Mitte eines jeden Kronendrittels ein Ast mit mittlerem Durchmesser geworben, von dem die Masse des benadelten bzw. des unbenadelten Astteiles bestimmt

wurde. Von dem benadelten bzw. unbenadelten Astteil wurde eine Mischprobe geworben. Von jedem Baum wurden Rinden- und Holzmischproben gewonnen.

Alle Proben wurden nach ihrem Nährstoffgehalt im Labor für Waldökologie, Universität für Bodenkultur, untersucht. Tabelle 2 gibt Aufschluß über die vorgenommenen Analysen.

Bei der Plenterwaldfläche in St. Oswald ob Eibiswald wurden zusätzlich 6 Tannen geschlägert. Die Aufnahmen und Probenwerbung erfolgte wie bei Fichte. Zusätzlich wurden mittels 3P-Sampling (Eckmüller 1987) bei drei Ästen aus jedem Kronendrittel die Gesamtmasse des Astes und die Masse des benadelten bzw. unbenadelten Astteiles bestimmt (Abb. 2).

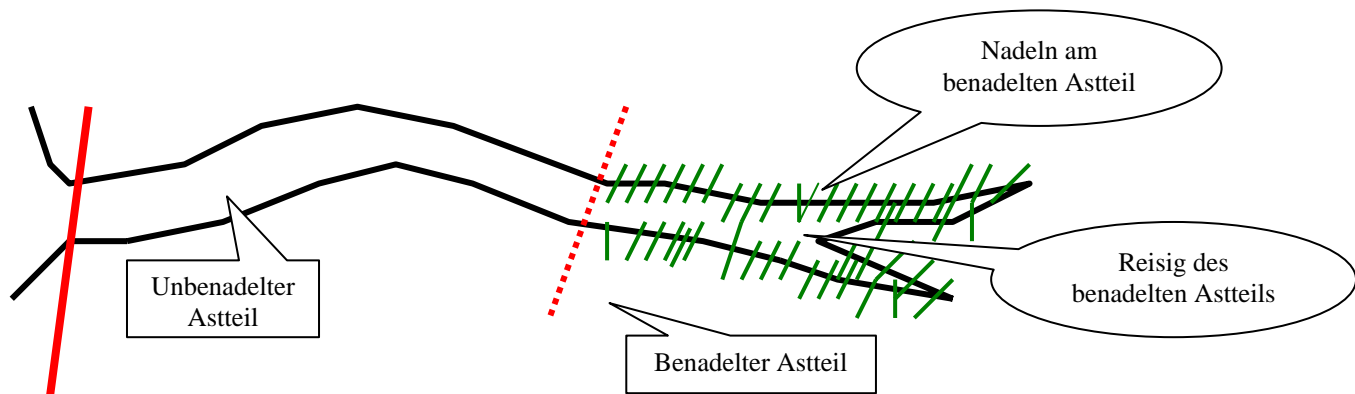


Abbildung 2: Fraktionen der geworbenen Probeäste

2.2. Sozioökonomische Erhebungen

2.2.1. Fragebogen

Im Zentrum der empirischen Untersuchungen steht die Gewinnung eines exemplarischen durch Befragung gewonnenen Aussagenspektrums über Dimensionen und Merkmale von Dauerwaldbetriebssystemen im Vergleich zu Schlagwaldbetriebssystemen. Dieses Spektrum soll soweit wie möglich mit quantifizierten Daten und Unterschieden der beiden zu vergleichenden Betriebssysteme ergänzt werden.

Um das Projektziel zu erreichen, wurde zuerst an den Definitionen von Schlagwald und Dauerwald gearbeitet. Anschließend wurde ein Fragebogen erstellt, welcher die Beurteilung der Chancen und Risiken für den Dauerwald aus der Sicht eines interessierten Betriebsleiters zum Inhalt hat. Dieser Fragebogen wurde Mitte Juli 1998 an 32 privaten Forstbetriebe, die sich größtenteils im Waldviertel oder in der Steiermark befinden, zur kritischen Durchsicht geschickt. Elf Betriebe brachten Verbesserungsvorschläge hinsichtlich des Inhaltes und der Sprache des Fragebogens ein. Im September 1998 wurden die korrigierten Fragebogen samt einem Glossar und einer Anleitung zur Ausfüllung des Fragebogens an dieselben 32 Forstbetriebe zur Beantwortung ausgeschickt und durch persönliche Interviews ergänzt. 28 zurückgesandte Fragebögen konnten für das Projekt ausgewertet werden.

2.2.2. Vergleich von Kosten und Erträgen zwischen Schlagwald und Dauerwald

Die Kosten und Ertragsberechnungen basieren auf den Simulationsergebnissen des Projektteiles Waldwachstumsforschung und den Ernte- und Rückemodellen aus dem Projektteil Forsttechnik.

2.2.3. Forsteinrichtung Fallstudie Lehrforst

Es wurden Übergangsprobleme für die räumliche Einteilung und Methoden der Verjüngungsinventur, die beim Wechsel der Betriebssysteme wichtig sind, analysiert und in den Bericht aufgenommen.

2.3. Erhebungen zur Nutzungstechnik

2.3.1. Untersuchungsobjekt und Methodik, Versuchslayout

Aus dem Ziel der Untersuchung, der Erstellung von Produktivitäts- und Schadensmodellen für Holzerntemaßnahmen in naturnah bewirtschafteten Wäldern, ergibt sich eine mehrfache Gliederung der Versuchsanlage:

Einerseits muß zwischen den Untersuchungen zur Ermittlung der Produktivitäten - und in weiterer Folge der Kosten der angewandten Holzernteverfahren - andererseits den Aufnahmen für die Beurteilung der entstehenden Schäden differenziert werden. Weiters ist es erforderlich, bei den Studien zur Gewinnung der Produktivitätsdaten zwischen den einzelnen Holzernteverfahren zu unterscheiden, die sich in verschiedenen Ebenen (Schlägerung, Rückung) von einander abheben (Abbildung 3). Da Experimente die Grundlage der Produktivitätsstudien darstellen, müssen diese systematisch geplant werden. Erst dadurch kann eine möglichst treffende Aussage erreicht werden (Stahel, 1995; Heinimann, 1998).

Die Ermittlung der Schäden an Boden, Verjüngung und verbleibendem Bestand erfolgt aus Gründen der Vergleichbarkeit und der Vereinfachung der Datenaufnahme auf allen Flächen gleich.

2.3.1.1. Produktivitätsstudien

Um die Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen der Produktivitätsstudien für die betrachteten Holzernteverfahren sicherzustellen, wird bei allen Aufnahmen vom gleichen Zeitkonzept ausgegangen. Da jeweils das Arbeitssystem im Mittelpunkt der Überlegungen steht, wird auf eine Unterteilung in Arbeitsablaufabschnitte verzichtet. Die statistische Auswertung erfolgt ausschließlich über die produktive Arbeitszeit (PSH_0). Um auch Produktivitätsaussagen in Bezug auf die PSH_{15} machen zu können, wird für jedes Holzernteverfahren über die gesamte Aufnahmezeit ein Umrechnungsfaktor von PSH_0 auf PSH_{15} ermittelt (Tabelle 3).

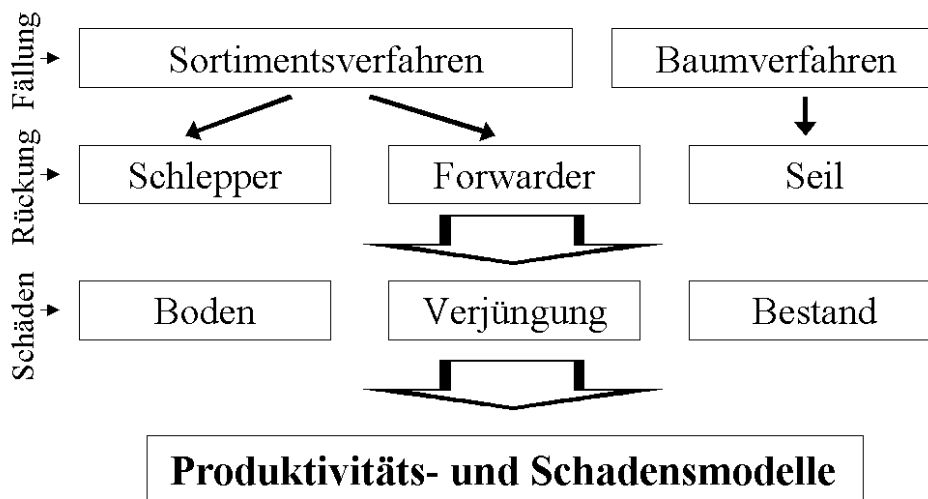


Abbildung 3: Versuchsaufbau.

Tabelle 3: Zeitkonzept.

Name	Beschreibung	Einheit
PSH ₀	Produktive Arbeitszeit. Alle jene Arbeitstätigkeiten, die ausschliesslich dem Arbeitsfortschritt dienen.	min
Unterbrechungen < 15	Unterbrechungen der Arbeitstätigkeit bis zu 15 min. PSH ₀ und Unterbrechungen < 15 min ergibt die PSH ₁₅ .	min
Unterbrechungen > 15	Unterbrechungen der Arbeitstätigkeit von mehr als 15 min. Entspricht der unproduktiven Systemstunde (USH).	min

Als Beobachtungseinheit wird der für die Schlägerung der Einzelbaum, für die Rückung die Fuhre gewählt, und jeweils spezifisch auf das Ernteverfahren abgestimmte Antwortvariablen, Faktoren und Kovariaten aufgenommen bzw. berechnet (Tabelle 4, Tabelle 5, Tabelle 6).

Die Gesamte Produktivität wird jeweils aus der Antwortvariablen *zyklus* und einem Mengenbezug (*baumvol* oder *fuhrvol*) nach der Formel $PSH_0 = vol / zyklus * 60$ berechnet und dann als Antwortvariable weiter verwendet.

2.3.1.1.1. Motormanuelle Fällung im Sortimentsverfahren

Tabelle 4: Antwortvariablen, Faktor und Kovariaten für die motormanuelle Fällung im Sortimentsverfahren.

Typ	Name	Beschreibung	Einheit
<i>Antwortvariablen</i>	<i>zyklus</i>	Gesamte Zeit pro Baum für Fällung und Aufarbeitung; Produktive Systemzeit	min
	<i>baumvol</i>	Baumvolumen in Rinde	fm
	<i>prod</i>	$baumvol / zyklus * 60$	fm/h
FAKTOR	BETRIEB	Bewirtschaftungsart: (0) Naturnah, (1) Kahlschlag	
<i>Kovariaten</i>	<i>bhd</i>	Brusthöhendurchmesser des Baumes, abgerundet	cm
	<i>hoehe</i>	Baumhöhe	m
	<i>beast</i>	Beastungsprozent; gemessen ab dem ersten Quirl aus mind. 3 Ästen, der mit der Motorsäge entfernt wird	%
	<i>sort</i>	Anzahl der ausgeformten Sortimente	n

Wie aus der Tabelle 4 ersichtlich ist, wird der Faktor BETRIEB im Versuchslayout berücksichtigt, d.h. es wurden sowohl Daten von naturnah bewirtschafteten Flächen als auch von Schlägerungen bei herkömmlicher Bewirtschaftung gewonnen. Durch die Einführung des Faktors soll der Unterschied zwischen den Bewirtschaftungsarten quantifiziert werden.

Als Merkmale zur Beschreibung des geschlägerten Baumes (bzw. in der Folge des Bestandes) werden die Kovariaten *bhd* (Brusthöhendurchmesser, abgerundet auf ganze cm), *hoehe* (Baumhöhe), *beast* (Beastungsprozent) und *sort* (Anzahl der ausgeformten Sortimentsstücke je Baum) verwendet (Tabelle 4).

2.3.1.1.2. Sortimentsrückung mit Schlepper

Tabelle 5: Antwortvariablen und Kovariaten für die Sortimentsrückung mit Schlepper.

Typ	Name	Beschreibung	Einheit
Antwortvariablen	<i>zyklus</i>	Gesamte Zeit je Ruckezyklus; Produktive Systemzeit	min
	<i>fuhrvol</i>	Gesamtes Fuhrvolumen pro Ruckezyklus in Rinde	fm
	<i>prod</i>	$fuhrvol / zyklus * 60$	fm/h
Kovariaten	<i>dist</i>	Rückedistanz pro Zyklus; jeweils zum am weitesten entfernten Punkt der Rückegasse (z.B. Umkehrplatz)	m
	<i>zuzug</i>	Seitliche Zuzugsdistanz pro Zyklus; Entfernung des am weitesten entfernten Sortimentsstück vom Schlepper (Seilwindenrolle)	m
	<i>stkvol</i>	Mittleres Volumen pro Stück pro Fuhre in Rinde	fm
	<i>fuhrvol</i>	Gesamtes Fuhrvolumen pro Ruckezyklus in Rinde	fm
	<i>stk</i>	Anzahl der angehängten Sortimentsstücke	n

Als wesentliche Einflußfaktoren auf die Leistung bei der Schlepperrückung im Sortimentsverfahren werden die Rückedistanz (weiteste Leerfahrtdistanz), die seitliche Zuzugsdistanz, das mittlere Stückvolumen, das Fuhrvolumen und die Anzahl der angehängten Sortimentsstücke betrachtet und daher als Bezugsgrößen während der Arbeitsstudie aufgenommen.

2.3.1.1.3. Baumverfahren mit Prozessorkippmastgerät

Tabelle 6: Antwortvariablen und Kovariaten für das hochmechanisierte Baumverfahren mit Prozessorkippmast.

Typ	Name	Beschreibung	Einheit
Antwortvariablen	<i>zyklus</i>	Gesamte Zeit je Ruckezyklus; Produktive Systemzeit	min
	<i>fuhrvol</i>	Gesamtes Fuhrvolumen je Ruckezyklus (in Rinde)	fm
	<i>prod</i>	$fuhrvol / zyklus * 60$	fm/h
Kovariaten	<i>dist</i>	Rückedistanz pro Zyklus; Längste Schrägdistanz zwischen Landeplatz und Position des Laufwagens während des Zuzuges	m
	<i>zuzug</i>	Seitliche Zuzugsdistanz pro Zyklus; Entfernung des am weitesten entfernten Baumes von der Trassenmitte (Seillinie)	m
	<i>baumvol</i>	Mittleres Volumen pro Baum pro Fuhre in Rinde	fm
	<i>wipfel</i>	Anzahl der angehängten Wipfelbruchstücke	n
	<i>stk</i>	Anzahl der angehängten Bäume und Wipfelbruchstücke	n

Für das hochmechanisierte Holzernteverfahren mit dem Prozessorkippmastgerät werden Variablen zur Beschreibung der genutzten Bäume verwendet (Brusthöhendurchmesser, Höhe), die allerdings für die weitere Auswertung gleich in der Kovariate *stkvol* zusammengefaßt werden, da diese über eine höhere Aussagekraft für die Leistungsauswertungen verfügt.

Die übrigen Kovariaten sind - entsprechend den Kovariaten der Schlepperrückung und allgemeinen Erfahrungen bei der Seilrückung - zur Beschreibung der Rückebedingungen geeignet, zusätzlich wird eine Kovariate *wipfel* als Teil der Kovariate *stk* verwendet (Stampfer und Daxner, 1998; Trzesniowski, 1994).

2.3.2. Datenerhebung

Nach der Auswahl der Probeflächen erfolgt die Vorbereitung der Flächen, indem im Abstand von 5 Metern beiderseits der Rückegasse bzw. Seiltrasse ein Grundraster von 20*20 Metern dauerhaft markiert (verpflockt) wird. Jeder Pflock bekommt eine eindeutige Kennung zugewiesen, das Grundraster dient als Bezugseinheit für alle weiteren Aufnahmen.

2.3.2.1. Produktivitätsstudien

Die Zeitaufnahmen im Fortschrittszeitverfahren erfolgen durch einen Zeitnehmer mit einem mobilen Datenerfassungsgerät (Latschbacher EG20), der nach Möglichkeit auch die erforderlichen Bezugsgrößen aufnimmt. Wo dies nicht möglich ist, werden die Bezugsgrößen durch eine weitere Aufnahmeperson im Bestand festgehalten, so können die Kovariaten entsprechend dem Versuchslayout bereitgestellt werden.

Durch die Verwendung eines mobilen Datenerfassungsgerätes können die Daten problemlos auf einen PC übertragen, nachbearbeitet und gegebenenfalls ergänzt werden. Die auf Papier festgehaltenen Bezugsgrößen werden dem jeweiligen Zyklus zugeordnet und nachträglich eingegeben.

2.3.2.2. Bodenschäden

An jeder durch das 20x20 Meter – Grundraster festgelegten Linie wird normal auf die Rückerichtung eine Linienenerhebung der Bodenprobepunkte durchgeführt (Abbildung 4).

In 1-Meter-Abständen wird jeweils ein Probepunkt von 0,3m Durchmesser (Probepunktfläche 0,07m²) betrachtet und für jeden Einzelpunkt die entsprechende Schadenskategorie festgestellt (Tabelle 7). Aus dieser Anordnung ergibt sich ein permanentes Stichprobenraster mit 500 Punkten je Hektar.

Die Erhebung wird möglichst knapp vor der Holzernte durchgeführt und nach dem Abschluß der Nutzung wiederholt.

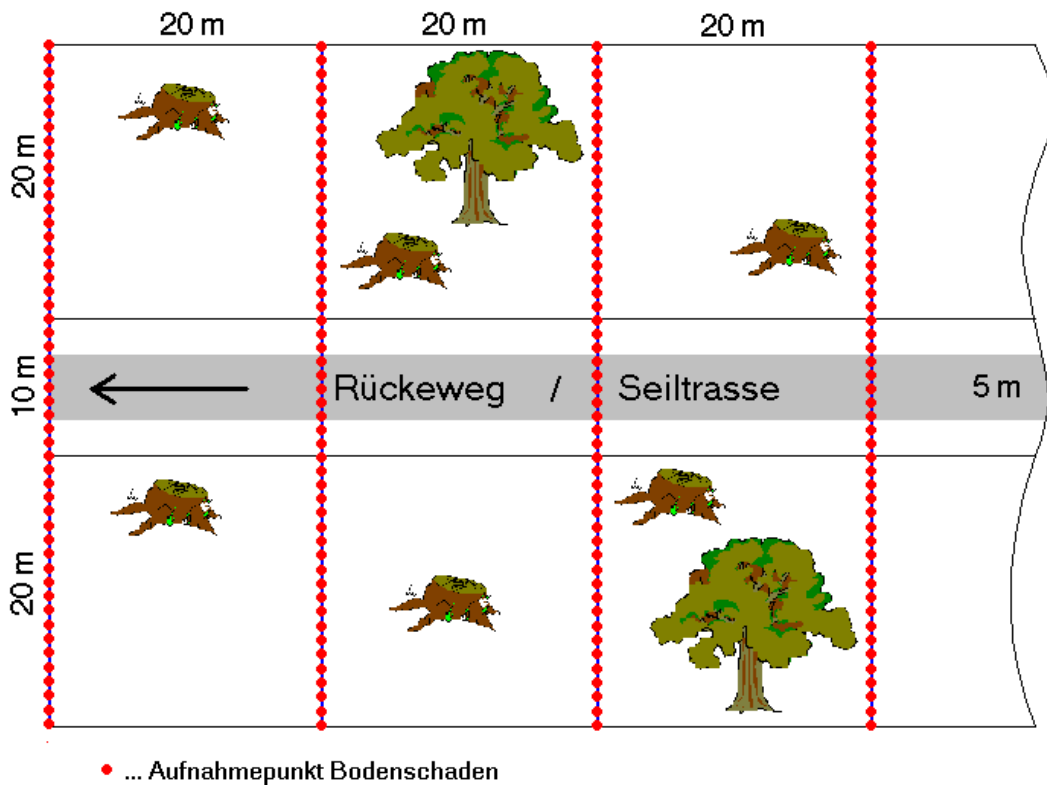


Abbildung 4: Stichprobenraster und Aufnahmeschema für Bodenschäden.

Tabelle 7: Schadensklassen für die Aufnahme der Bodenschäden.

Schadens-Klasse	Schadens-Typ	Code
Unbeschädigt		1
Humus beschädigt	Humus abgehoben	2
	Humus und Oberboden durchmischt	3
Tiefere Beschädigung	Bis zu 5 cm Tiefe	4
	5 bis 15 cm Tiefe	5
	16 bis 30 cm Tiefe	6
	über 30 cm Tiefe	7
	Unterboden freiliegend	8
Astauflage	10 bis 30 cm	9
	über 30 cm	10
Nicht Waldboden	Wurzeln, Stöcke, Bäume	11

Code 1:Humusschicht ist unberührt; keine Beeinträchtigung des Bodens durch die Ernte

Code 2:Der Oberboden ist intakt, lediglich der Humus ist durch die Ernte in seiner Lage und/oder Zusammensetzung verändert.

Code 3:Humus und Oberboden sind von der Ernte betroffen und durchmischt.

Code 4:Schäden bis zu einer Tiefe von 5 cm

Code 5, 6, 7:Schäden durch Reifen, Raupen, Sortimenten oder Ästen mit verschiedener Tiefe.

Code 8:Unterboden freiliegend, gesamte Auflage abgetragen.

Code 9, 10: .Astauflage auf dem Beobachtungspunkt bis zu 30 bzw. über 30 cm.

Code 11:Frei liegende Steine, Bäume, Baumstämme usw.; kein Bodensubstrat

2.3.2.3. Schäden an der Verjüngung

Zur Aufnahme der Verjüngungsschäden wird das verpflockte 20x20 Meter Grundraster auf der Probefläche durch ein 10x10 Meter Raster verdichtet. Jene Punkte, die zwischen den verpflockten Punkten des Grundrasters liegen, werden mit Farbspray am Boden markiert, die übrigen Zwischenpunkte verpflockt. An jedem Eckpunkt des Verjüngungsrasters wird ein fixer Probepunkt festgelegt. Der Probekreisradius wird mit 1,41 m festgelegt, woraus sich eine Probekreisfläche von 6,3 m² ergibt (Abbildung 5).

Vor der Nutzung erfolgt eine Vollaufnahme der Verjüngung, wobei die Anzahl der Bäumchen in den folgenden Höhenstufen – getrennt nach Baumarten – festgehalten wird. Es werden die Höhenstufen: -0,5m / 0,5–1m / 1–2m / 2–4m / 4–6m / 6–8m unterschieden. Sollten an den Bäumchen bereits Schäden vorhanden sein, so werden diese auch bei der Voraufnahme aufgenommen.

Nach der Nutzung erfolgt wiederum eine Vollaufnahme der Verjüngung auf allen Probepunkten, bei der die Anzahl der verbliebenen Bäumchen und die an ihnen entstandenen Schäden festgehalten wird. Dabei wird neben der Baumart und den Höhenstufen nach den aus Tabelle 8 ersichtlichen Schadenskategorien vorgegangen:

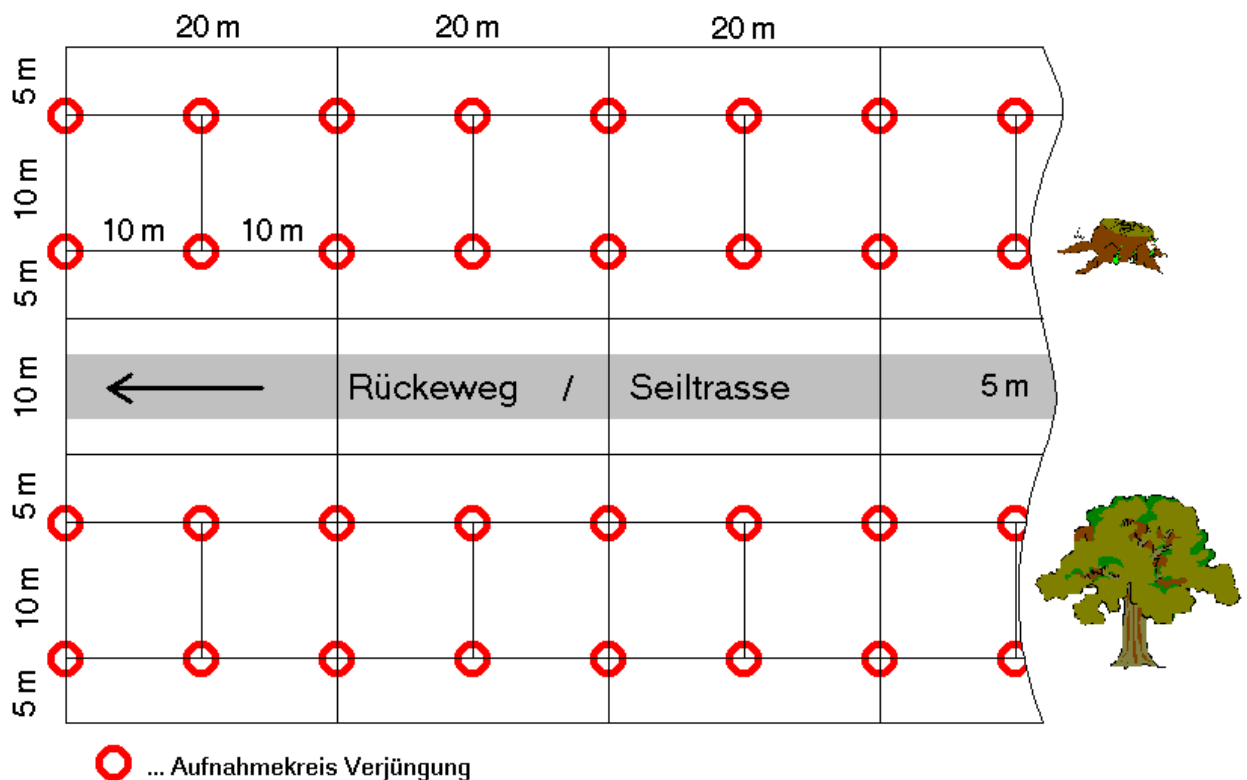


Abbildung 5: Stichprobenraster und Aufnahmeschema für Verjüngungsschäden.

Tabelle 8: *Schadenskategorien für Verjüngungsschäden.*

Schaden	Kriterien			
Rindenschaden	bis 25%	26-50%	>50% des Stammumfanges	
Astverlust	mehr als $\frac{1}{3}$ der grünen Krone			
Schrägstellung	bis 45°	über 45° aus der Vertikalen		
Bruch	Jahrestriebbruch	Wipfelbruch	Schaftbruch	
Ausfall	begraben	abgesägt	entwurzelt	unbekannt
Schadensursache	Fällung	Rückung	nicht feststellbar	

2.3.2.4. Bestandesschäden

Vor der Nutzung erfolgt eine Vollaufnahme des Bestandes, bei welcher der BHD und die Baumart jedes einzelnen Baumes sowie entweder seine Lagekoordinaten oder die Entfernung zur nächsten Rückegasse (bzw. zur Seiltrasse) festgehalten werden. Daneben wird jeder Baum eindeutig numeriert. Die Ermittlung der Lagekoordinaten bzw. Entfernung ist durch das bereits bestehende Raster von 20*20 Meter bzw. die Verdichtung von 10*10 Meter mit relativ geringem Aufwand möglich, die Aufnahme dieser Daten ermöglicht aber eine Auswertung der Schadenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Standort des Baumes.

Ist die Ermittlung der Baumvolumina für die Produktivitätsmodelle erforderlich, die Aufnahme der Baumhöhen aber während der Fällung nicht möglich, so werden für mindestens 20 Bäume jeder Baumart zufällig über den Bestand verteilt Höhen gemessen, um eine Höhenkurve berechnen zu können.

Die Vollaufnahme und Numerierung vor Beginn der Holzernte bietet den Vorteil, daß während der Fällung bzw. Rückung keine Messungen mehr durchgeführt werden müssen. Von jedem gefällten Baum wird nur die Nummer notiert, worauf alle Baumdaten verfügbar sind und die Arbeitssicherheit für den Zeitstudiennehmer wesentlich erhöht wird.

Nach der Holzernte erfolgt eine okulare Aufnahme der Schäden am verbleibenden Bestand, wobei in frisch entstandene und alte Schäden unterteilt wird. Durch die Schadensansprache nach erfolgter Nutzung nur am verbleibenden Bestand wird der Arbeitsaufwand für die Aufnahmen wesentlich verringert, da nur ein Aufnahmedurchgang erforderlich ist. Die Aufnahme erfolgt wiederum in Form einer Vollaufnahme, bei der zu den Baumnummern alle Schäden am Stamm bis zu einer Höhe von 3 Metern festgehalten werden. Die angesprochenen Merkmalsausprägungen zur Ermittlung der Schäden sind aus Tabelle 9 ersichtlich.

Tabelle 9: Aufnahmekriterien für Bestandesschäden.

Parameter	unterschiedene Merkmalsausprägungen			
Brusthöhendurchmesser				
Baumart				
Entfernung zur nächsten Rückegasse bzw. Lagekoordinaten				
Anzahl der Schäden:	neue Schäden	alte Schäden		
Ort der Schädigung:	Wurzel	Stock	0,3-1m Höhe	>1m Höhe
Schadensgröße:	<10cm ²	10-50cm ²	50-200cm ²	>200cm ²
Art der Schädigung:	Rindenverletzung	Rinde entfernt, Holzkörper sicht- bar	Holzkörper verletzt	
Schadensursache:	Fällung	Rückung	nicht feststellbar	

3. Berechnungen

3.1. Ökologische Parameter

3.1.1. Diversität in der Krautschicht

Die folgenden Diversitätsindizes wurden berechnet, um Artenvielfalt, Artendominanz und Artengleichmäßigkeit zu charakterisieren. Die Art ihrer Definition und Berechnung ist Maccurran (1978) entnommen:

Shannon-Wiener-Index:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

H' Shannon-Wiener Index

p_i relative Anteil einer Art i an der Merkmalssumme aller Arten einer Probefläche

n_i Deckungsgrad

N Summe der Deckungsgrade

Simpson-Index

$$D = \sum \frac{(n_i(n_i - 1))}{(N(N - 1))} \quad D' = \frac{1}{D}$$

D' Simpson-Index

Eveness-Index

$$E = \frac{H'}{S}$$

E Eveness-Index

S Anzahl der Arten

H' Shannon-Wiener Index

Fisher logmaritic series Index

$$\alpha = \frac{N(1 - x)}{x}$$

wobei x durch iterative Lösung der folgenden Gleichung bestimmt wird:

$$\frac{S}{N} = \frac{1 - x}{x} \cdot (-\ln[1 - x])$$

Weiters wurde überprüft, welcher Verteilung (geometrische V., logmarische V., logmaritisch normale V., broken stick V.) die einzelnen Vegetationsaufnahmen folgen.

Für jede aufgenommene Probefläche wurden mit Hilfe des Computerprogrammes „Hitab5“ die Zeigerwerte nach Karrer, Pichler, Englisch und Kilian (1990, 1991a,b, 1992) berechnet. Pflanzensoziologische Unterschiede zwischen den Probeflächen wurden nach Braun-Blanquet (Dirschke 1994, 175ff) untersucht.

Die Arten-Diversität der Baumschicht wurde nicht bestimmt, da beinahe alle Flächen bewußt als weitgehend reine Fichtenbestände ausgesucht wurden.

3.1.2. Charakterisierung der Verjüngung

Der Zweck der Verjüngungserhebungen war es, die Entwicklung der nachfolgenden Generation(en) im Bestand abschätzen auch als Folge der jeweils angewendeten Nutzungstechnik abschätzen zu können. Zu diesem Zweck wurden die Summenhäufigkeiten über der Höhe, getrennt nach Baumarten dargestellt, und zwar sowohl in den 12 untersuchten Beständen der „Wuchsreihen“ als auch in jenen Beständen, in denen auch die Produktivitätsmodelle im Sinne der Forsttechnik ermittelt werden sollten.

3.1.3. Biomasse und Nährstoffkompartimentierung

Aus den Daten der Fichtenprobestämme (Sterba und Eckmüllner 1998) ergab sich das folgende Modell als bestes zur Abschätzung der Biomassenfraktionen:

$$\ln \text{Masse} = a_0 + a_1 \ln \text{BHD} + a_2 \ln \text{KL}$$

mit der Masse in kg je Baum nach den Definitionen der Abbildung 2, dem BHD in cm und der Kronenlänge, KL, in m und den Koeffizienten der Tabelle 10:

Tabelle 10: Koeffizienten zur Biomassenschätzung von Nadeln, unbenadelten Astteilen und Reisig.

Fraktion	a_0	a_1	a_2
Nadeln	-3,741	1,280	1,052
unbenadelte Astteile	-5,448	1,855	1,213
Reisig der benadelten Astteile	-4,446	1,290	1,043

Die Schaft- und Rindenmassen wurden mit den aus Krapfenbauer und Buchleitner (1981) rückgerechneten Modellen:

$$\ln \text{Masse} = p^0 + p^1 \cdot \ln \text{BHD} + p^5 \cdot \ln \text{H}$$

mit H, der Baumhöhe in m und den Koeffizienten der Tabelle 11 abgeschätzt.

Tabelle 11: Koeffizienten zur Schätzung der Schaft- und Rindenbiomassen.

Fraktion	b ₀	b ₁	b ₂
Schaft	-4,710	1,723	1,407
Rinde	-4,371	3,514	-1,388

Zur Aufteilung nach Kronendritteln (% der jeweiligen Massen) ergaben sich für Fichte die folgenden Modelle:

Nadelmassen und Reismassen der benadelten Astteile:

-% oberes Drittel = 50,34-0,370·BHD
-% mittl. Drittel = 32,07+0,219·BHD
-% unteres Drittel: 20,12+0,585·BHD-1,503·KL

Nach Berechnung der drei Werte ist deren Summe sinnvoller Weise 100% zu setzen.

- Massen der unbenadelten Äste:
- % oberes Drittel = 17,3
 - % mittl. Drittel = 50,69+0,976·L-44,405·CR
 - % unteres Drittel: Rest auf 100 %.

mit CR dem Kronenanteil (Kronenlänge/Scheitelhöhe)

Nach einem Vergleich dieser Werte mit den 6 gefällten Tannen wurden alle Tannen der Probeflächen wie Fichten gerechnet.

Die Nährstoffkompartimente berechneten sich generell nach

$$\text{Nährstoffmasse}_j = \text{Biomasse}_j \cdot \text{Nährstoffgehalt}_j$$

Auch die Tatsache, daß die Nährstoffgehalte bei Tanne stark von den Nährstoffgehalten der Fichte abwichen, sprach dafür, zum Zweck der besseren Vergleichbarkeit, alle Tannen in den Vorratsberechnungen als Fichten zu behandeln.

Um die Nährstoffvorräte in den Nadeln berechnen zu können, war es notwendig, das Verhältnis der Masse des ersten Nadeljahrganges mit den restlichen Nadeljahrgängen gutachtlich abzuschätzen, weil die Konzentrationen nach diesen Jahrgängen getrennt bestimmt worden waren. So wurde der Nährstoffvorrat der Nadeln eines Baumes wie folgt angenähert.

$$\text{Vorrat}_{\text{Baum}} = \sum_{i=1}^{Kr} (m_{Kr} * \frac{NJ}{\sum_{j=1}^{NJ} x_j} * \text{Gehalt}_{j=1} + m_{Kr} * (1 - \frac{NJ}{\sum_{j=1}^{NJ} x_j}) * \text{Gehalt}_{j \neq 1})$$

- Kr**..... Kronendrittel
- m_{Kr}**..... Masse aller Nadeln des Krten Kronendrittels
- NJ**..... Alter des ältesten Nadeljahrgang
- x_j**..... Alter des j. Nadeljahrganges

Statt der Gewichte $NJ/\sum x_j$ wurden als Alternative auch die nach folgenden Formeln berechneten Gewichte verwendet:

$$sx_j = \sum_{i=1}^j x_i \qquad ST = \sum_{j=1}^{NJ} sx_j \qquad \text{Gewicht}_j = \frac{sx_j}{ST}$$

Die Vorratsergebnisse pro Hektar beider Formeln unterscheiden sich kaum. Für die weitere Darstellung der Ergebnisse wurden die mit den zuletzt genannten Gewichten berechneten Vorratsmengen verwendet.

3.1.4. Ertragskundliche Kennzahlen und Strukturindices der Baumschicht

An ertragskundlichen Kennzahlen wurden neben dem Hektarvorrat und der Kreisflächendichte auch noch der Stand-Density-Index nach Reineke (1933) als weitgehend alters- und bonitätsunabhängiges Bestandesdichtemaß berechnet. Sein Erwartungswert für geschlossene Fichtenbestände liegt zwischen 900 und 1100.

Als Merkmale der kleinräumigen räumlichen Verteilung wurden der Clark-Evans-Index, und als weitere Strukturmerkmale die Schiefe der BHD-Verteilung, sowie die Durchmesser- und Höhendifferenzierung nach Fuldner (1995) aus allen möglichen 4-Baumgruppen berechnet.

3.2. Sozioökonomische Charakteristika

3.2.1. Fragebogen - Auswertung

Die aus dem Fragebogen gewonnenen Daten wurden zuerst in eine im Microsoft Access Office 97 erstellte Datenbank codiert und geordnet. Die Antwortkästchen bei den Meinungsfragen wurden mit Zahlen belegt sodass das Kästchen für ++ (trifft sicher zu) die Zahl eins erhielt, + (trifft eher zu) die 2, +/- (unentschieden) die 3, - (trifft nicht zu) die 4 und -- (trifft sicher nicht zu) die 5. Zahlenwerte, die vom Ausfüllenden eingesetzt wurden, blieben gleich, bzw. bei Verdacht auf ein Missverständnis wurde telefonisch noch einmal nachgefragt. Anschließend wurden die Betriebe in drei Gruppen geteilt, Betriebe, deren derzeitiger Anteil an DW im Wirtschaftswald unter 10% liegt (Schlagwaldbetriebe = SW-Betriebe), Betriebe deren Anteil zwischen 30% und 40% liegt Übergangsbetriebe = Ü-Betriebe) und Betriebe, deren Anteil über 65% beträgt (Dauerwaldbetriebe = DW-Betriebe).

In Microsoft Excel Office 97 wurden sämtliche Berechnungen wie Mittelwerte, Summen über alle Betriebe bzw. für die einzelnen Betriebsgruppen durchgeführt.

3.3. Ableitung der Nutzungsmodelle

Die Varianzanalyse vermag den Einfluß nominal- oder ordinalskaliertter unabhängiger Variablen auf eine abhängige Variable zu untersuchen. Nachdem hier aber auch intervallskalierte unabhängige Variablen, die man als Kovariablen bezeichnet, auftreten, werden die Daten mittels Kovarianzanalyse analysiert (Bühl und Zöfel, 1998). Die vorliegenden Daten wurden mit SPSS 8.0 für Windows nach der folgenden Vorgangsweise ausgewertet (Heinimann et al., 1998; Stampfer und Daxner, 1998):

1. **Formulierung** eines linearen Ausgangsmodells mit allen Kovariaten und Faktoren;
2. **Evaluation der Nichtlinearität** und Bestimmung der optimalen **Transformation** der Kovariaten;
3. **Überprüfung der Signifikanz** der Einflußgrößen (FAKTOREN, Kovariaten); durch Elimination nicht signifikanter Größen entstehen neue Submodelle;
4. Prüfung der Submodelle auf „**Zwei-Weg-Wechselwirkungen**“;
5. **Logische Prüfung** des resultierenden Modells.

Das Ziel eines ersten Analyseschrittes ist es, ein optimales Modell zu finden, welches sowohl die Haupteffekte als auch die signifikanten Interaktionen herausfiltert. SPSS bietet wie auch verschiedene andere Statistik-Programme die Möglichkeit einer automatischen Modellauswahl, wobei auf Grund des unausgewogenen Versuchsdesigns und zu erwartender Modellsingularitäten der Weg einer kombinierten (automatisch-manuellen) Modellselektion gewählt wird. Ziel ist ein möglichst einfaches Modell, das den Einfluß der Kovariaten bzw. des Faktors am besten erklärt.

Ausgehend von den Überlegungen von Häberle (1984), daß das Stückvolumen bei allen Produktivitätsfunktionen einen wesentlichen Einfluß ausübt, der Zusammenhang zwischen Produktivität und Stückvolumen aber meist nicht linear ist, wird die Kovariable *stkvoll* mit einer Variablen *e* potenziert. Zur Schätzung des Exponenten schlägt Häberle (1984) eine iterative Vorgangsweise vor, die auch hier gewählt wurde.

Danach werden mittels multipler linearer Regression die Parameter des Modells geschätzt, welches die Produktivität des Seilsystems unter verschiedenen Bedingungen möglichst genau quantifiziert.

3.4. Wachstumssimulation

Um die diversen Entwicklungsstadien über der Zeit hinsichtlich Zuwachs und Ertrag abschätzen zu können, wurden mittels des Simulators MOSES (Hasenauer 1994) nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum in den jeweiligen Ausgangsbeständen Entnahmen so durchgeführt, daß sich nach der Simulation des Wachstums in den darauffolgenden Perioden (in 5-Jahresschritten) möglichst die Struktur der darauffolgenden Entwicklungsstadiums, das durch eine Probefläche belegt war, ergab. Als wichtigstes Strukturkriterium wurde neben Volumen/ha und Mitteldurchmesser ein grafischer Vergleich der BHD-Verteilung herangezogen. Als Beispiel für diese Vorgehensweise sei im Folgenden der Übergang vom Altbestand mit Verjüngung zum Zweischichtbestand im Revier Hebalm besprochen (Abbildung 6).

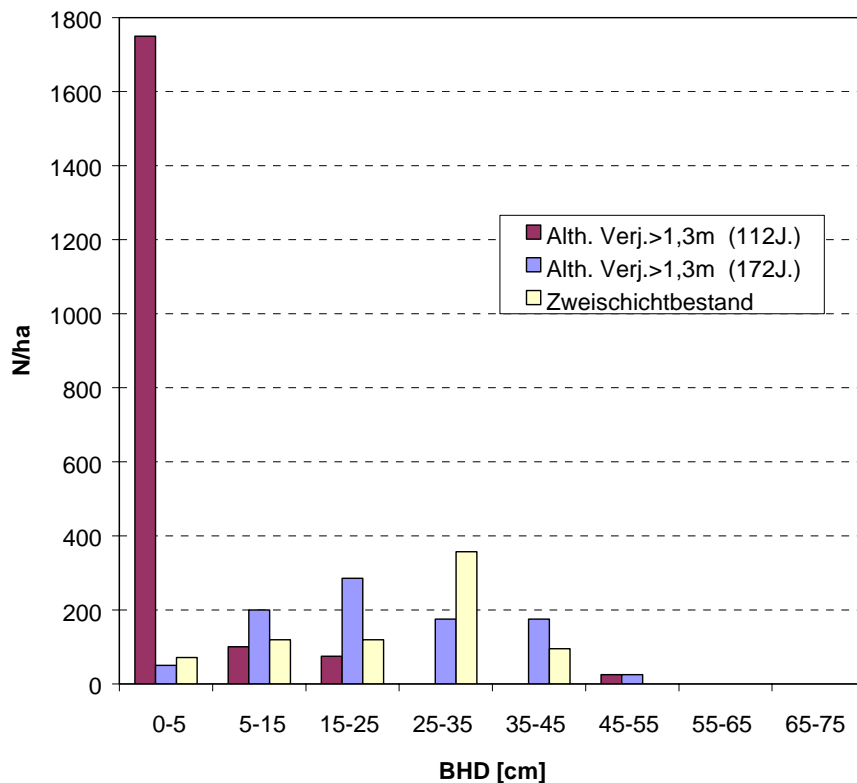


Abbildung 6: *Der Übergang vom Altbestand mit Verjüngung > 1,3 m zum Zweischichtbestand auf der Hebalm. Violett der Ausgangszustand des Altbestandes mit Verjüngung > 1,3 m, blau das Ergebnis der Simulation nach 60 Jahren und gelb die tatsächlich vorgefundene BHD-Verteilung des Zweischichtbestandes auf der Hebalm.*

Der gemessene Zweischichtbestand wies einen Vorrat von 508 VfmS, eine Stammzahl von 750 Bäumen/ha und einen Mitteldurchmesser von 26 cm auf. Erreicht wurde die angestrebte Struktur dadurch, daß in den 60 „Simulationsjahren“ 635 VfmS bei zwei Eingriffen in den entsprechenden BHD-Klassen entnommen wurden und dadurch eine weitere Verjüngung eintrat.

Die Simulation vom Zweischichtbestand zur Plenterstruktur auf der Hebalm zeigt dann die Abbildung 7. In einem Simulationszeitraum von 50 Jahren wird durch drei Entnahmen mit insgesamt 364 VfmS/ha der Vorrat wieder auf 481 VfmS/ha abgesenkt. Die Stammzahl nimmt in der gleichen Zeit auf 2753 Bäume je ha zu und der Mitteldurchmesser bleibt gleich. Die BHD-Verteilung entspricht dann etwa jener der als „Plenterbestand“ ausgezeichneten Probefläche auf der Hebalm.

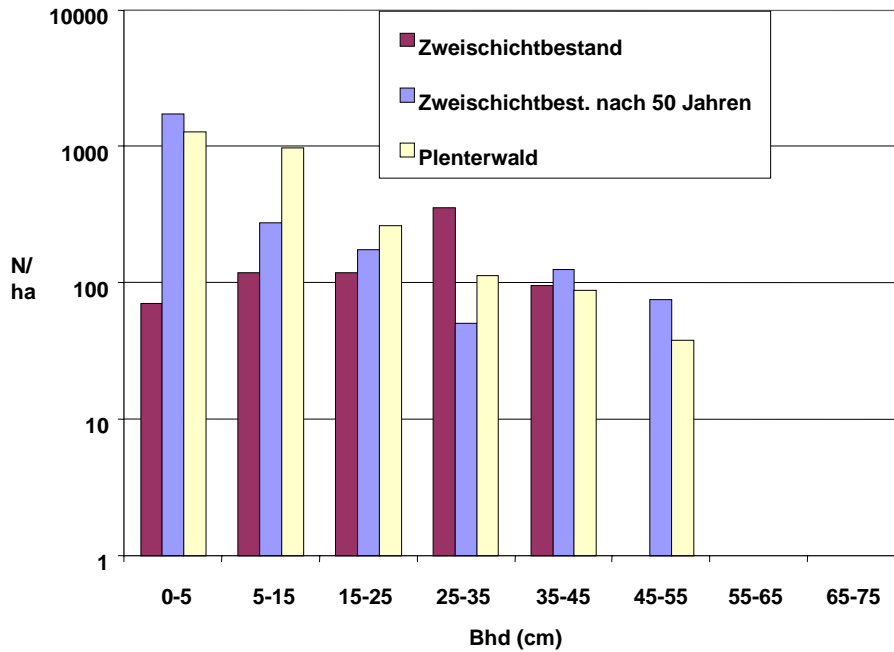


Abbildung 7: Die Simulation des Überganges vom Zweischichtbestand (violett) zum „Plenterbestand“ (blau Simulation, gelb beobachtet). Achtung, die Stammzahlachse ist logarithmisch geteilt !

In dieser Art wurden getrennt nach den beiden Revieren, Hebalm und Croy, die folgenden Übergänge simuliert (Abb. 8).



Abbildung 8: Simulation der Übergänge zwischen den Entwicklungsstadien. Rot sind die jeweiligen Simulationsergebnisse, die den darunter stehenden beobachteten Entwicklungsstadien möglichst ähnlich sein sollten.

Zu Vergleichszwecken wurde dann auch noch das jeweilige Plenterstadium für 40 Jahre so simuliert, daß die entsprechende Struktur nach den 40 Jahren erhalten blieb.

Die monetären Werte für den ausscheidenden und verbleibenden Bestand wurden dann durch rechnerische Sortierung der Bäume mittels der Sortentafeln von Sterba und Griess (1983) und mit den Produktivitätsmodellen für motormanuelles Fällen und Rückung mit Schlepper im Sortimentsverfahren berechnet.

4. Ergebnisse

4.1. Diversität der niederen Vegetation

4.1.1. Shannon-Wiener Index und Eveness Index

Die Biodiversität-Indizes Werte (Shannon-Wiener-Index, Simpson-Index, Eveness-Index und Fisher logmaritic series Index) der Bodenvegetation variieren bei den einzelnen Probestellen, unterscheiden sich statistisch nicht zwischen der Schlagwaldserie und der Dauerwaldserie.

Tabelle 12: Diversitätsmaße der niederen Vegetation.

		Shannon-Wiener	Simpson	Eveness	Fisher
Schlagwaldserie	Kahlschlag	2,14	5,47	0,58	4,84
	Stangenholz	nicht def.	nicht def.	nicht def.	nicht def.
	Baumholz	0,62	4,19	0,24	3,49
	Altholz	1,80	4,03	0,58	3,47
	Mittel	1,30	5,47	0,38	4,02
Dauerwaldserie	Verjüngung <1.3	1,57	3,73	0,46	3,82
	Verjüngung > 1.3	0,98	2,92	0,31	5,93
	Zweischichtbest.	1,23	5,15	0,38	4,11
	Plenterstruktur	1,31	3,86	0,37	5,71
	Mittel	1,50	4,80	0,39	4,89

Die Artenverteilung in der Krautschicht einer Probestelle nähert sich bei den meisten Aufnahmen einer Fisher logmaritic series Verteilung an, nicht aber einer log normal series Verteilung oder einem brocken stick model (Berechnungsbeispiele in Magurran, 1988)

Die Mittelwerte der Zeigerwerte nach Karrer (1990, 1991, 1992), Pichler (1991), Englisch (1991) und Kilian (1990) der vorgefundenen Pflanzenarten ergaben keine Unterschiede zwischen den Aufnahmeflächen. So sind alle Standorte subozeanisch, eher feucht, zwischen kühl und mäßigwarm, mäßigsauer und mäßig stickstoffreich. Auf den Kahlschlagstandorten befinden sich Halbschattenpflanzen und Halblichtpflanzen, währenddessen auf den übrigen Flächen nur Halbschattenpflanzen vorkommen.

Eine Differenzierung der Probestellen nach pflanzensoziologischen Gesichtspunkten (Dirschke, 1994 175ff) führte zu keinem Ergebnis.

4.2. Struktur der Verjüngung

Die Baumartenverteilung in der Dauerwaldserie wurde getrennt für die Verjüngung unter 20cm (Tabelle 13) und darüber ausgewertet. Für die Verteilung der Baumarten über 20cm wurden zwecks besserer Vergleichbarkeit mit den Verjüngungsuntersuchungen im Zusammenhang mit den forsttechnischen Erhebungen die Summenhäufigkeiten über der Höhe der Verjüngungspflanzen dargestellt (Abbildung 9).

Tabelle 13: Anzahl der Verjüngungspflanzen <20cm je Hektar.

		Fi	Ta	Lä	Bu	BgAh	EbEs	Σ
Verjüngung <1,3	Hebalm	15.175	1.275	50			1.300	17.800
	Soboth	5.421	77	1	32			5.531
Verjüngung >1,3	Hebalm	5.400	275	25			150	5.700
	Soboth	713						713
Zweischicht- bestand	Hebalm	70.125	1.200			250	625	72.200
	Soboth	2.200	275		150	2.750	75	5.450
Plenter- struktur	Hebalm	20.733	91		30	15		20.869
	Soboth	67.218	62.842			16	17	130.093

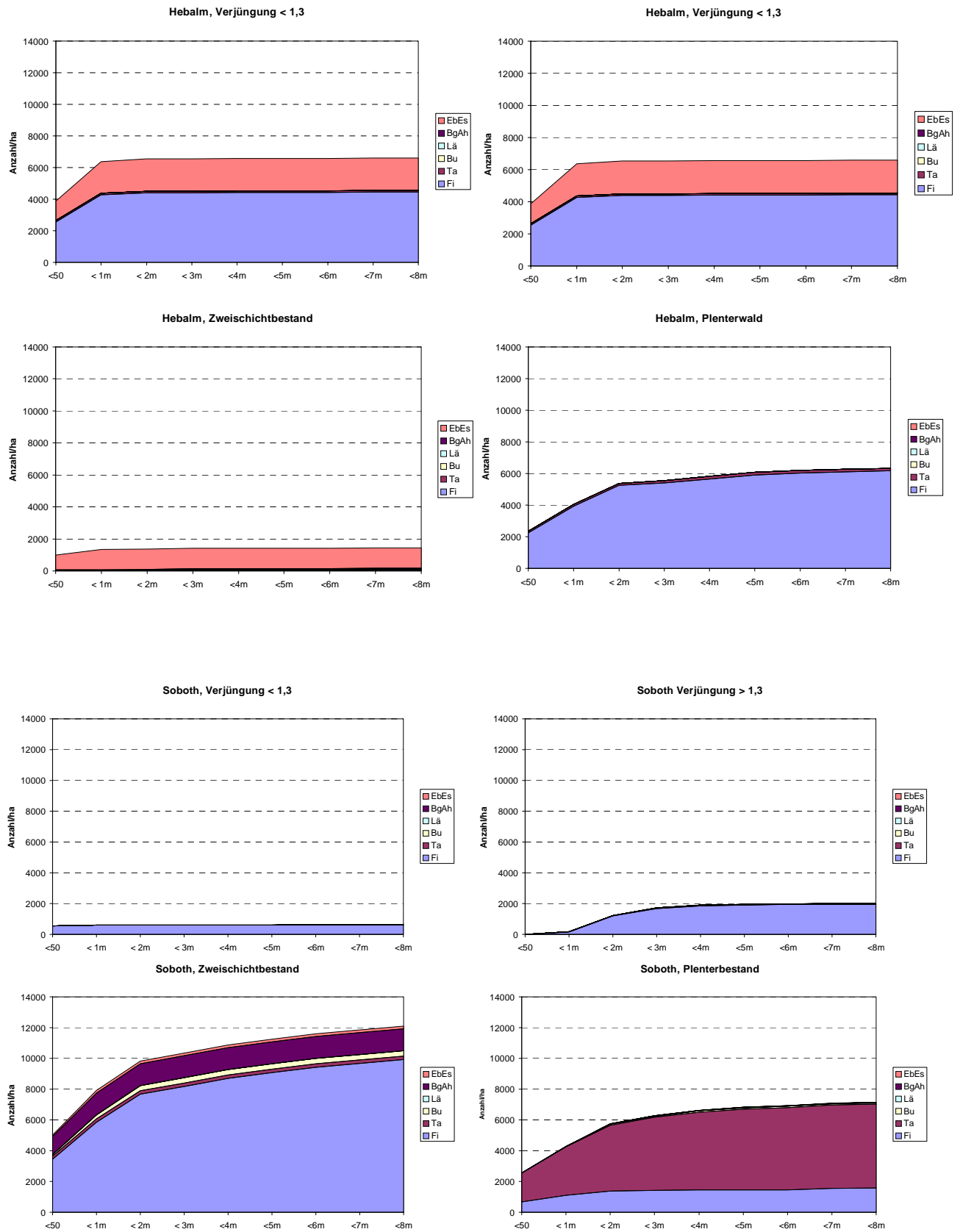


Abbildung 9: *Summenhäufigkeit der Verjüngung über der erreichten Höhe in den Dauerwaldserien Hebalm und Soboth.*

Es fällt auf, daß die Serie Hebalm stärker von Fichtenverjüngung dominiert ist, mit allfälligen Beimischungen von Eberesche, während die Serie Soboth, insbesondere das Plenterstadium, viel mehr Tanne, aber auch etwas Bergahorn in der Verjüngung aufweist. Die Tatsache, daß das verjüngungsreichste Stadium in der Serie Hebalm das Altholz mit Verjüngung >1,3m ist, während das in der Serie Soboth für den Zweischichtbestand zutrifft, ist ein Hinweis darauf, daß in diesem Bereich die Zuteilung zu den Entwicklungsstadien doch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet war.

4.3. Bestandesstruktur

Die wichtigsten Kennzahlen der Bestandesdichte sind in Tabelle 14, jene zur Charakterisierung der Bestandesstruktur in Tabelle 15 angeführt. Es fällt auf, daß die Zweischichtbestände jünger sind als die Bestände mit Verjüngung unter oder über 1,3 m. Die Abfolge der Stammzahlen von den Verjüngungsbeständen zum Zweischichtbestand ist in der Soboth sinnvoll, auf der Hebalm, zusammen mit der dort kaum vorhandenen Verjüngung paßt der Zweischichtbestand eher nicht in die erwartete Reihenfolge der Übergangsserie.

Tabelle 14: Alter und Dichte der ausgewählten Probeflächen in den Entwicklungsstadien der schlagweisen und der DAUERWALD-Serie. Bei der Interpretation ist zu beachten, daß alle Bäume >1,3m gemessen wurden, also keine Kluppschwelle zur Anwendung kam!

		Entwicklungsstadium	Alter	N/ha	G/ha	dg	V/ha	SDI	
Hebalm	schlagweise	Stangenholz	32	2425	41	14,7	243	1031	
		Baumholz	59	1125	37	20,5	331	816	
		Altholz	131	517	49	34,7	565	877	
	Dauerwald	VERJ.<1,3	102	391	43	37,4	635	747	
		VERJ.>1,3	113	1950	23	12,3	326	621	
		ZWEISCHICHTBESTAND	71	750	41	26,4	508	818	
		PLENTERSTRUKTUR	-	2400	44	15,3	489	1089	
	Soboth	schlagweise	Stangenholz	40	1375	38	18,8	317	867
			Baumholz	55	1125	43	22,1	447	920
Altholz			126	453	67	43,4	400	1098	
Dauerwald		VERJ.<1,3	103	234	24	36,1	362	423	
		VERJ.>1,3	112	19925	32	4,5	318	1281	
		ZWEISCHICHTBESTAND	96	3975	47	12,3	540	1268	
		PLENTERSTRUKTUR	-	2987	50	14,6	471	1260	

Im großen Durchschnitt ist zu erkennen, daß die Schiefe der Verteilungen von der Schlagserie über die Übergangsserie zum Plenterwald hin zunimmt. Die räumliche Verteilung ist in der Schlagserie regelmäßig, in der Übergangsserie weitgehend zufällig und im Plenterwald zufällig (Soboth) bis geklumpt (Hebalm). Sowohl die Durchmesser- als auch die Höhendifferenzierung im Sinne Fuldners (1995) nehmen von der Schlagserie zum Plenterwald hin zu. Das unterschiedliche Verhalten zwischen Zweischichtbestand und Altholz mit Verjüngung >1,3m hinsichtlich der Schiefe auf der Hebalm bzw. in der Soboth bringt wieder die Unsicherheit der Ansprache dieser beiden Entwicklungsstadien zum Ausdruck.

Tabelle 15: Strukturcharakteristika in den ausgewählten Probeflächen der Entwicklungsstadien der Schlagweisen und der DAUERWALD-Serie. S ist die Schiefe, positive Werte kennzeichnen linksasymmetrische Verteilungen. Der Clark&Evans-Index kennzeichnet die räumliche Verteilung aufgrund der Abstände zum nächsten Nachbarn. Werte < 1 bedeuten eine Verteilung in Klumpen, 1 bedeutet zufällige (Poisson-) Verteilung und Werte > 1 bedeuten „überzufällige“, d.h. regelmäßige Verteilung der Bäume.

	Hebalm				Soboth			
	S	Clark&Evans	BHD-Diff.	Höhen-Diff.	S	Clark&Evans	BHD-Diff.	Höhen-Diff.
Stangenholz	-0,4	1,34	0,26	0,18	0,1	1,57	0,20	0,15
Baumholz	0,0	1,24	0,40	0,39	-0,1	1,31	0,21	0,12
Altholz	0,1	1,25	0,25	0,16	0,3	1,05	0,19	0,08
Schlagserie	-0,1	1,28	0,303	0,25	0,1	1,31	0,20	0,12
VERJ.<1,3	-0,3	1,02	0,53	0,46	0,4	1,19	0,38	0,35
VERJ.>1,3	3,5	0,85	0,44	0,35	3,2	0,68	0,46	0,28
ZWEISCHICHTBESTAND	-0,7	1,24	0,44	0,44	2,8	1,16	0,43	0,36
ÜBERGANGSSERIE	0,8	1,04	0,47	0,42	2,1	1,01	0,42	0,33
PLENTERSTRUKTUR	3,1	0,84	0,50	0,42	2,3	1,03	0,55	0,46

4.4. Nährstoffkompartimentierung

Berechnungen und Interpretation der hier präsentierten Ergebnisse basieren methodisch auf den Richtlinien des FIW-Forschungsprojektes (Katzensteiner 1992).

Alle Bodenprofile zeigen, wenn man von den ersten fünf Zentimetern absieht, eine deutliche Zunahme der Basensättigung im Unterboden, die vor allem auf eine Zunahme des Ca-Anteils zurückgeht. Die vorherrschenden Böden auf den Versuchsflächen sind daher saure Braunerden und Semipodsole, vorherrschende Humusform ist der Moder. Im Oberboden befinden sich die Böden im Aluminium/Eisen Pufferbereich (pH<3.8), im Unterboden im Aluminium-Bereich (3,8-4,2pH). Stellvertretend für alle Bodenprofile ist das Bodenprofil von Stangenholz auf der Hebalm in Abbildung 10 zu sehen.

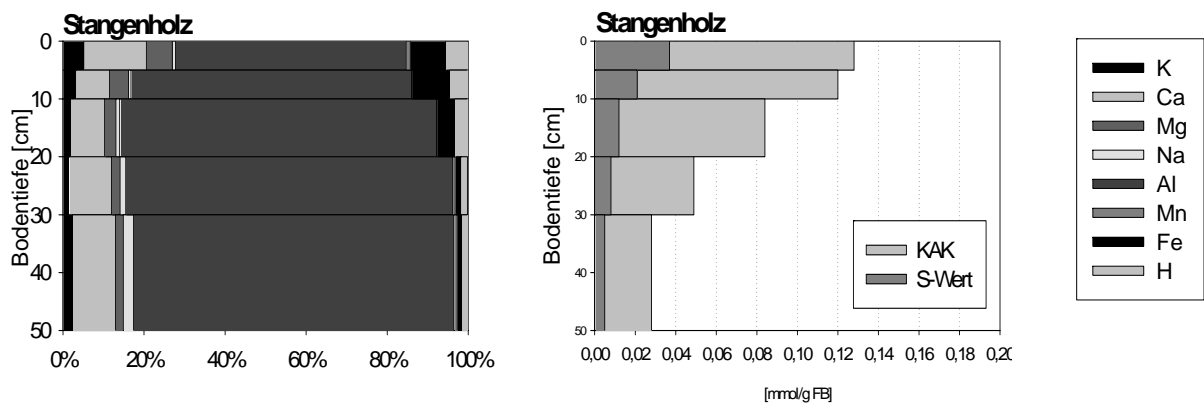


Abbildung 10: Kationenaustauschkapazität im Stangenholz auf der Hebal.

Stickstoff reichert sich vom Kahlschlag über Stangen- und Baumholz bis zu Maximalwerten im Altholz im Boden an. Vom Altholz zum aufgelockertem Altholz mit Verjüngung kleiner 1,3m fallen die Stickstoffgehalte in jedem Bodenhorizont um 5g je m² und cm Bodentiefe, steigen dann von Altholz mit Verjüngung kleiner 1,3m zum Zweischichtbestand wieder um 2 bis 5g je m² und cm Bodentiefe. Der Plenterwald erreicht die Maximal-Stickstoffwerte des Altholzes nicht und auch nicht die des Zweischichtbestandes (Ausnahme Bodenhorizonte 5-10cm und 10-20cm).

Auch der Kohlenstoff verhält sich ähnlich wie der Stickstoff. Die Maximalwerte des Kohlenstoffes je m² und cm Bodentiefe finden sich im Altholz. Vom Altholz zur Schlagfläche fallen die Werte um 50 g pro m² und cm Bodentiefe in jedem Bodenhorizont bis zum Minimalwert im Stangenholz. Krasser fallen die Kohlenstoffgehalte vom Altholz zum Altholz aufgelockert mit Verjüngung kleiner 1,3m und zwar um 100g pro m² und cm Bodentiefe. Sie steigen dann an zu einem erneuten Peak im Zweischichtbestand (Werte je Horizont im Zweischichtbestand entsprechen etwa den Werten der Schlagfläche) und fallen im Plenterwald wieder ab.

Die Peaks des austauschbaren Kaliums finden sich im Stangenholz und im Plenterwald.

Austauschbares Kalzium findet sich vor allem in den ersten fünf Zentimetern. Wir finden auf der Schlagfläche 1.3g, im Altholz aufgelockert mit Verjüngung kleiner 1.3m 1.75g und im Plenterwald 1.85 g Kalzium pro m² und cm Bodentiefe. Diese im Vergleich hohen Werte sind mit großer Wahrscheinlichkeit auf der Fläche verbliebenem Ernterückstände zurückzuführen.

Beim austauschbaren Magnesium konnte kein eindeutiger Trend im Schlagwald und vom Schlagwald hin zum Dauerwald erkannt werden. Die Verläufe streuen eher zufällig oder zumindest uninterpretierbar.

Die Werte des Gesamtschwefelvorrats sind auf der Schlagfläche, im Baum-, im Altholz und im Zweischichtbestand in den ersten fünf Zentimetern am höchsten (um 4,2g/m²/cm). Auf den restlichen Flächen befindet sich der Schwefelwert um 3,5 g/m²/cm.

Mangan reichert sich in den beiden oberen Bodenhorizonten (0-5cm, 5-10cm) im Stangenholz, Altholz aufgelockert mit Verjüngung größer 1,3m und Zweischichtbestand an. Im Altholz sind die Manganwerte am geringsten.

Austauschbares Aluminium reichert sich vom Stangenholz bis zum Altholz an und fällt auf der Schlagfläche bzw. im Altholz mit Verjüngung kleiner 1,3m wieder ab. In den Dauerwaldbeständen (vom Altholz mit Verjüngung kleiner 1,3m zum Plenterwald) finden sich die geringsten Werte je Bodenhorizont im Altholz mit Verjüngung größer 1,3m. Große Sprünge im Aluminium-Gehalt ergeben sich vom Zweischichtbestand zum Plenterwald: in den unteren Bodenhorizonten (10-20, 20-30, 30-50cm) werden die Al-Vorräte geringer, in den oberen werden sie höher (0-5, 5-10cm).

Bei Eisen fällt sofort auf, je tiefer die Bodenschicht, um so weniger sind die Schwankungen von einer Entwicklungsphase zur nächsten. In der untersten Bodenschicht gibt es praktisch keine Unterschiede mehr. Ebenso ist ein stetiger Anstieg des Vorrates in allen Bodenhorizonten von der Schlagfläche zum Altholz zu beobachten. Bei Umstellung auf Plenterbewirtschaftung fällt der Vorrat vom Altholz bis zum Altholz mit Verjüngung größer 1,3m, steigt dann wieder an im Zweischichtbestand und fällt dann wieder ab im Plenterwald.

Allometrische Berechnungen

Die Herleitung der allometrischen Funktionen zur Berechnung der Vorräte je Hektar sind im Kapitel 3.1.3 beschrieben. Die durch die ertragskundlichen Variablen berechnete Bestandesmasse beeinflusst die Höhe des oberirdischen Nährstoffvorrates, währenddessen die aus den Nährstoffanalysen berechneten Gehalte wegen geringer Variation die Höhe kaum beeinflussen.

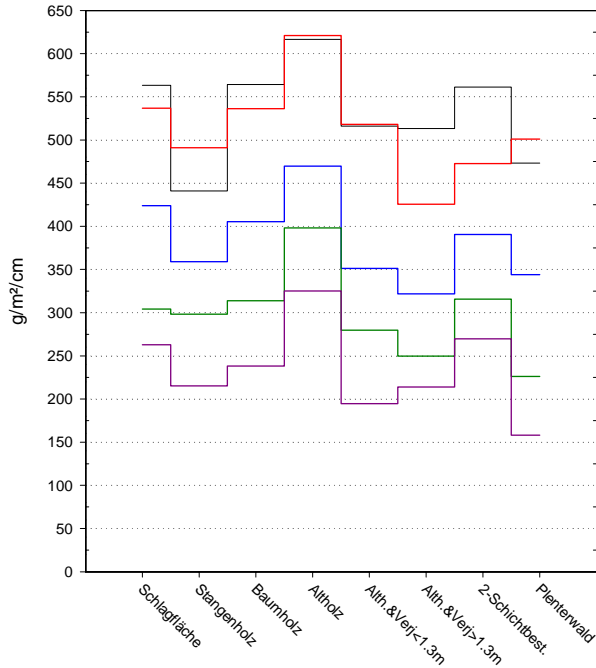
Über die verschiedenen Gehalte der einzelnen Nährstoffe bei den Kompartimenten Schaftholz, Rinde und Reisig kann keine Aussage über die Variabilität gemacht werden, da in jedem Bestand und für jedes Kompartiment eine Mischprobe gewonnen wurde.

Die Werte der einzelnen Elementgehalte der Nadelproben liegen nach Hüttl (1991) im ausreichenden Bereich.

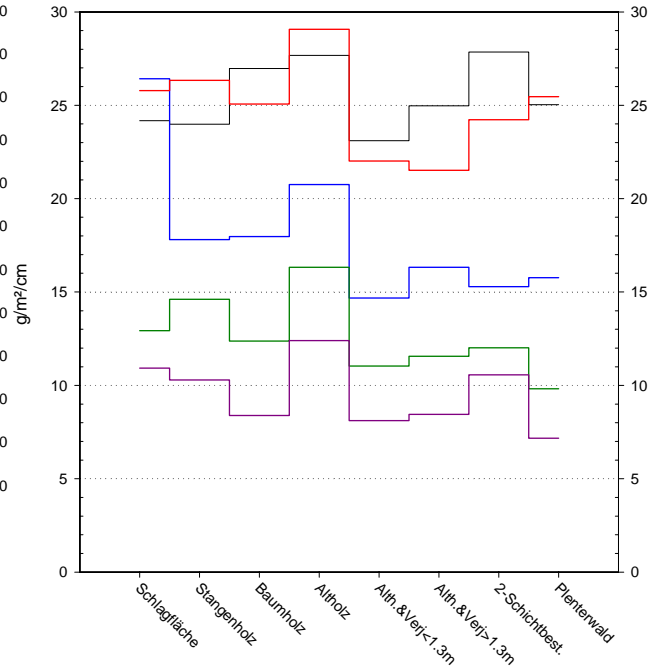
Für die folgende Präsentation der einzelnen Nährstoffvorräte wurde jede einzelne Probe- fläche nach ober- und unterirdischen Vorräten aufgeschlüsselt und nach Regionen (Hebalm, Soboth) zusammengefaßt.

Bei den Elementen Stickstoff, Kalium, Kalzium und Magnesium sind Ergebnisse von allen Kompartimenten vorhanden, bei Schwefel, Phosphor, Aluminium, Eisen und Mangan sind nicht alle Elementgehalte in den Kompartimente gemessen worden, da die Genauigkeit unzureichend wäre.

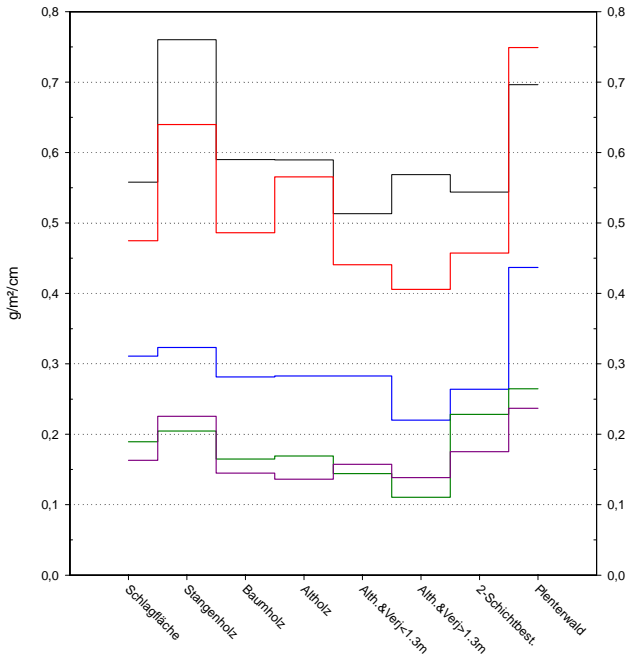
KOHLENSTOFF
Gesamtvorrat



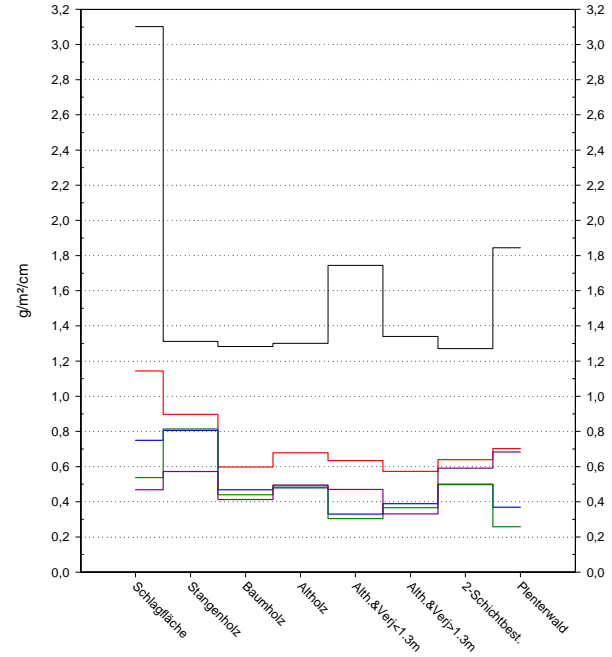
STICKSTOFF
Gesamtvorrat



KALIUM
austauschbar



KALZIUM
austauschbar



- Elementvorrat in g/m²/cm im Bodenhorizont 0 - 5cm
- Elementvorrat in g/m²/cm im Bodenhorizont 5 - 10cm
- Elementvorrat in g/m²/cm im Bodenhorizont 10 - 20cm
- Elementvorrat in g/m²/cm im Bodenhorizont 20 - 30cm
- Elementvorrat in g/m²/cm im Bodenhorizont 30 - 50cm

Abbildung 11: Gesamtkohlenstoff, -stickstoff, austauschbares Kalzium und Kalium in den Bodenhorizonten.

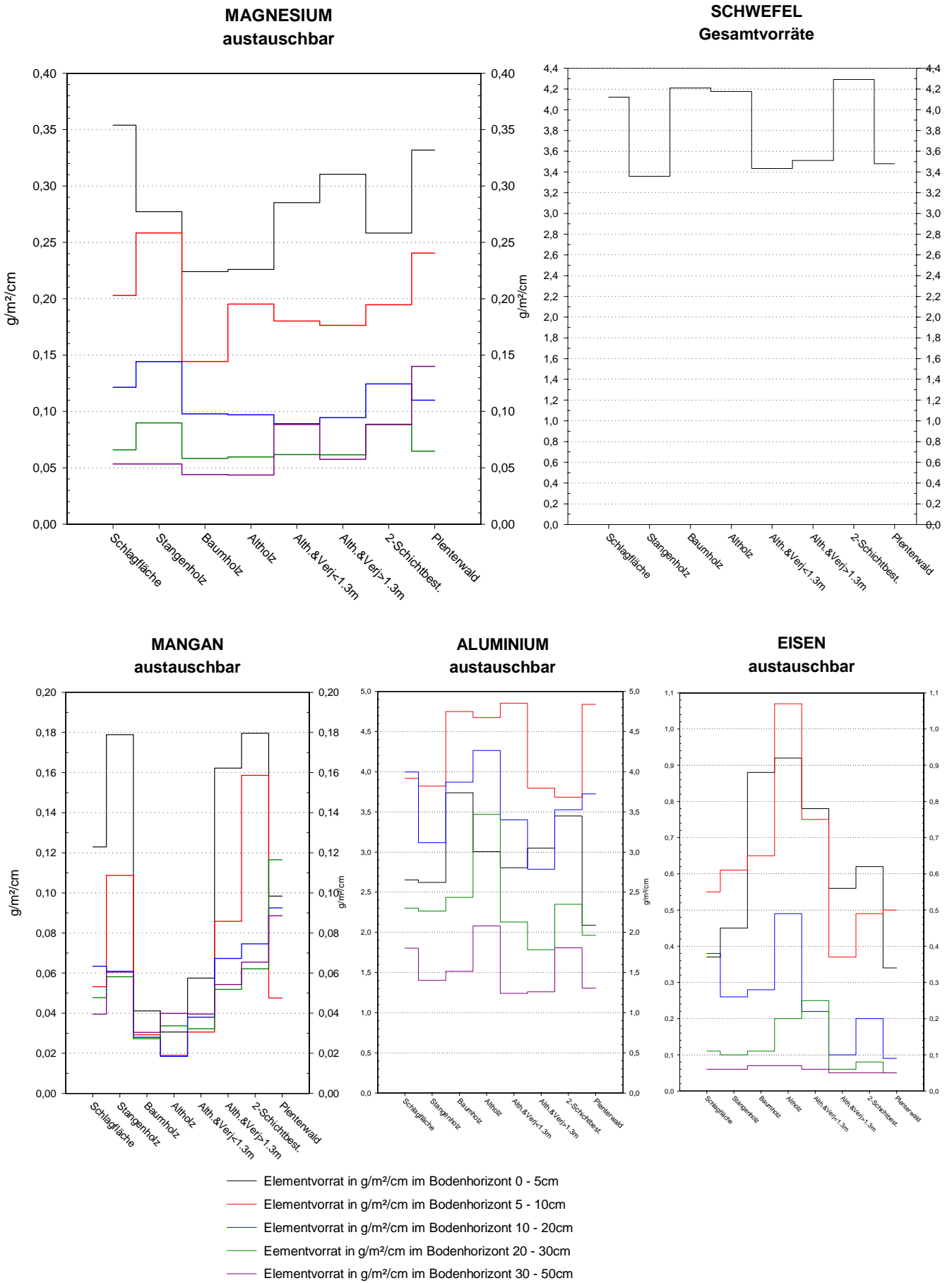


Abbildung 12: Austauschbares Magnesium, Mangan, Aluminium, Eisen und Gesamtschwefel nach Bodenhorizonten.

4.4.1. Stickstoff

Mehr als die Hälfte der oberirdischen Vorräte des Stickstoffes sind in den Nadeln. Gerade langkronige Bäume tragen zur Erhöhung der oberirdischen Stickstoffvorräte bei. Um mehr als das Zehnfache höher sind die Stickstoffvorräte im Boden. Bemerkenswert ist die Abnahme an Stickstoff von etwa 3000kg pro Hektar im Boden von Altholz zum aufgelockertem Altholz mit beginnender Verjüngung. Warum dieser Verlust so kraß ausfällt, krasser als von Altholz zurück zur Schlagfläche, konnte bisher nicht erklärt werden. Können diese Ergebnisse in weiteren Versuchen erhärtet werden, so kann mit erhöhten Stickstofffrachten im Sickerwasser und einer entsprechenden Belastung des Grundwassers gerechnet werden. Hierzu wären weitere Untersuchungen zum Sickerwasserchemismus in dieser sensiblen Bestandesentwicklungsphase von Nöten.

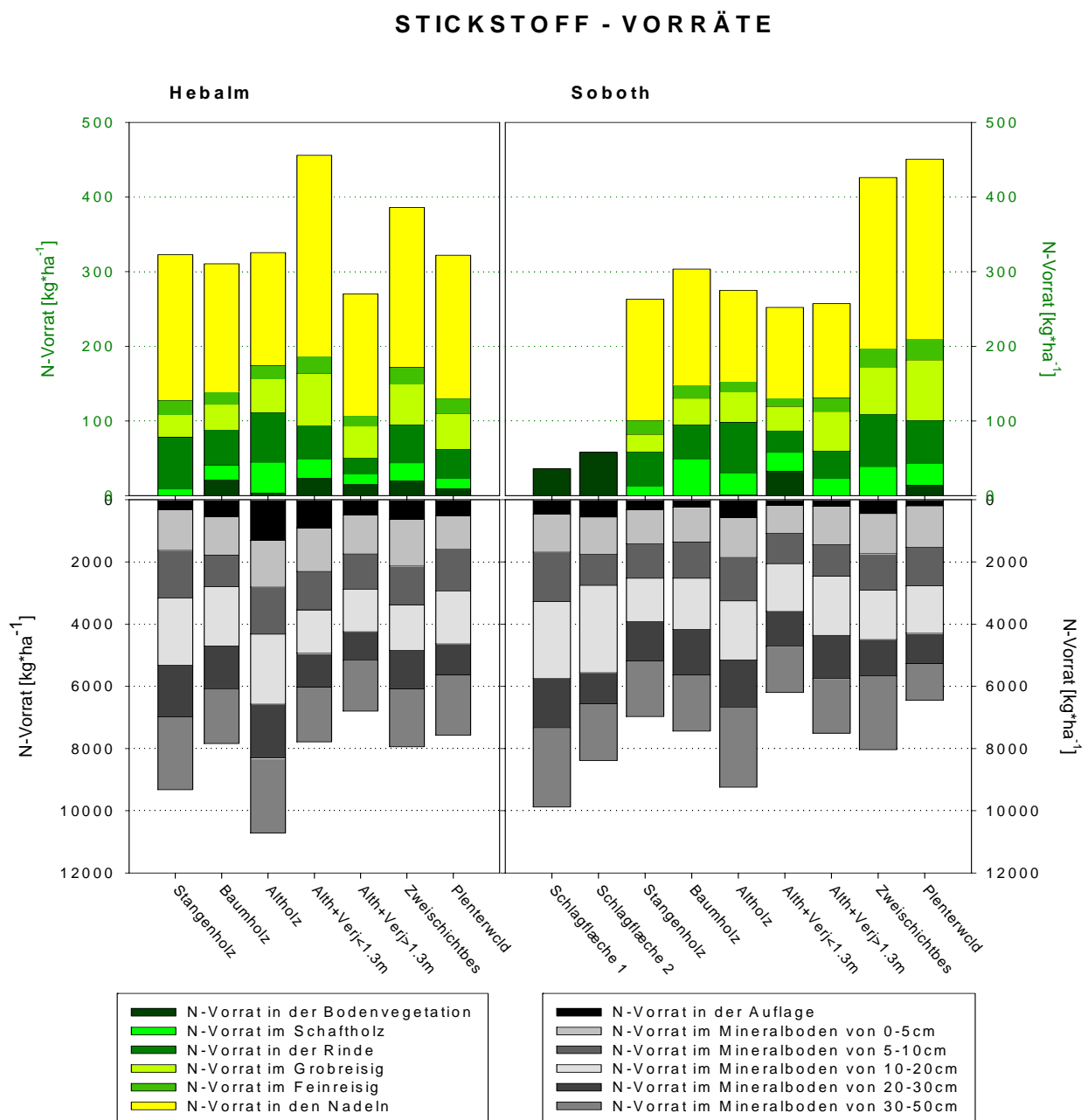


Abbildung 13: *Kompartimentierung der Stickstoff-Vorräte.*

4.4.2. Kalium

Bei Kalium fällt sofort der regionale Unterschied zwischen den Probeflächen auf der Hebalm und der Soboth auf. Es dürfte entweder eine bessere Ausgangslage durch das Muttergestein oder Unterschiede im historischen Waldnutzungssystem ausschlaggebend sein. In der Auflage finden wir zwei bis drei mal so viel an Kalium als auf der Hebalm und dadurch einen erhöhten Gesamtvorrat im Boden.

Auch der Trend des Gesamtvorrates der Wuchserie ist in den Regionen verschieden. Steigt auf der Hebalm der Kaliumvorrat bis zum Altholz und dann bis zum Plenterwald in den oberirdischen Kompartimenten kontinuierlich an, so ist auf der Soboth der Aufwärtstrend von einer Entwicklungsphase zur nächsten etwas unruhig. Den höchsten Kaliumvorrat finden wir im Plenterwald. Der Trend in den Dauerwaldflächen (aufgelockertes Altholz bis Plenterwald) ist in der oberirdischen Biomasse auf der Soboth und auf der Hebalm sehr ähnlich.

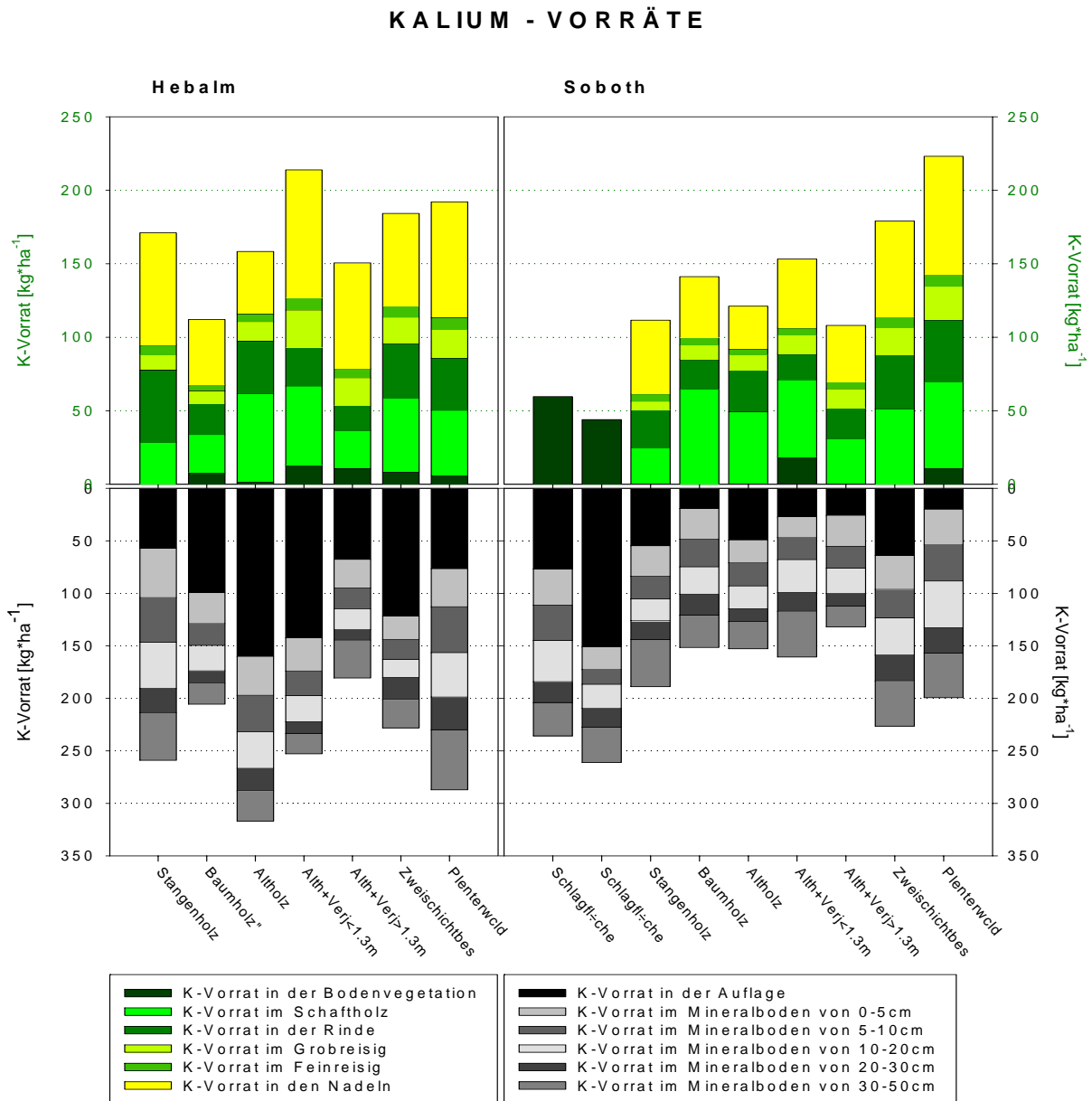


Abbildung 14: Kompartimentierung der Kalium-Vorräte.

4.4.3. Phosphor

Für Phosphor können wir Aussagen über Kalium übernehmen, es besteht wiederum ein regionaler Unterschied zwischen der Hebalm und der Soboth, der durch hohe Phosphorvorräte in der Auflage auf der Hebalm sichtbar wird. Ebenso ähnelt sich der Trend des oberirdischen Gesamtvrates einer Wuchsreihe. Auf der Hebalm steigt der Vorrat von Stangenholz bis zum Altholz mit Verjüngung an, fällt dann ab und steigt dann wieder an bis zum Endstadium Plenterwald. Auf der Soboth finden wir von einem Entwicklungsstadium zur nächsten einen etwas unruhigen Aufwärtstrend der Vorräte.

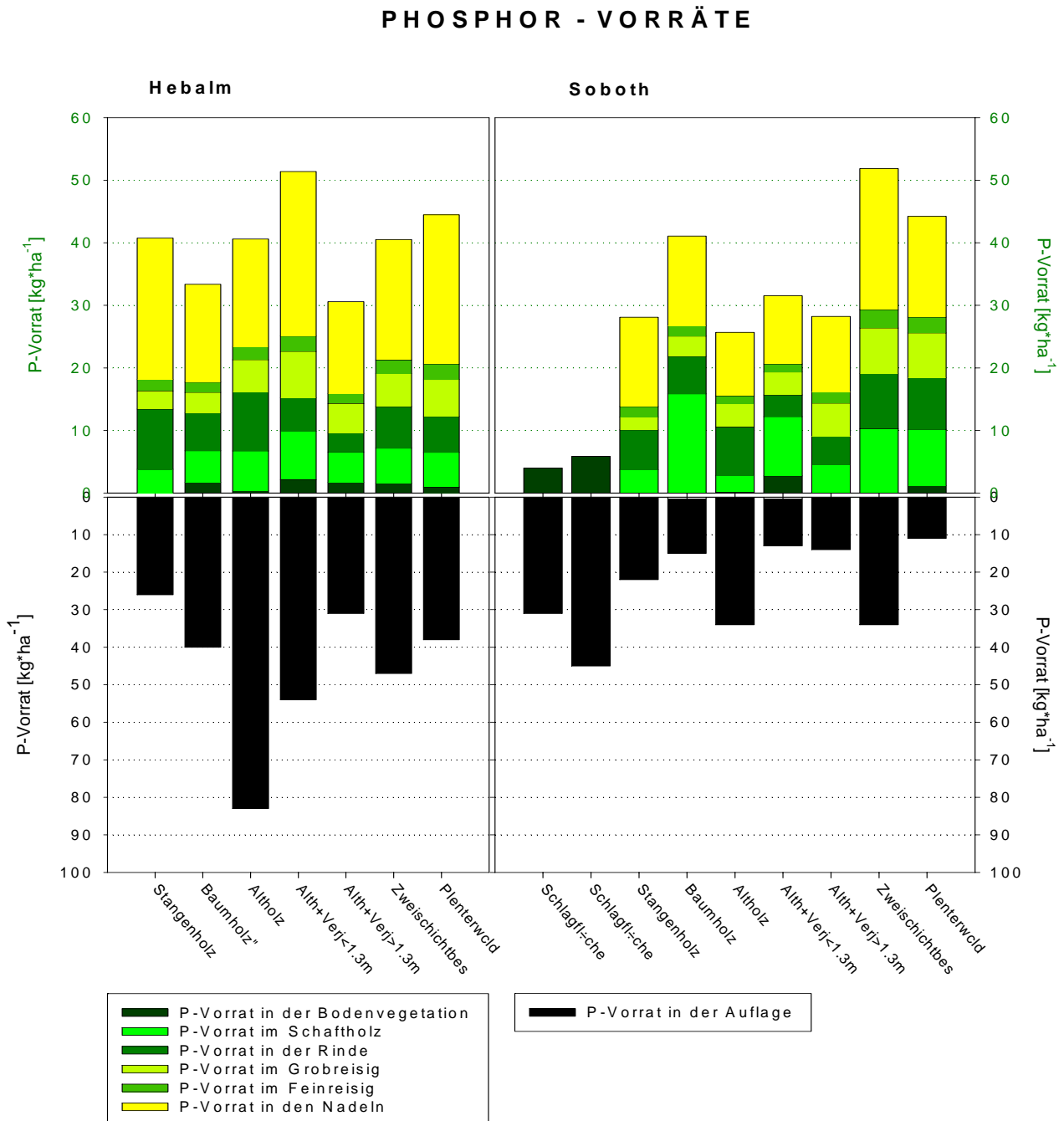


Abbildung 15: Kompartimentierung der Phosphor-Vorräte.

4.4.4. Kalzium

Bei Kalzium ergibt sich bei den oberirdischen Vorräten ein schöner Trend auf der Soboth: kontinuierlicher Anstieg bis zum Altholz, dann Abfall und wieder kontinuierlicher Anstieg bis zum Plenterwald, der aber den Vorratswert des Altholzes nicht erreicht. Auf der Hebalm ist die Situation in der oberirdischen Vorräten nicht anders, nur die Vorräte im Baumholz und im Plenterwald sind geringer als die vorangehenden Entwicklungsstadien. Sind geringe oberirdische Ca-Vorräte vorhanden, so sind auch geringe Ca-Vorräte im Boden zu finden. Ausnahme dabei sind die Schlagflächen, wo kaum Ca-Vorräte in der Vegetation dafür aber im Boden zu finden sind. Aus den Vorräten, die im Boden gebunden sind, kann kein Verlauf bei einer Wuchserie erkannt werden.

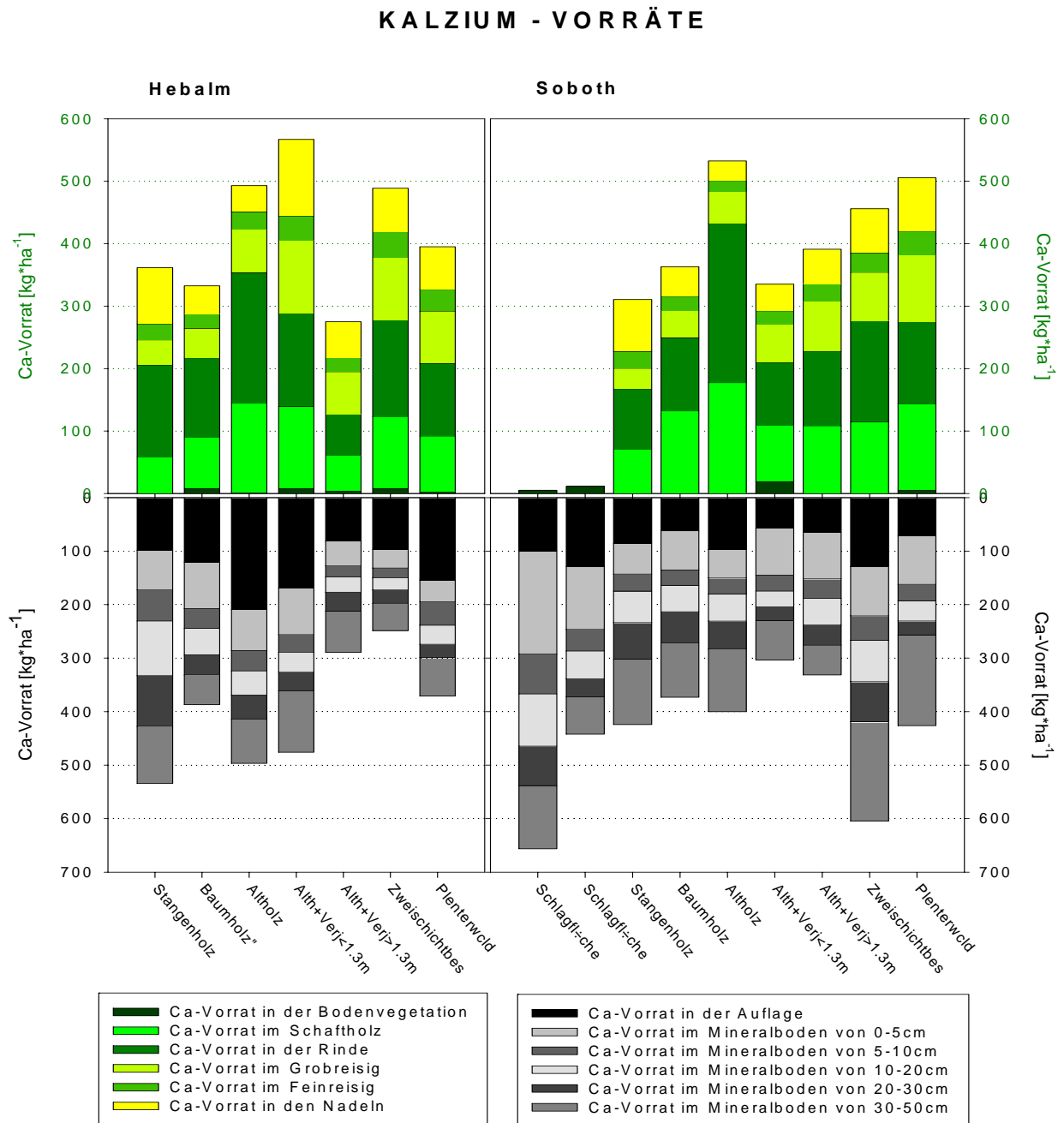


Abbildung 16: *Kompartimentierung der Kalzium-Vorräte.*

4.4.5. Magnesium

Wie bei den Bodengehalten kann auch bei den Vorräten kein eindeutiger Verlauf festgestellt werden. Einzig einen Anstieg der oberirdischen Vorräte vom Schlagwald zum Altholz konnten wir erkennen. Die Höhe des Bodenvorrates wird vor allem bestimmt vom Vorrat in der Auflage.

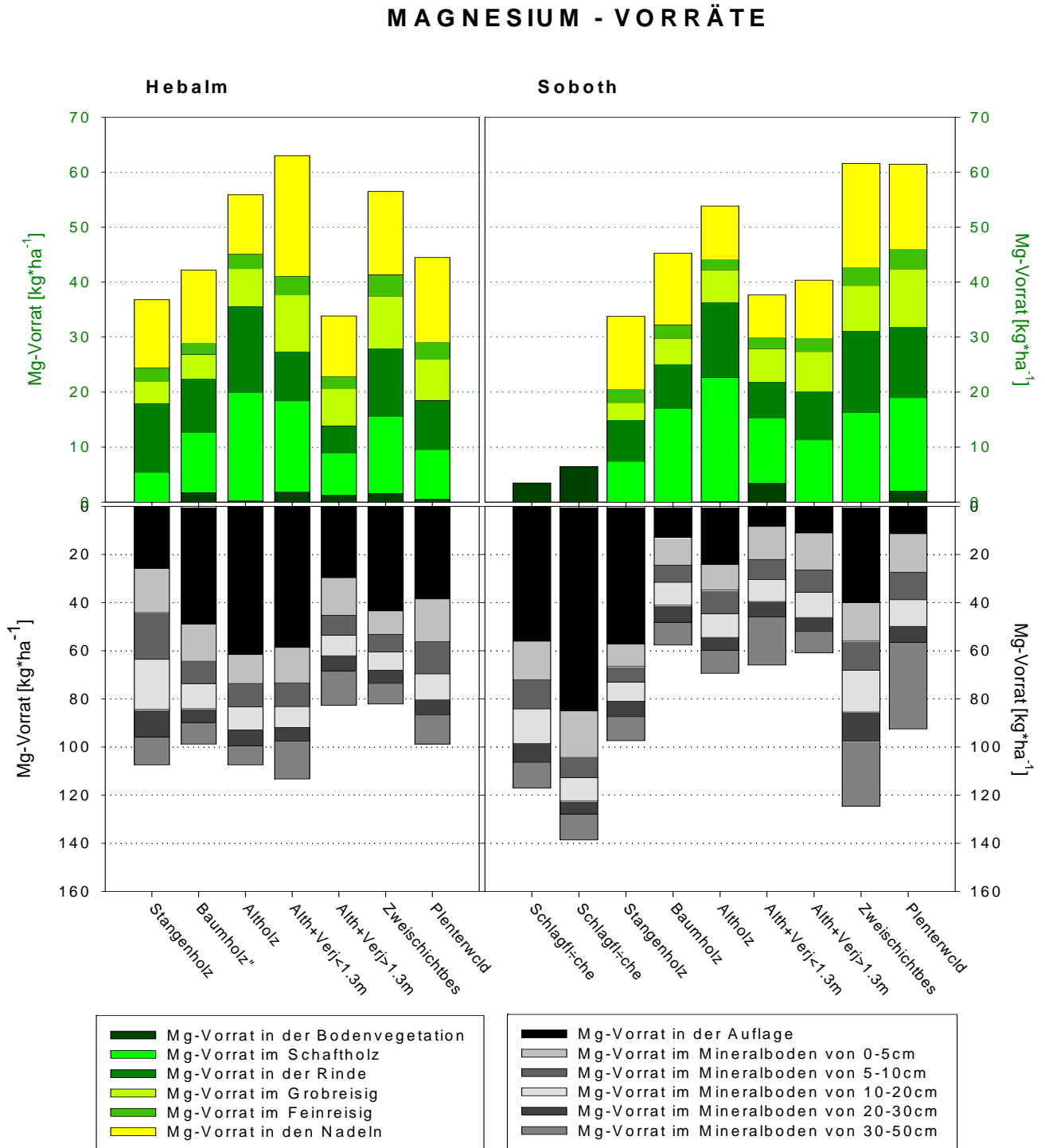


Abbildung 17: Kompartimentierung der Magnesium-Vorräte.

4.4.6. Schwefel

Für Schwefel gibt es Ergebnisse bei Nadeln und von den obersten fünf Zentimetern des Mineralbodens. Ein Abfall der Schwefelvorräte in den Nadeln konnte in beiden Regionen von Stangenholz zum Altholz beobachtet werden, danach steigt der Vorrat im aufgelockerten Altholz abrupt an und fällt wieder, wenn sich die Verjüngung eingestellt hat. Im Bericht der steiermärkischen Landesregierung über den Zustand des steirischen Waldes (1998, S.22ff) werden die untersuchten Gebiete meist als leicht belastet bis belastet aus-
 geschieden.

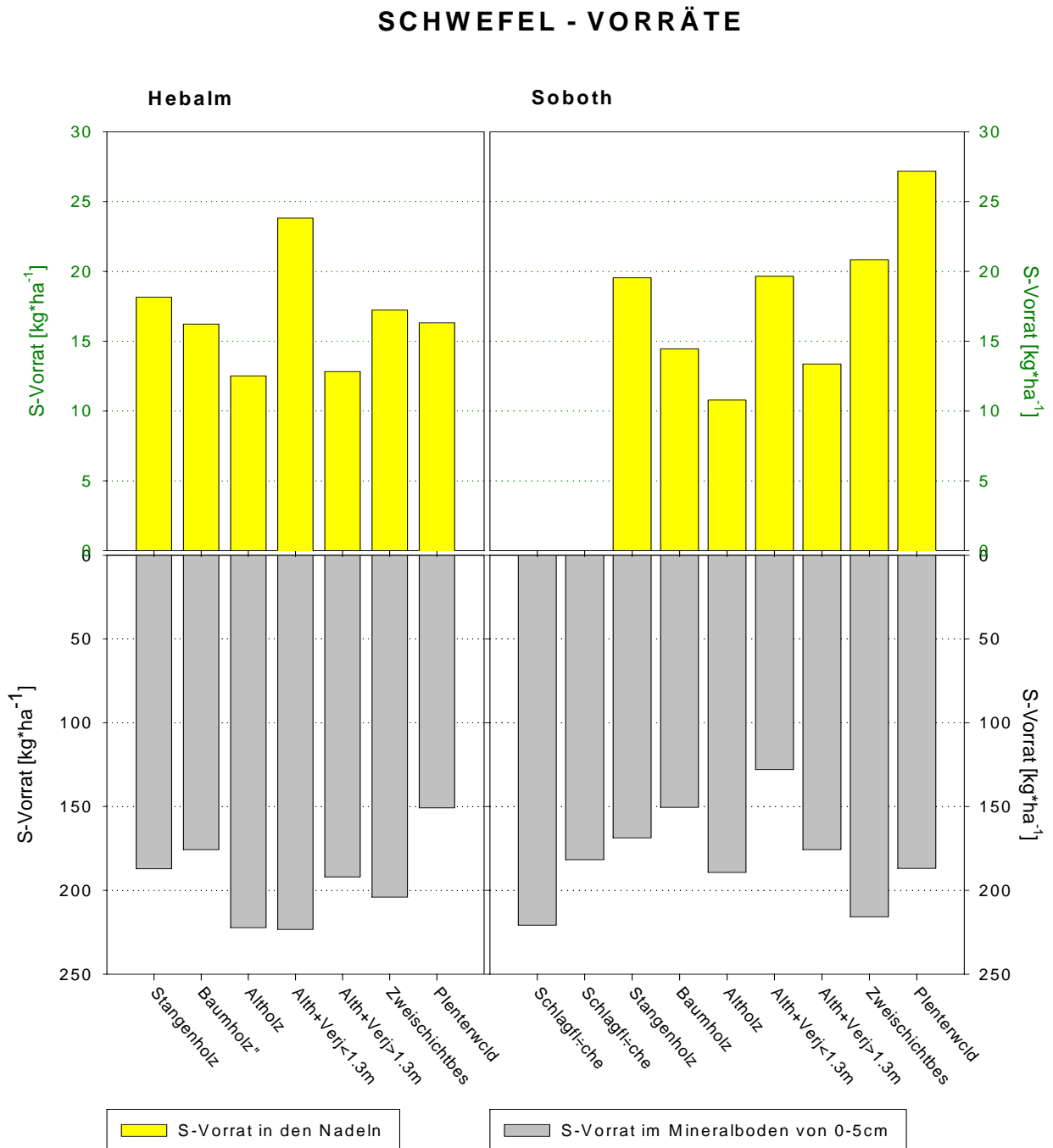


Abbildung 18: Die Schwefel-Vorräte in den Nadeln und in den ersten 5cm Mineralboden.

4.4.7. Aluminium

Aluminiumvorräte gibt es vom Boden und von der Bodenvegetation. Die Hektarwerte der Bodenvegetation sind verschwindend klein. Die Höhe der Auflagevorräte sind auf der Hebalm höher als auf der Soboth. Ein Verlauf, der für die Wuchsreihe charakteristisch ist, konnte nicht festgestellt werden.

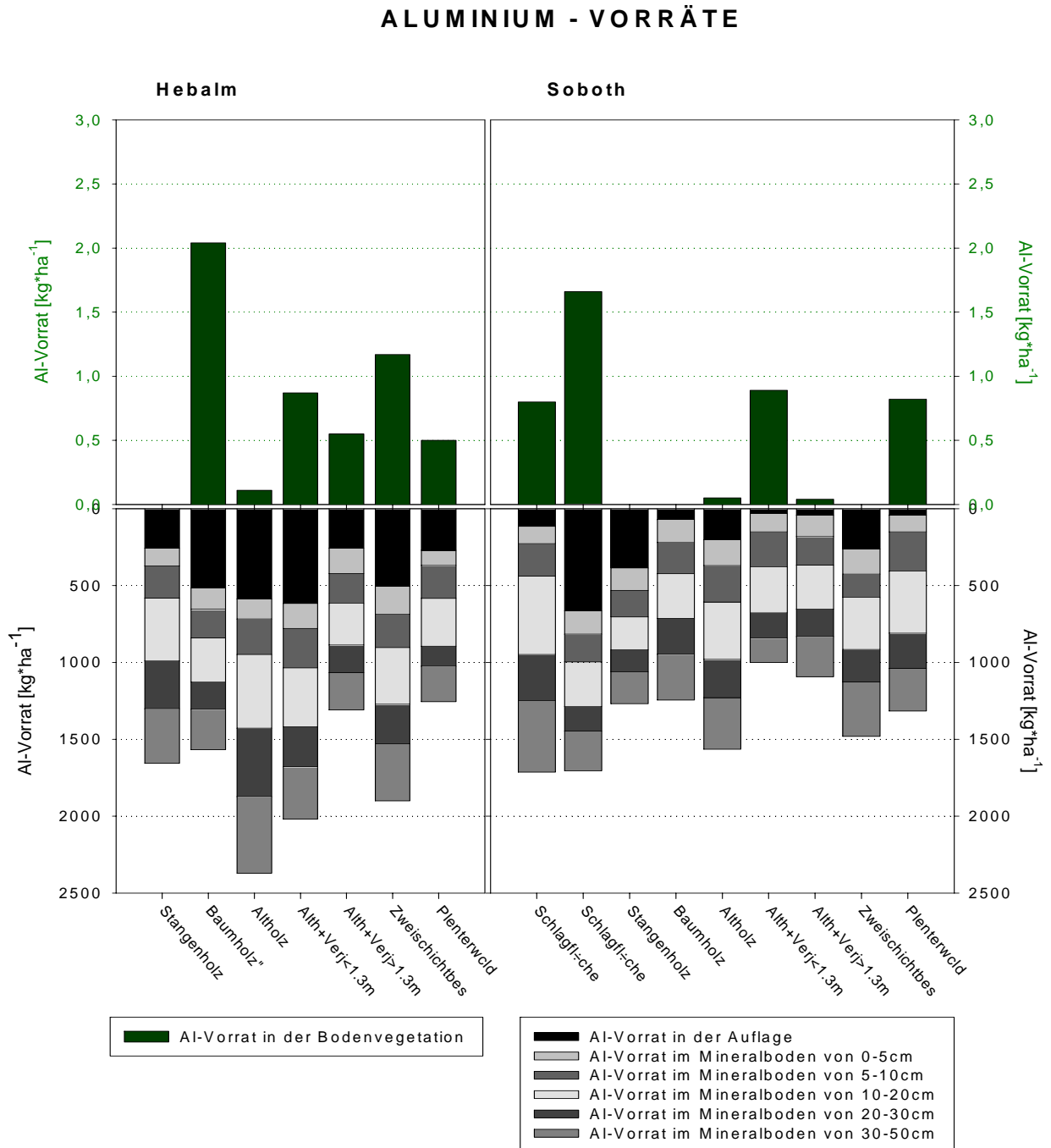


Abbildung 19: Kompartmentierung der Aluminium-Vorräte (ohne Baumschicht).

4.4.8. Eisen

Eisenvorräte sind vom Boden, von der Bodenvegetation, vom Schaftholz und von den Nadeln vorhanden. Erhöhte Vorräte in der Auflage auf der Hebalm unterstreichen die regionale Verschiedenheit. Diese Unterschiede sind womöglich bedingt durch das Ausgangsgestein. Ein Verlauf der Vorräte, welcher die Wuchsreihe charakterisiert, konnte nicht festgestellt werden.

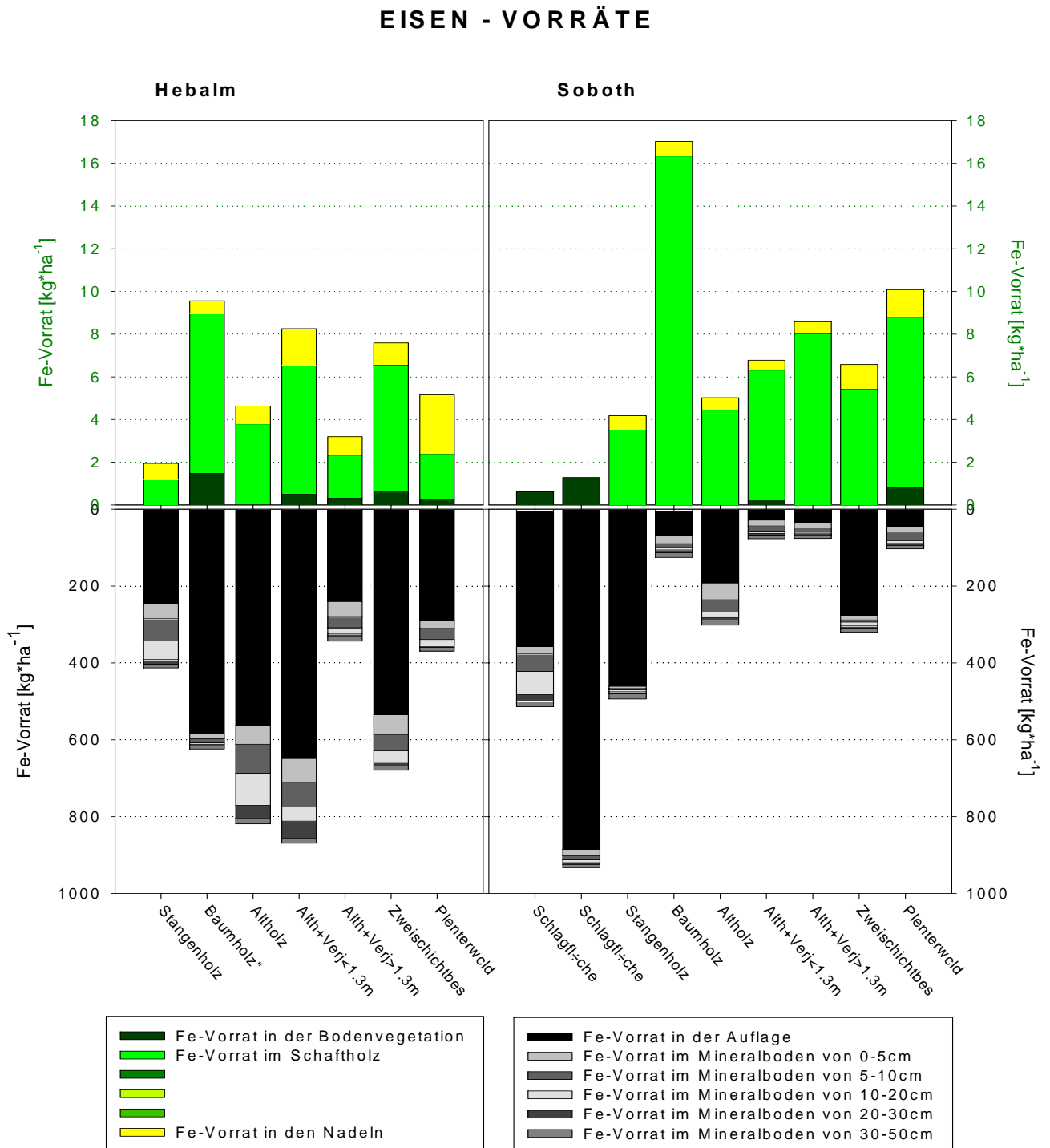


Abbildung 20: Kompartimentierung der Eisen-Vorräte.

4.4.9. Mangan

Bei Mangan konnte kein Verlauf, welcher die Wuchsreihe charakterisiert, festgestellt werden. Für beide untersuchten Gebiete konnte aber festgestellt werden, daß je höher die Mangankonzentrationen im Boden sind um so höher sind die Mangankonzentrationen in der oberirdischen Biomasse.

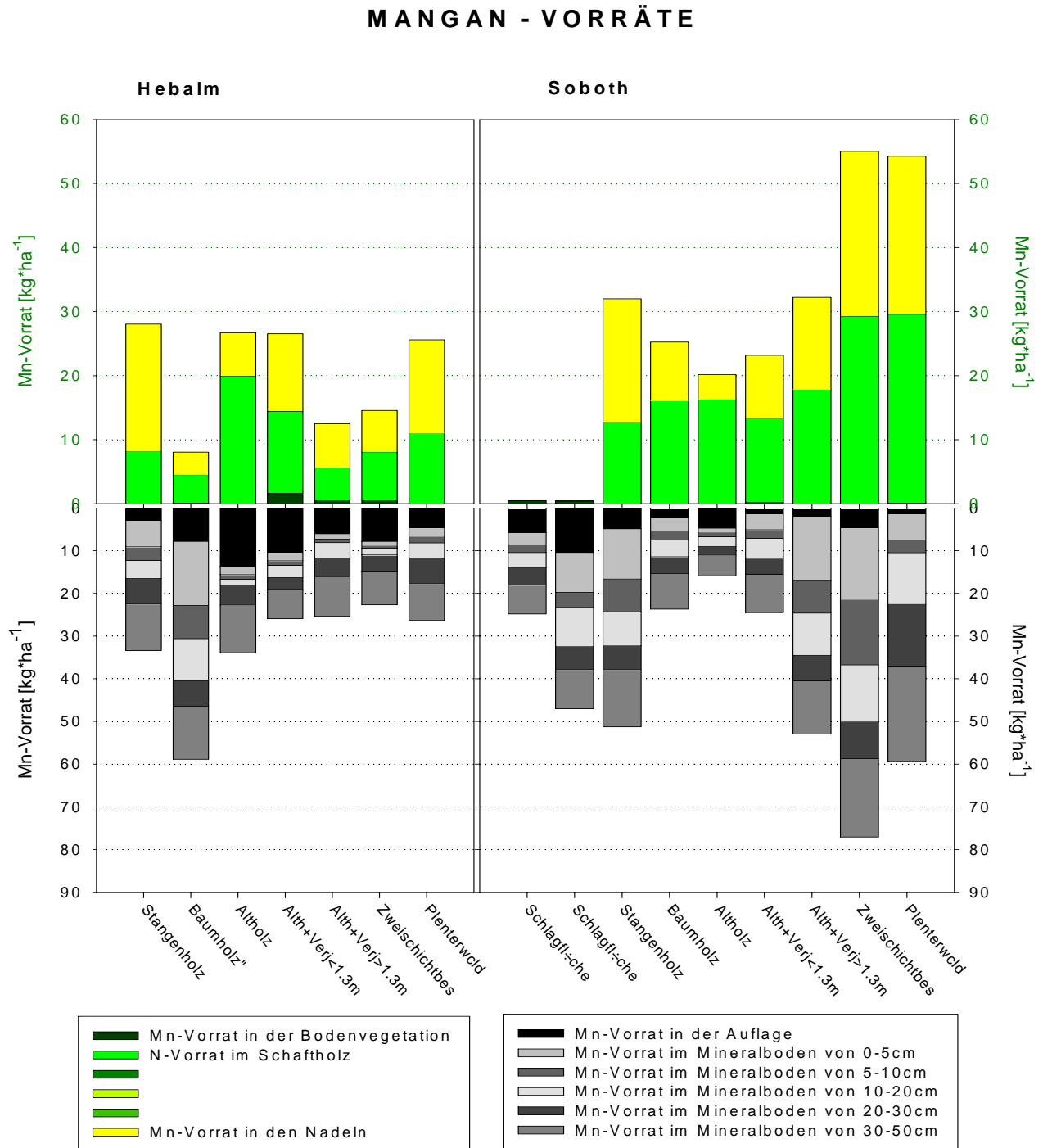


Abbildung 21: Kompartimentierung der Mangan-Vorräte.

4.4.10. Zusammenfassung

Bemerkenswert ist der Verlust an Stickstoff von etwa 3000kg pro Hektar im Boden von Altholz zum Altholz aufgelockert mit beginnender Verjüngung. Warum dieser Verlust so stark ausfällt, krasser als von Altholz zurück zur Schlagfläche, konnte bisher nicht erklärt werden. Können diese Ergebnisse in weiteren Versuchen erhärtet werden, so kann mit erhöhten Stickstofffrachten im Sickerwasser und einer entsprechenden Belastung des Grundwassers gerechnet werden. Hierzu wären weitere Untersuchungen zum Sickerwasserchemismus in dieser sensiblen Bestandesentwicklungsphase notwendig.

Generell kann festgehalten werden, daß ein Wechselspiel zwischen Auflichtung und geschlossenen Bestand stattfindet. Ist die Phase der Auflichtung geprägt durch die Abnahme der Bodenvorräte durch Mobilisierung so nehmen in einem geschlossenen Bestand die Bodenvorräte und die oberirdischen Vorräte zu. Inkonsistenzen ergeben sich durch Substratunterschiede und durch die Bestandesgeschichte. So fand ein erheblicher Nährstoffaustrag aus den Wäldern der Soboth während der Zeit der Glashütten im letzten Jahrhundert statt. Auf der Hebalm wurden die Wälder bis nach dem zweiten Weltkrieg für Weidezwecke genutzt.

4.5. Nutzungsmodelle

Obwohl für die Kostenschätzungen im Rahmen dieses Projektes nur die motor-manuelle Fällung mit anschließender Schlepperrückung im Sortimentungsverfahren zur Anwendung kam, werden im Folgenden auch die Ergebnisse der Untersuchungen beim hochmechanisierten Verfahren im Seilgelände beschrieben.

4.5.1. Motor-manuelle Fällung im Sortimentungsverfahren

Das Modell für die motor-manuelle Fällung im Sortimentungsverfahren wird entsprechend den in Tabelle 4 angegebenen Kovariaten und Faktoren mit folgendem Ausgangsmodell gestartet:

$$\text{Produktivität} = f(\text{bhd}, \text{höhe}, \text{sortimente}, \text{beastung})$$

Es zeigt sich, daß die optimale Transformation für den Brusthöhdurchmesser bei $\text{bhd}^{0,4}$ liegt, die für die Baumhöhe bei $\text{hoehe}^{2,7}$. Weiters haben auch die beiden Kovariaten *sort* und *beast* einen signifikanten Einfluß auf die Leistung. Es ergibt sich daher das folgende Produktivitätsmodell für die motor-manuelle Fällung im Sortimentungsverfahren:

$$\text{prod}_{15} = (-5,13 + 2,67 \cdot \text{bhd}^{0,4} + 0,0002 \cdot \text{hoehe}^{2,7} - 0,37 \cdot \text{nsort} - 0,015 \cdot \text{beast}) / a$$

<i>prod₁₅</i>	Systemproduktivität ($\text{m}^3/\text{PSH}_{15}$)
<i>bhd</i>	Brusthöhdurchmesser (cm)
<i>beast</i>	Beastungsprozent nach ÖBF Sortimentstabelle (%)
<i>hoehe</i>	Baumhöhe (m)
<i>sort</i>	Anzahl ausgeformte Sortimentstücke je Baum (n)
<i>a</i>	Faktor zur Reduktion von prod_0 auf prod_{15}

Der Faktor *a* beträgt für dieses Modell 1,271, d.h. für Unterbrechungen der produktiven Systemzeit bis zu 15min ist ein Zuschlag von rund 27% anzuwenden.

Es ergibt sich für dieses Produktivitätsmodell ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,48$ bei einem Standardfehler des Schätzwertes von 1,75.

Bei der Anwendung des Modelles ist unbedingt zu beachten, daß Aussagen, die auf Grund des Datenmaterials hergeleitet werden, nur in jenem Bereich Gültigkeit haben, der an der unteren Grenze durch das 5-%- und an der oberen Grenze durch das 95-%-Quantil begrenzt ist. Daher werden zur Beschreibung des Gültigkeitsbereiches dieses Modelles die statistischen Kenngrößen der numerischen Variablen für die Fällung angegeben (Tabelle 16) (Stampfer und Daxner, 1998).

Tabelle 16: Statistische Kenngrößen der numerischen Variablen bei der motor-manuellen Fällung im Sortimentsverfahren.

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	0,05 Quantil	0,95 Quantil	Einheit
<i>bhd</i>	36,69	12,65	18,00	58,00	cm
<i>hoehe</i>	24,94	6,11	14,00	34,50	m
<i>beast</i>	76,98	15,27	49,35	92,59	%
<i>nsort</i>	3,61	1,52	1,00	6,00	n
<i>prod₀</i>	4,97	2,67	1,60	10,24	fm/PSH ₀

Für die Anwendung dieses Modelles mit den Informationen aus den Simulationen wurde das Beastungsprozent aus dem Kronenprozent nach der Formel:

$$beast\% = 5,70 \cdot Kronen\%^{0,64}$$

geschätzt. Die Anzahl der Sortimente, *nsort*, ergab sich aus der rechnerischen Sortierung jedes entnommenen Baumes mittels der Sortenertragstafeln von Sterba und Griess (1983).

4.5.2. Rückung mit Schlepper im Sortimentsverfahren

Das Ausgangsmodell für die Schlepperrückung im Sortimentsverfahren ergibt sich entsprechend aus den in Tabelle 5 angeführten Kovariaten und Faktoren.

$$Produktivität = f(stkvol, fuhrvol, stück, dist, zuzug)$$

Es zeigt sich, daß nur für den Einfluß des Stückvolumens eine Transformation erforderlich ist, die bei $stkvol^{0,8}$ liegt. Ausserdem hat die Kovariate *stück* keinen signifikanten Einfluß auf die Leistung. Bei der Prüfung auf 2-Weg-Wechselwirkungen erweist sich der Term $fuhrvol * stkvol^{0,8}$ als signifikant, weshalb er zusätzlich in das Modell aufgenommen wird. Es ergibt sich für die Schlepperrückung im Sortimentsverfahren das folgende Produktivitätsmodell:

$$prod_{15} = (5,47 + 5,45 \cdot stkvoll^{0,8} - 0,17 \cdot zuzug + 1,6 \cdot fuhrvol \cdot stkvoll^{0,8} - 0,005 \cdot dist) / a$$

$prod_{15}$	Systemproduktivität (fm/PSH ₁₅)
$stkvoll$	Durchschnittliches Stückvolumen pro Fuhre (fm in Rinde)
$fuhrvol$	Durchschnittliches Fuhrvolumen (fm in Rinde)
$dist$	Rückedistanz je Zyklus (m)
$zuzug$	Seitliche Zuzugsdistanz (m)
a	Faktor zur Reduktion von $prod_0$ auf $prod_{15}$

Der Faktor a beträgt 1,27. Das Modell weist ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,81$ bei einem Standardfehler des Schätzwertes von 2,74 aus, die den Gültigkeitsbereich beschreibenden statistischen Kenngrößen sind aus Tabelle 17 ersichtlich.

Tabelle 17: Statistische Kenngrößen der numerischen Variablen bei der Rückung mit Schleppern im Sortimentsverfahren.

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	0,05 Quantil	0,95 Quantil	Einheit
$dist$	122,16	116,25	10,00	420,00	m
$zuzug$	8,24	4,87	2,00	18,00	m
$fuhrvol$	3,68	1,61	1,00	6,22	fm
$stkvoll$	0,52	0,39	0,07	1,40	fm
$prod_0$	10,53	6,14	3,42	22,74	fm/PSH ₀

Für die Anwendung auf die simulierten Nutzungen ergab sich das Stückvolumen aus der gesamten Nutzungsmenge dividiert durch die Anzahl der Sortimente, $nsort$. Durch Unterstellung eines Rückegassenabstandes von 50m, ergab sich der Zuzug mit 17m. Das Fuhrvolumen, $fuhrvol$, wurde mit dem mittleren Wert von 3,68efm (Tab. 15) angenommen. Der Abstand zur Forststraße, $dist$, wurde unter Annahme einer Bestandesgröße von 2 ha mit 95 m angenommen.

4.5.3. Baumverfahren im Seilgelände mit Prozessorkippmast

Für das Baumverfahren im Seilgelände ergibt sich das Ausgangsmodell wiederum entsprechend aus den in Tabelle 6 dargestellten Kovariaten und Faktoren.

$$Produktivität = f(baumvol, stück, dist, zuzug)$$

Wiederum ist für das Stückvolumen eine Transformation erforderlich, die bei $stkvoll^{0,6}$ liegt. Alle anderen Kovariaten weisen einen signifikanten linearen Einfluß auf die Leistung auf. Es ergibt sich daher für das Baumverfahren im Seilgelände mit Prozessorkippmastgerät das folgende Produktivitätsmodell:

$$prod_{15} = (34,7 + 2,64 * stk - 0,022 * dist - 17,51 * stkvol^{-0,6} - 0,192 * zuzug) / a$$

$prod_{15}$	Systemproduktivität (fm/PSH ₁₅)
stk	Anzahl der angehängten Bäume und Wipfelbruchstücke (n)
$dist$	Rückedistanz je Zyklus (m)
$stkvol$	Durchschnittliches Stückvolumen pro Fuhre (fm in Rinde)
$zuzug$	Seitliche Zuzugsdistanz (m)
a	Faktor zur Reduktion von $prod_0$ auf $prod_{15}$

Der Faktor a beträgt für die hochmechanisierte Nutzung mit Prozessorkippmastgerät 1,215. Bei einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,53$ liegt der Standardfehler des Schätzwertes für dieses Modell bei 4,4. Der Gültigkeitsbereich des Modelles wird wieder durch die statistischen Kenngrößen für die aufgenommenen Zyklen, insbesondere das 5%- und 95%-Quantil, beschrieben (Tabelle 18).

Tabelle 18: Statistische Kenngrößen der numerischen Variablen bei der hochmechanisierten Holzernte im Seilgelände (Baumverfahren mit Prozessorkippmastgerät).

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	0,05 Quantil	0,95 Quantil	Einheit
dist	196,66	67,22	70,00	290,00	m
zuzug	11,41	7,58	1,35	26,65	m
stk	2,66	0,85	2,00	4,00	n
fuhrvol	3,61	1,12	1,59	5,32	fm
stkvol	1,47	0,60	0,58	2,55	fm
prod ₀	19,90	6,39	10,53	30,88	fm/PSH ₀

4.5.4. Kostenberechnung

Zur Berechnung der tatsächlichen Kosten für die simulierten Nutzungen wurden in Anlehnung an Erhebungen im Stift Schlägl die folgenden Werte unterstellt:

Als Nettostundenlohn für Waldarbeiter mit Säge wurden ATS 144,78 angenommen. Dazu kommen 103% Lohnnebenkosten und 8% (vom Bruttolohn) Werkzeugpauschale und ATS 18,93 /efm Motorsägen-Instandhaltungpauschale.

Für die Schlepperrückung wurden je Stunde ATS 250,- als Schlepper-Abschreibung, und ATS 112,5 + ATS 104,8 für den Schlepperfahrer bzw. den Beifahrer unterstellt. Die beiden letzteren Positionen waren wieder mit einem Lohnnebenkostenzuschlag von 103% zu versehen.

4.6. Schäden infolge der Nutzung

4.6.1. Bodenschäden

Insgesamt wurden auf 3 Probeflächen die Oberflächenveränderungen des Bodens aufgenommen, wobei 1541 Stichprobepunkte nach der in Kapitel 2.3.2.2 dargestellten Methodik betrachtet wurden. An 372 Probepunkten wurde eine negative Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit festgestellt, was einem Wert von 24% entspricht. Durchschnittlich lag die Veränderung der Schadensklasse bei 1,67 Stufen, d.h. die Veränderung der Bodenoberfläche war bei den meisten beeinflussten Punkten eher gering. Im Vergleich zu verschiedenen internationalen Studien zeigt sich, daß bei den vorliegenden Probeflächen die Veränderung der Bodenoberfläche durch den seitlichen Zuzug und die Befahrung mit dem Forstschlepper durchschnittlich ist (Kockx et al., 1995; Meek, 1995; Phillips, 1996).

4.6.2. Schäden an der Verjüngung

Die Verteilung der Verjüngung über der Höhe der Verjüngungspflanzen, die aus Abbildung 22 ersichtlich ist, bezieht sich nur auf die beiden beobachteten Probeflächen mit Schlepperrückung. Betrachtet man die berechneten, kumuliert aufgetragenen Werte je Hektar, so zeigt sich, daß hinsichtlich der Mischung in etwa auch jene Baumarten vertreten sind, die auch in der Verjüngung der Dauerwaldserien auf der Hebalm und in der Soboth angetroffen wurden. Die Anteile unterscheiden sich jedoch und insgesamt scheinen die Anzahlen an der oberen Grenze der Verjüngungen in der Soboth bzw. auf der Hebalm zu liegen.

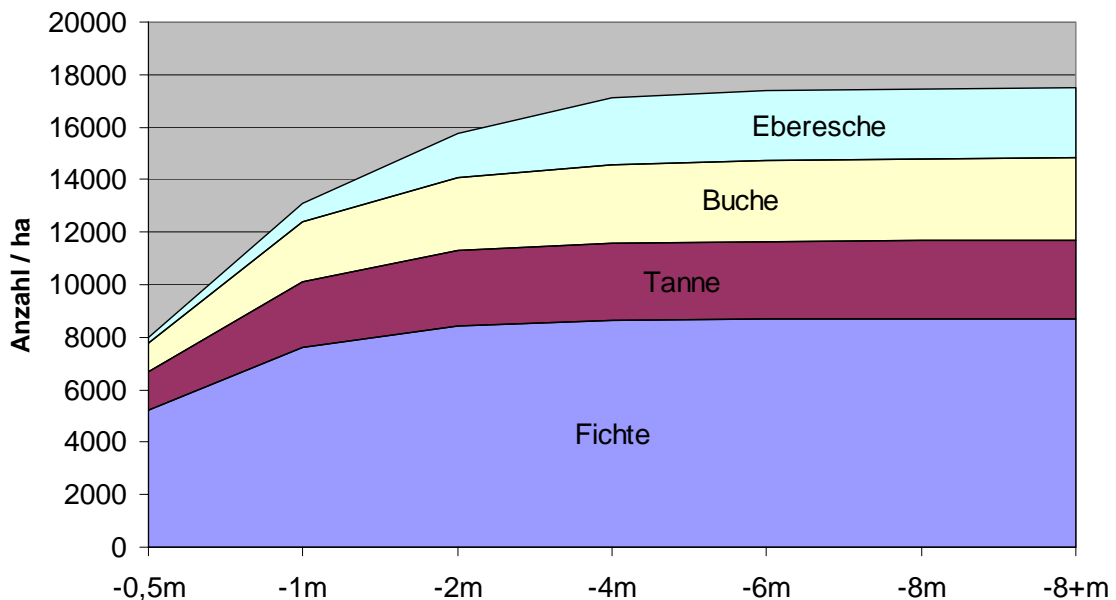


Abbildung 22: Verteilung der Verjüngung über die Höhenstufen vor der Nutzung auf den Probeflächen mit Schlepper-Rückung (kumuliert, je ha).

Aus den folgenden Abbildungen erkennt man, daß selbst bei Ausfällen infolge der Nutzungen in den untersuchten Wuchsreihen sicherlich genug Pflanzen nach Höhe und

Mischung übrig blieben, um die darauf folgenden Entwicklungsstadien entstehen zu lassen. Ausserdem kann man vermuten, daß sich die Produktivitätsmodelle auch auf die Verjüngungsverhältnisse auf der Hebalm oder in der Soboth übertragen lassen.

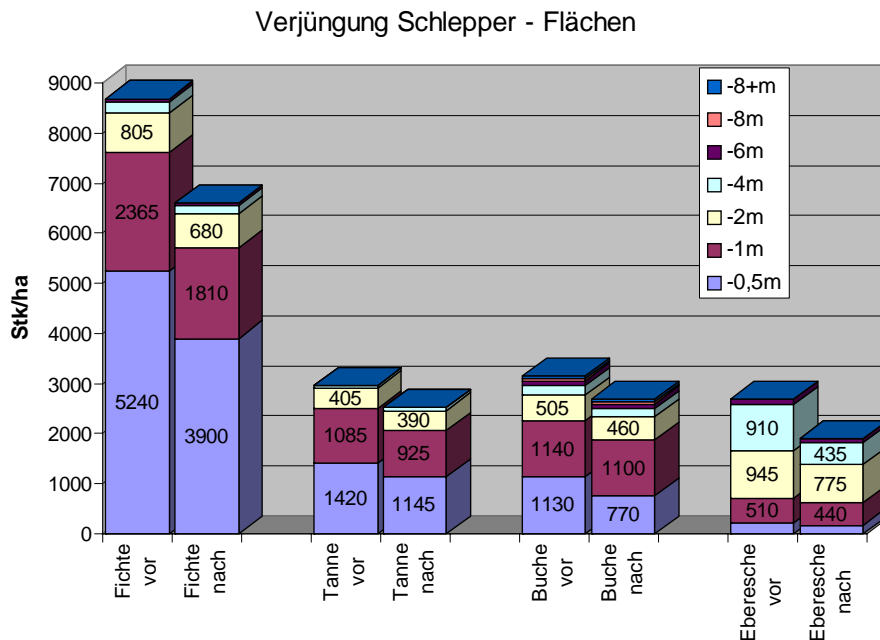


Abbildung 23: Verjüngungszahlen vor und nach der Holzernte auf den Probeflächen mit Schlepper-Rückung.

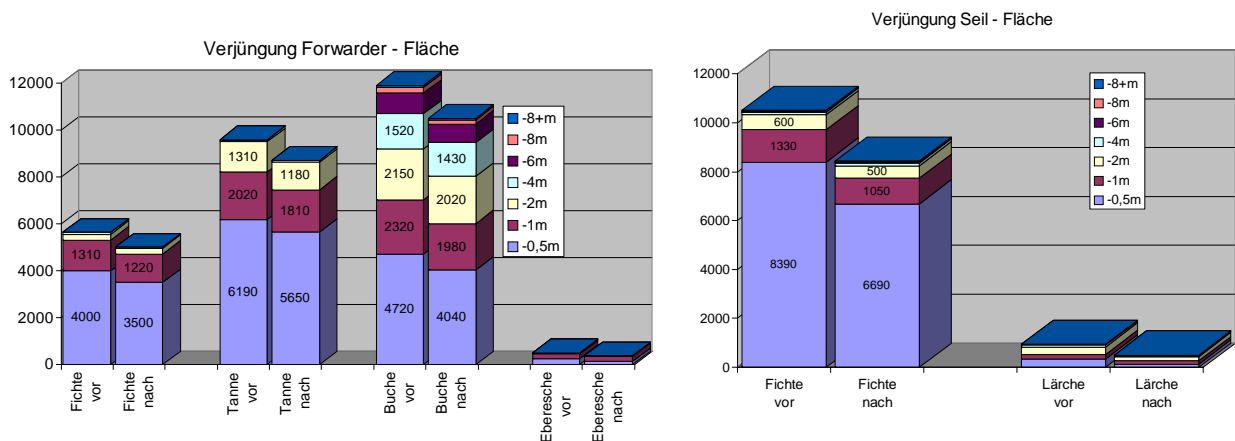


Abbildung 24: Verjüngungszahlen vor und nach der Holzernte auf den Probeflächen mit Forwarder- und Seil-Rückung.

Vergleicht man die Verjüngungszahlen vor und nach der Holzernte auf den verschiedenen beobachteten Probeflächen, dann zeigt sich, daß der Verjüngungsausfall auf den Schlepper- und Seilflächen etwa gleich hoch ist. Bei beiden Verfahren findet man einen Ausfall in der Höhe von rund 22%. Bei den mit Forwarder genutzten Flächen liegt das durchschnittliche Ausfallsprozent allerdings nur bei rund 11%.

Eine mögliche Erklärung für diesen Unterschied besteht darin, daß bei der Sortimentsrückung mit Forwarder im Vergleich zur Schlepper- und Seilrückung ein großer Teil der Zuzugsphase entfällt, da zumindest Sortimentsstücke mit geringem bis mittlerem Durchmesser angehoben und ohne Bodenzug aus dem Bestand entnommen werden können.

Insgesamt sind die nutzungsbedingten Stammzahlreduktionen bei allen Flächen so niedrig und wenig selektiv, daß auch die Baumartenmischung in der Verjüngung durch die Nutzung nicht verändert und daher auch nicht gefährdet wird.

4.6.3. Schäden am Bestand

Tabelle 19 gibt eine kurze Übersicht über die auf 3 Probestellen mit Schlepper-Rückung festgestellten Bestandesschäden nach dem Abschluß der Holzernte.

Tabelle 19: Anzahl der Bäume im verbleibenden Bestand und überwiegend festgestellte Schäden.

Fläche	Sonnenwald	Schwarzenberg	Hochficht	Gesamt
Bäume gesamt	757	150	279	1186
mit alten Schäden	166 (22%)	44 (29%)	113 (41%)	323 (27%)
mit neuen Schäden	116 (15%)	15 (10%)	46 (16%)	177 (15%)
gesamt geschädigt	272 (36%)	59 (39%)	145 (52%)	476 (40%)
Ort	Stock bzw. (0,3-1m)	Stock	Stock	Stock / 0,3-1m
Größe	10-50 / 51-200 cm ²	10-50 (51-200) cm ²	51-200 (10-50) cm ²	10-50 / 51-200 cm ²
Art	Rinde entfernt	Rinde entfernt	Rinde entfernt	Rinde entfernt

Bei einem Vergleich mit internationalen Studien (z.B. Meek, 1995; Mitchell, 1996; Richardson und Gingras, 1995) stellt man fest, daß die Anzahl der frisch geschädigten Bäume mit anderen Versuchen vergleichbar ist oder sogar darunter liegt. Meek (1995) berichtet bei hochmechanisierten Nutzungen von neu entstandenen Schäden in der Höhe von 19%, bei Mitchell (1996) liegen die Anteile der neu geschädigten Bäume bei 9 bis 28% des verbleibenden Bestandes, wobei beide Extremwerte bei konventionellem Nutzungsverfahren (mit Schlepper) auftraten.

Der Ort der Schädigung liegt erwartungsgemäß auf allen Flächen vorwiegend im Bereich des Stockes, teilweise auch in der nächsten Höhenstufe (bis 1m Höhe) (vgl. Butora und Schwager, 1986; Meng, 1978). Teilt man die Schäden nach ihrer Größe in verschiedene Klassen auf, so sind die Klassen von 10-50cm² und von 51-200cm² etwa gleich stark besetzt. Nach Meng (1978) ist bei einer Schadensgröße von 11-30cm² mit einem Fäuleprozent von rund 12% zu rechnen, bei einer Größe von 101-200cm² wird ein Fäuleprozent von rund 39% erwartet.

Die häufigste Art der Verletzung ist die Entfernung der Rinde ohne Verletzung des Holzkörpers. Verletzungen, bei denen nur die Rinde gequetscht wurde, aber am Stamm haften bleibt, führen nur selten zu Pilzinfektionen. Wird die Rinde beschädigt und/oder der

Holzkörper freigelegt, dann steigt das Infektionsrisiko sprunghaft an, bei beschädigtem Holzkörper ist die Infektionswahrscheinlichkeit um 40-50% höher als bei nur freiliegendem Holzkörper (Butora und Schwager, 1986).

4.7. Zuwachs und Ertrag

Hinsichtlich des Vergleiches einer schlagweisen Betriebsklasse, einer Überföhrungs- betriebsklasse und einer Plenterwaldbetriebsklasse sind in den folgenden Tabellen die Ergebnisse der aneinander gereihten Simulationen entsprechend der Abbildung 8 zusammengestellt. Dabei ist zu beachten, daß sich durch das Aneinanderreihen von realen Beständen und simulierten Übergängen für einzelne Perioden mitunter unerwartet hohe oder niedrige Zuwächse ergeben können. Der Vergleich hat sich also jeweils auf die ganzen Betriebsklassen und nicht auf die einzelnen Perioden zu konzentrieren.

Tabelle 20: Zuwachs- und Gesamtwuchsleistungen der schlagweisen Wuchsreihe „Hebalm“.

	verbleibend		ausscheidend		gesamt		
	Alter	V/ha	Periodenlänge	V/ha	GWL	IGz	dGz
Stangenholz	32	243			243		7,6
			15	94		12,1	
Baumholz	59 [47]	331			425		8,0
			40	70		7,6	
Altholz	131 [99]	565			729		6,3

Tabelle 21: Zuwachs- und Gesamtwuchsleistungen der Übergangswuchsreihe „Hebalm“.

	verbleibend		ausscheidend		gesamt		
	Alter	V/ha	Periodenlänge	V/ha	GWL	IGz	dGz
Baumholz	59	331			425		7,2
			20	93		19,2	
Verj. <1,3	102 [79]	635			822		8,0
			5	306		0,0	
Verj. >1,3	113 [107]	326			819		7,7
			60	459		10,7	
Zweischicht	71 [137]	508			1460		8,7
			50	263		4,9	
Plenterwald	[217]	489			1704		7,9

Aus der 35-jährigen Simulation des Plenterwaldes auf der Hebalm, in der durch Zuwachs und Nutzung die BHD-Verteilung erhalten blieb, ergab sich ein jährlicher Volumszuwachs von 6,2 VfmS/J,ha. Eine Überprüfung dieses Ergebnisses mit dem Simulator PROGNAUS (Monserud et al., 1997) mit den Koeffizienten aus Hasenauer (1999) ergab einen laufenden Volumszuwachs von 7,9 efmS/J,ha sodaß angenommen werden kann, daß MOSES wegen

des unterstellten Höhenzuwachspotentials einer Ertragstafel die Zuwächse des Plenterwaldes doch etwas unterschätzt hat.

Tabelle 22: Zuwachs- und Gesamtwuchsleistungen der schlagweisen Wuchsreihe „Soboth“.

	verbleibend		ausscheidend		Gesamt		
	Alter	V/ha	Periodenlänge	V/ha	GWL	LGz	dGz
Stangenholz	40	317			317		7,9
			15	116		16,4	
Baumholz	55 [55]	447			563		10,2
			75	220		2,3	
Altholz	126 [130]	400			736		5,8

Tabelle 23: Zuwachs- und Gesamtwuchsleistungen der Übergangswuchsreihe „Soboth“

	verbleibend		ausscheidend		Gesamt		
	Alter	V/ha	Periodenlänge	V/ha	GWL	LGz	dGz
Baumholz	55	447			563		10,2
			45	378		7,9	
Verj. < 1,3	103 [100]	423			917		8,9
			15	134		1,9	
Verj. > 1,3	112 [118]	318			946		8,4
			25	2		9,0	
Zweischicht	96 [137]	540			1170		8,5
			25	240		6,8	
Plenterw.	[162]	471			1341		8,3

Aus der 20-jährigen Simulation des Plenterwaldes in der Soboth, in der durch Zuwachs und Nutzung die BHD-Verteilung erhalten blieb, ergab sich ein jährlicher Volumszuwachs von 12,0 VfmS/J,ha (mit PROGNAUS 9,1 VfmS/J,ha).

Wäre nur die Volumsleistung ausschlaggebend, dann kann für beide Regionen wie folgt verallgemeinert werden. Ließe man die Übergangswuchsreihe mit dem Zweischichtbestand enden, dann wäre der dgz mit 8,7 bzw. 8,5 VfmD in beiden Fällen höher als in der schlagweisen Wuchsreihe mit einem Umtrieb von ca. 125 Jahren. Berücksichtigte man noch zusätzlich die Tatsache, daß nach einem Abtreiben der ersten Schicht im Zweischichtbestand schon eine ausreichende Verjüngung vorhanden ist, die nach ihrer Höhe beurteilt auf der Hebalm etwa einer 5-jährigen Kultur, in der Soboth aber einer schon 20-jährigen gepflegten Dickung entspräche, dann wäre dieser Unterschied zur schlagweisen Betriebsklasse mit 9,0 bzw. 10,0 VfmS/J,ha noch größer. Das spräche also durchaus für einen Verjüngungsbetrieb, in dem die erste Generation (im Sinne von Assmann, 1965) etwa 135 Jahre alt wird, die Umtriebszeit unter Berücksichtigung des Überlappungszeitraumes (Assmann, 1965) aber um 5 bis 20 Jahre kürzer wäre.

In den Plenterbeständen ist der Zuwachs gegenüber dem dgz des „Zweischichtbetriebes“ auf der Hebalm um ca. 10% geringer, in der Soboth dagegen, je nach verwendetem Modell

um 7 bzw. 40% höher. Die aus den Simulationen errechneten mittleren Erntedimensionen (Abbildung 25) lassen allerdings unter Beachtung der Wertleistung eine andere Beurteilung erwarten.

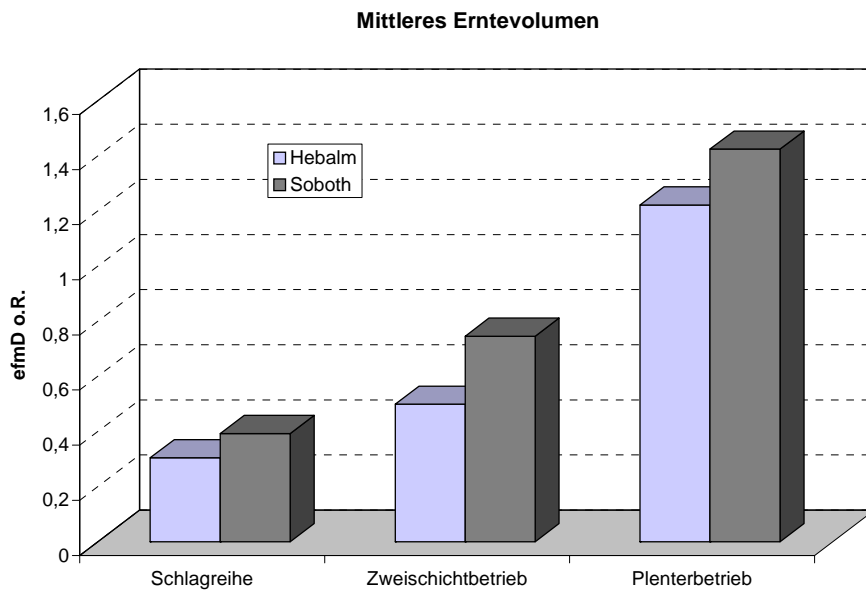


Abbildung 25: *Erntevolumina je genutztem Baum im Durchschnitt aller Nutzungen der drei Betriebssysteme: Kahlschlagbetrieb mit $u \sim 125$, Naturverjüngungsbetrieb mit Nutzung des Altholzes nach ca. 135 Jahren, und Plenterbetrieb.*

Zur Berechnung der Erträge wurden dann die Kosten wie unter 4.5.4 besprochen berechnet, wobei für Bäume mit $BHD < 10\text{cm}$ nur Fällungskosten, aber keine Rückekosten, dafür aber auch keine Erlöse eingesetzt wurden. Für alle übrigen Sortimente wurden die Erlöse gemäß Tabelle 24 verwendet.

Tabelle 24: *Erlöse in ATS/efmD o.R. nach Stärkeklassen.*

Stärkeklasse	sonst. NH	1b	2a	2b	3a	3b	4+
ATS/efmD o.R.	450,-	830,-	1020,-	1050,-	1070,-	1080,-	1090,-

Mit diesen Erlösen für die Nutzungen und den Ernte- und Rückekosten nach den Produktivitätsmodellen wurden die Deckungsbeiträge pro Jahr und Hektar für vier Betriebsklassen berechnet (Tabelle 25):

1. Schlagweise Betriebsklasse mit einem Umtrieb von 99 bzw. 126 Jahren für die Hebalm bzw. die Soboth.
2. Betriebsklasse „Naturverjüngungsbetrieb“ mit einem Umtrieb von 132 bzw. 117 Jahren für die Hebalm bzw. die Soboth (Alter des Zweischichtbestandes minus Überlappungszeitraum).
3. Umstellungsbetriebsklasse mit einem Umtrieb bis zum Erreichen des Plenterstadiums. Diese Betriebsklasse geht nach dem Erreichen des Plenterstadiums in einen Plenterwald über, die erste Generation wird also nicht im Sinne einer Räumung genutzt.
4. Plenterwald – ohne Umtriebszeit, sondern für einen 35 (Hebalm) bzw. 20-jährigen (Soboth) Beobachtungszeitraum, innerhalb dessen die Durchmesserverteilung stabil gehalten wird.

Tabelle 25: Deckungsbeiträge [ATS/ Jahr und Hektar] für die vier Betriebsklassen.

	Revier	
	Hebalm	Soboth
Schlagweiser Betrieb	2828	4269
Naturverjüngungsbetrieb mit Räumung	5840	5080
Übergangsbetriebsklasse	4439	4476
Plenterwald [MOSES]	3958	7588
Plenterwald [PROGNAUS]	5790	5077

Für die Annahme, daß die sich aus den Oberhöhenverläufen der Ertragstafel ergebenden Höhenwachstumspotentiale erst bei den hohen Altern vom tatsächlichen Potential abweichen, gibt es immerhin einige Hinweise (Sekot, 1990; Röhle, 1995; Sterba, 1993). Es wären daher die Plenterwald-Zuwachsschätzungen [Alter 217 bzw. 162] von PROGNAUS richtiger als jene von MOSES, und die Schätzungen für den Übergang vom Zweischichtbestand [137-217 Jahre, bzw. 137-162 Jahre] durch MOSES eher etwas zu niedrig.

Dann wären selbst unter der Annahme, daß die Schaftqualitätsverteilung im Plenterwald nicht besser ist als in den übrigen Betriebsklassen, im Plenterwaldbetrieb ebenso wie in der Übergangsbetriebsklasse der Deckungsbeitrag pro Jahr und Hektar deutlich höher als im Schlagweisen Betrieb (unter Berücksichtigung der Kultur und Pflegekosten bis zum Stangenholz wären die Deckungsbeiträge/J,ha im schlagweisen Betrieb noch niedriger als in Tabelle 25 angeführt), und etwa in der gleichen Höhe wie im Naturverjüngungsbetrieb mit Räumung.

4.8. Betriebsumfrage

4.8.1. Allgemeines

Die eingelangten Fragebögen aus 28 privaten Forstbetrieben repräsentieren eine Wirtschaftsfläche von 130.000 ha und weisen einen Einschlag von über 700.000 fm (=Summe der Angaben von 24 Betrieben) aus. Alle Forstbetriebe gaben an, daß die grundsätzliche finanzielle Zielvorgabe das Erwirtschaften von Gewinnen ist. Abgesehen von einem Forst-

betrieb mit einem Laubholzanteil von 75% liegt der Nadelholzanteil in allen anderen Forstbetrieben bei durchschnittlich 93%.

Die Charakterisierung der Betriebe nach der Lage ergab sich durch die Unterschiede bei der durchschnittlichen Seehöhe, der durchschnittlichen Hangneigung und bei der Walderschließung (geringere Erschließung im Gebirge).

4.8.2. Vergleich: DAUERWALD (DW) – SCHLAGWALD (SW)

4.8.2.1. Derzeitiger Zustand

15 der 28 befragten Forstbetriebe geben an, daß ihr derzeitiger DW-Flächenanteil zwischen 0 und 10% liegt (= Schlagwaldbetriebe). 6 Forstbetriebe schätzen ihren derzeitigen DW-Anteil zwischen 30 und 40% (=Ü-Betriebe). 5 Forstbetriebe geben an, ihr DW-Flächenanteil ist über 65% (=DW-Betriebe) (*siehe auch 3.2*).

5 Betriebe geben an, auch in Zukunft ihren Wald nur schlagweise zu nutzen, währenddessen alle anderen befragten Betriebe die DW-Flächen im Betrieb erhalten bzw. vermehren wollen. So soll sich der Anteil des DW in allen befragten Betrieben von heute 20% (~26.000 ha Wirtschaftswald) auf 39% (~50.000 ha) erhöhen, also praktisch verdoppeln.

4.8.2.2. Gründe für Umstellung

Die Gründe für eine Umstellung auf DW können vielfältig sein. So nannte Günther (1983) acht Gründe, warum die Idee einer naturnahen Waldwirtschaft bei privaten Forstverwaltungen besonderen Anklang findet. Es sind dies: 1. Handlungsfreiheit 2. Langfristige Lebensarbeit für Betriebs und Revierleiter 3. Krisensituation 4. Steuerliche Beweglichkeit 5. Vermindertes Betriebsrisiko 6. Nachhaltigkeit der Bodenfruchtbarkeit 7. Wertzuwachs der Bestände höher 8. Waldschönheit)

Auch Faust (1996) führt für seinen Betrieb die Motive für die Umstellung an. Für Faust sind die wesentlichsten Gründe das Arbeiten mit der Natur, die Bewahrung von Stabilität und Stetigkeit, die Produktion von Stark- und Wertholz, die Gewinnung waldbaulicher Freiheit, die Schonung des Naturhaushaltes, die Förderung der Waldästhetik und die Kostenminimierung durch Ausnutzung der biologischen Abläufe.

Laut Aussagen der Betriebsleiter sind die wesentlichsten Gründe für eine Umstellung auf DW ökologische Gesichtspunkte und die höhere Betriebssicherheit. Erfahrungen in anderen Betrieben, höhere Erträge und geringere Kosten sind weitere Umstellungsgründe. Holzabnahmegarantien, Druck von außen oder der Eigentümer selbst beeinflussen die Umstellungsabsichten der Betriebsleiter nicht.

Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung zwischen den Meinungen in der zitierten Literatur und derjenigen der befragten Betriebsleiter.

Die befragten Betriebsleiter bewerteten mit Hilfe einer 5teiligen Skala die Überführungsgründe wie folgt:

Table 26: mögliche Gründe für eine Überführung von Schlagwald in Dauerwald und deren Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5)

1	2	3	4	5
Überführungsgrund	Ø_{alle}	Ø_{SW}	Ø_Ü	Ø_{DW}
Vorgabe des Eigentümers	3,4	3,5	3,8	2,5
Höhere Erträge	2,5	2,7	2,4	2,0
Geringer Kosten	2,3	2,5	2,2	2,4
Höhere Marktflexibilität	2,6	3,0	2,0	2,2
Garantie von Käufern, Holz aus Dauerwald nachhaltig abzunehmen	4,3	4,2	4,8	4,2
Druck der Gesellschaft	3,8	3,7	3,7	4,2
Ökologische Gesichtspunkte	2,0	2,3	1,5	1,4
Empfehlung von anerkannten Wissenschaftern	2,7	2,9	3,0	2,2
Resultate von eigenen Versuchsflächen	2,6	3,0	2,2	2,4
Erfahrung in anderen Betrieben	2,4	2,5	2,3	2,4
Höhere Betriebssicherheit	2,1	2,0	2,0	2,4
Punktesumme	30,7	32,3	29,9	28,3

Die Urteile liegen so eng beisammen, sodaß daraus keine überzeugenden unterschiedlichen Überführungsgründe abgeleitet werden können.

4.8.2.3. Ökonomische Merkmale

4.8.2.3.1. Kapitalbindung und Verzinsung

Turkheim (1993) meint, die naturnahe Waldwirtschaft braucht höhere Kapitalien pro Hektar, hauptsächlich im Wert des produzierenden Holzvorrates.

Die zu erwartende Vorratserhöhung bei einer lang anhaltenden naturgemäßen Bewirtschaftung errechnet sich Scheeder (1993). Bei der gutachtlichen Annahme einer um 50% reduzierten Fläche der ersten Altersklasse erhöht sich der Holzvorrat eines fünfgeteilten Altersklassenmodells um 11%, bei der Annahme eines völligen Verschwindens der ersten Altersklasse unter den Schirm der anderen errechnet sich sogar eine theoretische Erhöhung um 25%.

Sagl (1993) nimmt Stellung zur Frage der Verzinsung von Aufwendungen für die Waldpflege, die seiner Meinung der Bedeutungslosigkeit anheim fällt. Die Zeit im „Naturnahen“ Wald habe keine Bedeutung mehr, da Nutzung und Verjüngung synchron abgestimmt sind.

Im Fragebogen gab es zu diesem Thema zwei Fragen.

Der Wert des Holzvorrates pro Hektar ist laut den befragten Betriebsleitern im DW größer als im SW.

Ob die Verzinsung des Waldvermögens im DW höher ist als im SW, darüber sind sich 13 Betriebsleiter nicht sicher. 8 Betriebsleiter bejahen die Feststellung, 6 Betriebsleiter verneinen sie.

Tabelle 27: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Kapitalbindung und Verzinsung

Kapitalbindung und Verzinsung	$\bar{\emptyset}_{\text{alle}}$	$\bar{\emptyset}_{\text{SW}}$	$\bar{\emptyset}_{\text{Ü}}$	$\bar{\emptyset}_{\text{DW}}$
Wert des Holzvorrates im DW>SW	2,3	2,2	2,2	2,4
Verzinsung im DW>SW	2,9	3,0	2,7	2,8

Diese Aussagen der Literatur und der befragten Betriebsleiter sind Belege für erhebliche Wissensdefizite und ungeprüfte Vorurteile.

Bei quantitativ und wertmäßig höherem Holzvorrat im Dauerwald müsste der Wertzuwachs dort erheblich größer sein als im schlagweisen Hochwald, um eine deutlich höhere Verzinsung zu bewirken. Daraus kann lediglich ein Forschungsbedarf abgeleitet werden.

4.8.2.3.2. Erträge

Publizierte Ertragsberechnungen von DW und SW basieren im generellen auf Modellberechnungen. Schlecht berechenbare Parameter, wie Risikoeinflüsse wurden in älteren Publikationen durch Annahmen ersetzt bzw. gar nicht berücksichtigt. Mit der Möglichkeit, das Wachstum mit neuen Computer-Programmen nicht nur bestandesweise sondern auch einzelbaumweise zu simulieren, können auch Ertragsentwicklungen genauer berechnet werden. Hierzu gehören auch die ökonomischen Berechnungen im Rahmen dieses Projektes (siehe 4.7)

Wichtige publizierte Ergebnisse kommen von Hanewinkel und Oesten (1998), Schröder (1973) und Mayer (1968). Schröder und Mayer berechnen höhere Erträge für den Plenterwald, Hanewinkel und Oesten kommen zu höheren Erträgen für den Plenterwald, wenn das Betriebsrisiko außer acht gelassen wird.

Laut Betriebsleiter ist der durchschnittliche erntekostenfreie Holzerlös pro ha im DW etwas größer als im SW. DW-Betriebe schätzen hier die Situation etwas besser ein als die SW-Betriebe und diese wiederum ein bisschen besser als die Ü-Betriebe. Insgesamt sind auch hier die Einschätzungen nicht signifikant verschieden.

Tabelle 28: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu erntekostenfreie Holzerlöse.

Erträge	$\bar{\emptyset}_{\text{alle}}$	$\bar{\emptyset}_{\text{SW}}$	$\bar{\emptyset}_{\text{Ü}}$	$\bar{\emptyset}_{\text{DW}}$
Erntekostenfreie Holzerlös: DW>SW	2,6	2,6	2,8	2,4

4.8.2.3.3. Nachhaltig schlagbare Holzmenge

Assmann (1961 S.133) schreibt, daß die flächenbezogene Volumenleistung von Schatt- und Halbschattbaumarten mittels tiefer vertikaler Staffelung der Sozialschichten, wie sie im Plenterwald erreicht ist, nicht erhöht werden kann und sogar mit einer gegenteiligen Wirkung gerechnet werden kann.

Mitscherlich (1978 S.134) stellt fest, daß der einschichtige Hochwald zwar im Volumszuwachs dem Plenterwald um rund 17% überlegen ist, im Wertzuwachs aber um 9% weniger leistet.

Laut DW-Betriebsleiter ist die nachhaltig schlagbare Holzmenge im DW höher. Ü-Betriebsleiter sehen diesbezüglich keinen Vorteil für den DW. Betriebsleiter aus SW-Betrieben glauben an leicht geringere Holzmen gen im DW.

Tabelle 29: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu nachhaltig schlagbaren Holzmenge.

Holzmenge	Ø _{alle}	Ø _{SW}	Ø _Ü	Ø _{DW}
Nachhaltig schlagbare Holzmenge: DW>SW	3,1	3,5	3,0	2,0

4.8.2.3.4. Sortimenten

Sortiments- und Güteklassenstruktur sind laut Köpsell (1983) für einen naturgemäß bewirtschafteten Forstbetrieb keine geeignete charakteristische Kennziffer. Marktverhältnisse wirken sich doch stärker als ursprünglich angenommen auf die Sortierungsergebnisse aus.

Knöke (1998 S.38f) erkennt einen Unterschied in der BHD-Struktur des Holzeinschlags im Plenterwald und dem SW vor allem in den schwachen (Mitteldurchmesser 10-24cm) und den starken Holzsortimenten (Mitteldurchmesser 40-69cm). Die Zusammensetzung des Holzeinschlags nach Güteklassen unterscheidet sich im Plenterwald von der des SW nur wenig.

Die befragten Betriebsleiter meinten betreffend Sortenanfall folgendes:

Beim Sortenanfall in einem DW-Betrieb divergieren die Meinungen der Betriebsleiter der einzelnen Gruppen.

Leiter der DW-Betriebe schätzen, dass im Durchschnitt 70% mehr Funierhölzer, 15% mehr Spezialsortimente, 35% mehr Bloche mit A-Qualität und 15% mehr Bloche mit B-Qualität im DW anfallen. Es vermindert sich der Anteil an Blochen mit C-Qualität um 10% und der Anteil an Faserholz um 20%.

Etwas anders sehen die Leiter der SW-Betriebe den Sortenanfall im DW. Den Anfall von wertvollen Sortimenten im DW schätzen sie nicht so hoch ein wie ihre Kollegen im DW (Funierhölzer +25% im DW, Spezialsortimente +5%, Bloche mit A-Qualität +15%, Bloche mit B-Qualität -3%).

Ü-Betriebe erwarten im DW kaum eine Veränderung des Sortenanfalls. Funierholz und Bloche mit A-Qualität fallen um 5% mehr an als im SW, der Anteil der Spezialsortimente und der Bloche mit B-Qualität bleibt gleich. Bloche mit C-Qualität und Faserholz fallen im DW um 5% bzw. um 10% weniger an.

Sortimente von Lichtbaumarten fallen im DW weniger an als im SW. Der Anteil dieser Sortimente vermindert sich im DW um 45% laut SW-Betriebe, um 30% laut Ü-Betriebe und um 20% laut DW-Betriebe.

Der Anteil der Sortimente von Schatthölzern vergrößert sich im DW um etwa 30%.

Alle sind sich weiters einig, dass der Prozentsatz an Starkholz im DW höher ist (77%) als im SW (67%).

Zum besseren Verständnis dieser prozentuellen Veränderungen soll die Veränderung des Sortenanfalls mit den Angaben der SW-Betriebsleiter berechnet werden (Tabelle xx). Angenommen von 1000fm Holz fallen im SW 20fm Funierholz, 100fm Bloche mit A-Qualität, 300fm Bloche mit B Qualität, 400fm Bloche mit C Qualität und 180fm Faser- bzw. Industrieholz an. Im Dauerwald würden laut prozentueller Angaben der SW-Betriebsleiter 25fm Funierholz, 115fm Bloche mit A-Qualität, 315fm Bloche mit B-Qualität, 380fm Bloche mit C-Qualität und 162fm Faser/Industrieholz anfallen. Multipliziert man die Festmetermengen mit gutachtlich festgesetzten Preisen, wie es in Tabelle xx geschehen ist, so unterscheiden sich die Erlöse um 46 Schilling pro Festmeter zugunsten des Dauerwaldes, d.s. rund 5%.

Tabelle 30: Veränderungen des Sortenanfalls im DW und des durchschnittlichen Festmetererlöses bei gutachtlich festgelegten Festmeterpreisen laut den prozentuellen Angaben der SW-Betriebsleiter.

Holzqualität	Preis/fm	im SW=100%	Erlös	%-Änderung	im DW	Erlös
Funierbloche	4000,-	20fm	80.000,-	+25%	25fm	100.000,-
Bloche mit A-Qual.	2000,-	100fm	200.000,-	+15%	115fm	230.000,-
Bloche mit B-Qual.	1200,-	300fm	360.000,-	+5%	315fm	378.000,-
Bloche mit C-Qual.	900,-	400fm	360.000,-	-5%	380fm	342.000,-
Faser/Industrieholz	400,-	180fm	72.000,-	-10%	162fm	64.800,-
Gesamt:		1000fm	1.072.000,-		997fm	1.114.800,-
Durchschnitt:		1.072,-/fm			1.118,-/fm	

4.8.2.3.5. Kostenstellen

Kostenstellen werden gerne zum Vergleich von DW mit SW herangezogen. Stets werden die geringen Kosten für die Aufforstung und Kulturarbeiten im DW hervorgehoben (Mayer, 1968; Leibundgut, 1983; Knoke, 1997; Köpsell, 1983; Hanewinkel und Oesten, 1998). Steigende Bestandesbegründungskosten und Bestandespflegekosten sind nur in Umwandlungsbeständen in den ersten Jahrzehnten zu erwarten (Seling 1996). Die Kosten für Bestandespflege eignen sich nicht zur Charakterisierung naturgemäßer Bewirtschaftung (Köpsell 1983).

Die Befragung der Betriebsleiter erbrachte folgende Ergebnisse:

Bei den Kostenstelle Aufforstung sehen im DW alle die Möglichkeit einer Kostensenkung auf durchschnittlich 20% des SW. Kulturpflegekosten können im DW laut SW-Betriebsleiter um 50%, laut Ü- und DW-Betriebsleiter sogar auf 20% gesenkt werden.

Bei der Läuterung gibt es große Meinungsunterschiede zwischen den Betriebsgruppen. SW-Betriebsleiter sehen kaum einen Unterschied bei den Läuterungskosten zwischen DW und SW. Ü-Betriebsleiter glauben an eine Steigerung der Läuterungskosten im DW um

60%. DW-Betriebsleiter hingegen meinen, 30% der Läuterungskosten können im DW eingespart werden.

Bei der Bestandespflege glauben alle, daß die Kosten im DW um 15% geringer sind als im SW.

Die Befragung ergibt kein neues Bild bei den Einschätzungen der Kostenstellen der beiden Bewirtschaftungssysteme. Bemerkenswert ist einzig die abweichende Aussage der Übergangsbetriebe bei den Kulturpflegekosten.

4.8.2.3.6. Holzernte

Der Vorteil des Plenterwaldes soll in geringeren Holzerntekosten und dadurch auch höheren Deckungsbeiträgen liegen (Loidl und Reimoser, 1980; Knoke, 1998). Leibundgut (1983) sieht die Gründe für geringere Holzerntekosten in einer günstigeren Sortimentsverteilung. Lediglich Köpsell (1983) kann keine auffälligen Abweichungen naturgemäß bewirtschafteter Betriebe von Kollektivmittel bei den Leistungen in der Holzernte und den Holzwerbungskosten feststellen. Hanewinkel und Oesten (1998) kommen bei Simulationsberechnungen mit Berücksichtigung des Risikos ebenso zu geringen Unterschieden bei den Holzerntekosten.

Eine sehr pflegliche Holzernte, nicht zu steiles, gut erschlossenes Gelände sind neben naturverjüngsfreudigen Standorten, geeignete Baumarten bzw. Waldgesellschaften (Fi-Ta-Optimum), sehr niedrigen Schalenwildständen und rechtzeitige Erziehung der Bäume auf die Windbelastung für das klaglose Funktionieren des Plenterwaldes wesentliche Voraussetzungen (Rieder, 1999), die in dieser Kombination eher selten vorkommen, auch wenn Scheeder (1999) und andere Autoren gegenteiliger Meinung sind.

Der Zeitpunkt der Holzernte ist laut SW- und Ü-Betriebsleiter im DW nicht flexibler wählbar, laut DW-Betriebsleiter schon. Harvestereinsatz lohnt sich nicht im DW.

Tabelle 31: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Holzernte.

Holzernte	Ø alle	Ø SW	Ø Ü	Ø DW
Zeitpunkt Ernte im DW flexibler als im SW	3,1	3,2	3,6	2,2
Harvestereinsatz im DW wirtschaftlicher als im SW	4,3	4,1	4,6	4,6

Die Betriebsleiter hatten Schwierigkeiten, den Unterschied der Holzerntekosten zwischen DW und SW in Schilling auszudrücken. Bei SW-Betrieben und DW-Betrieben fehlen innerbetriebliche Erfahrungen der jeweils anderen Managementform, bei Ü-Betrieben fehlt meist eine vergleichende Kosten-Erlös-Analyse.

Konkrete Schillingangaben fehlen daher bei durchschnittlichen Fällungskosten, durchschnittlichen Rückekosten und durchschnittlichen Deckungsbeiträgen I und II. Die Angaben beschränken sich auf prozentuellen Vergleichsabschätzungen.

So vermindern sich die Fällungskosten im DW um 5% laut DW-Betriebsleiter, bleiben gleich laut SW-Betriebsleiter und erhöhen sich um 10% laut Ü-Betriebsleiter.

Bei den durchschnittlichen Rückekosten erwarten SW-Betriebe und Ü-Betriebe 20% mehr Kosten im DW. DW-Betriebe sehen das etwas anders und glauben, dass sogar 5% der Rückekosten im DW eingespart werden können.

Die durchschnittlichen Deckungsbeiträge steigen generell im DW um bis zu 10% an. Nur Übergangsbetriebsleiter meinen, daß der durchschnittliche Deckungsbeitrag I im DW nicht ansteigt.

Von den Betriebsleitern wurden keine auswertbaren Angaben, unter welchen Umständen wie Rückeart, Hangneigung, Bonität, Media ... die DW- bzw. die SW-Bewirtschaftung wirtschaftlich sinnvoll ist, gemacht.

4.8.2.3.7. Anteile von End- und Vornutzung

Ü-Betriebe schätzen den Vornutzungsanteil im DW viel höher (26%) ein als die SW-Betriebe (17%) oder DW-Betriebe (19%). Alle Betriebsleiter glauben aber, daß der Vornutzungsanteil im DW geringer ist als im SW ($\phi \sim 32\%$).

Tabelle 32: Durchschnittswerte von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Vor- und Endnutzungsprozentsätze.

Vor- und Endnutzung	\emptyset_{alle}	\emptyset_{SW}	$\emptyset_{\text{Ü}}$	\emptyset_{DW}
Vornutzungsprozentsatz im SW	31%	32%	35%	29%
Endnutzungsprozentsatz im DW	69%	68%	65%	71%
Vornutzungsprozentsatz im SW	20%	16%	26%	19%
Endnutzungsprozentsatz im DSW	80%	84%	74%	81%

Die Aufteilung in End- und Vornutzung im Dauerwald wurde wider erwarten nicht in Frage gestellt.

4.8.2.3.8. Absatzgestaltung

Zu der Frage der Vor- und Nachteile der Absatzgestaltung in DW gibt es in der Literatur nur indirekte Aussagen.

Köpsell (1983) weist auf die Zunahme der jährlichen Hiebsfläche durch die Aufgabe von Kahlschlägen und die Erfüllung des Hiebsatzes im Rahmen von Altholzdurchforstungen hin. Merker (1997 S.66) macht auf den Rationalisierungsmöglichkeiten bei größeren waldbaulichen Planungs-, Vollzugs-, Buchungs- und Kontrolleinheiten im naturgemäß bewirtschafteten Wald aufmerksam.

Die Befragung der Betriebsleiter ergab folgende Ergebnisse:

Kundenorientierung soll im DW besser umsetzbar sein. Ü-Betriebe sowie SW-Betriebe, die einen minimalen Anteil an DW haben, sind davon am meisten überzeugt, gefolgt von den DW-Betrieben. SW-Betriebe, die derzeit keinen Anteil an DW haben, glauben im Durchschnitt nicht an eine bessere Kundenorientierung im DW.

Nach einheitlicher Meinung aller Betriebsleiter ist die Losgröße im DW kleiner als im SW. Für die SW-Betriebsleiter ist die Abmaß und Übergabe für das Revierpersonal im DW arbeitsintensiver als im SW. Diese Frage wird von DW- und Ü-Betriebsleiter zu 50% bejaht und zu 50% verneint.

Die Organisation der Abfuhr ist für das Revierpersonal arbeitsintensiver.

Es scheint so, dass der erhöhte Aufwand bei Organisation, Abmaß und Übergabe eine Folge der kleineren Losgröße im DW ist. Größere Planungs- und Vollzugseinheiten wie sie

Merker (1997) beschrieben hat, vermindern nicht die für Absatzaufgaben erforderliche Arbeitszeit.

Tabelle 33: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Absatzgestaltung.

Absatzgestaltung	Ø_{alle}	Ø_{SW}	Ø_Ü	Ø_{DW}
Kundenorientierung: DW einschlagsmäßig besser umsetzb. als SW	2,4	2,6	2,0	2,2
Losgröße: im DW < als im SW	1,8	1,9	1,3	1,8
Abmaß: im DW arbeitsintensiver als im SW	2,9	2,7	3,3	3,0
Übergabe: im DW arbeitsintensiver als im SW	2,9	2,7	3,3	3,0
Organisation d. Abfuhr: Übergabe: im DW arbeitsint. als im SW	2,4	2,4	2,2	2,6

Der Punkt 4.8.2.3 legt zusammenfassend den Schluß nahe, daß Unterschiede zwischen SW und DW von marginaler Größenordnung sind. Die Meinung, daß in DW-Betriebssystemen keine Bäume mit geringen BHD gerntet würden, ist unrealistisch. Diese Feststellung ist auch für den Punkt Holzernte zu beachten.

Die Frage der Werksvermessung ist beim Vergleich der Betriebssysteme gesondert zu prüfen.

4.8.2.4. Organisation

4.8.2.4.1. Organisation Personal

Spörk (1989, 1995) meint, die Qualifikation der Mitarbeiter muß hoch sein, weil jedes Forstorgan mit einer Vielfalt an ökologischen Rahmenbedingungen arbeitet. Loidl und Reimoser (1980) sehen Vorteile im SW bei der Personalqualifikation, nennen diese Vorteile aber nicht. Ein Hindernis bei der Umsetzung der naturnahen Waldwirtschaft ist laut De Turckheim (1993) der Mangel an guten Arbeitskräften, weil deswegen die Pflege der Bestände nicht erfolgen kann.

Die meisten Betriebsleiter sind bezüglich eines höheren Bedarfes an Forstfacharbeiter eher unentschieden, sehen aber einen erhöhten Bedarf an qualifiziertem Forstfachpersonal (Tabelle 34).

Table 34: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Bedarf an Personal.

Bedarf Personal	Ø_{alle}	Ø_{SW}	Ø_Ü	Ø_{DW}
Bedarf Forstfacharbeiter: im DW höher als im SW	2,6	2,6	2,3	2,8
Bedarf qualifizierten Forstfachpersonal: im DW höher als im SW	2,1	2,2	2,0	1,8

Von Forstarbeitern wird im DW wesentlich mehr Können bei Holzfällung und Rückung erwartet.

Table 35: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zur Ausbildung der Waldarbeiter

Können der Waldarbeiter bei der ...	Ø_{alle}	Ø_{SW}	Ø_Ü	Ø_{DW}
Holzfällung: im DW mehr als im SW	1,5	1,6	1,5	1,4
Bringung: im DW mehr als im SW	1,5	1,6	1,3	1,4
Ausformung: im DW mehr als im SW	3,0	2,9	3,3	3,2
Läuterung: im DW mehr als im SW	2,5	2,8	2,0	2,4

Table 36: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu den Fähigkeiten von Betriebsleitern

Betriebsleiter – Anforderungen	Ø_{alle}	Ø_{SW}	Ø_Ü	Ø_{DW}
im DW besser ausgebildet als im SW	2,7	3,0	2,3	2,4
im DW mehr leisten als im SW	3,0	3,1	2,7	3,2
im DW motivierter sein als im SW	2,1	2,3	1,7	2,0
im DW länger arbeiten als im SW	3,1	3,3	3,0	3,0
im DW mehr Verantwortung tragen als im SW	3,1	3,1	2,8	3,4
im DW flexibler sein als im SW	2,5	2,5	2,0	3,0
im DW erkennen ökologische Zusammenhänge besser als im SW	1,9	2,1	1,7	1,4
Punktesumme	18,4	19,4	16,2	18,4

Leiter von DW-Betrieben müssen wesentlich motivierter und flexibler sein und die Zusammenhänge in Waldökosystemen besser erkennen als Kollegen im SW. Mehr Verantwortung tragen, mehr leisten und länger arbeiten müssen DW-Betriebsleiter nicht. Bei der Ausbildung gibt es unterschiedliche Auffassungen zwischen den SW-Betriebsleitern, die meinen, DW-Betriebsleiter müssen nicht besser ausgebildet sein, und den Ü- bzw. DW-Betriebsleitern, die sehr wohl meinen, daß sie besser ausgebildet sind.

Die Anforderungsprofile unterscheiden sich nur gering.

4.8.2.4.2. Arbeitsorganisation

Im Allgemeinen sind die Betriebsleiter der Auffassung, dass die Organisation im DW viel zeitintensiver ist als im SW. So sind Arbeitsplanung, Arbeitsorganisation, Kontrolle und die gegenseitige Verständigung im DW wesentlich zeitaufwendiger.

Tabelle 37: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zur Arbeitsorganisation.

Arbeitsorganisation	Ø_{alle}	Ø_{SW}	Ø_Ü	Ø_{DW}
Kontakte zw. Betriebsleitung u. Revierl. im DW intensiver als SW	2,3	2,3	2,2	2,4
Arbeitsplanung im DW schwieriger als im SW	2,4	2,3	2,3	2,4
Arbeitsorganisation im DW schwieriger als im SW	2,2	2,3	2,3	2,0
Kontrolle im DW intensiver als im SW	2,3	2,4	1,5	2,8

4.8.2.5. Planung und Forsteinrichtung

Die Forsteinrichtung im DW unterscheidet sich von der im SW. Scheeder (1993) meint, daß die konventionelle Forsteinrichtung in naturgemäßen Wirtschaftswäldern überflüssig wird. Vorratshöhe, Stärkeklassenstruktur, Qualität und Verjüngung sind wichtige Parameter in einer naturgemäßen Wirtschaftswald (Scheeder, 1994). Im naturgemäßen Wald erhalten Vorrats- und Nachhaltssicherung den Vorzug vor den Flächenweisern (Hildebrandt, 1990). Merker (1997 S.66) weist auf die Vergrößerung der waldbaulichen Planungs-, Vollzugs-, und Kontrolleinheiten in naturgemäß bewirtschafteten Wäldern hin.

De Turckheim (1993) sieht ein wesentliches Hindernis für die Verbreitung der naturnahen Waldwirtschaft in der Schwierigkeit der Planung und der Kontrolle.

Für den Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung des Niedersächsischen Forstplanungsamtes (1997 S.3) ist der Waldbegang zu jedem Einzelbestand in strukturreichen Wäldern weiterhin unabdingbar, damit eine verbale qualitative Beschreibung bzw. qualitative Kontrolle durchgeführt werden kann. Die numerische Zustandsbeschreibung, Nutzungsplanung und Kontrolle verlagert sich weg vom Einzelbestand auf die höhere Ebene der Bestandestypengruppen bzw. Waldentwicklungstypen.

Für die befragten Betriebsleiter ist die Planung und die Forsteinrichtung im DW schwieriger.

Tabelle 38: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Forsteinrichtung.

Forsteinrichtung – Problembereiche	Ø _{alle}	Ø _{SW}	Ø _Ü	Ø _{DW}
Nutzungsplanung: DW detaillierter als im SW	2,1	1,9	2,7	2,4
Finanzielle Planung: DW einfacher als im SW	3,5	3,6	3,5	3,4
Nutzungen im DW an keine Hiebsrichtung gebunden	2,9	2,6	4,0	2,2
Räumliche Planungseinheiten im DW>SW	2,3	2,4	2,5	1,8
Forsteinrichtung: im DW teurer als im SW	2,8	2,6	3,5	3,0
Hiebsatzableitung: im DW einfacher als im SW	4,0	4,2	3,6	4,0
Nachhaltigkeitskontrolle: im DW schwieriger als im SW	2,6	2,3	3,3	2,8
Informationsbedarf: im DW ein anderer als im SW	2,0	2,1	2,2	1,6
Punktesumme	22,2	21,7	25,3	21,2

Im DW ist die Nutzungsplanung detaillierter, die finanzielle Planung und die Hiebsatzableitung schwieriger und die räumliche Planungseinheit größer.

Ob die Nutzungen im DW an eine Hiebsrichtung gebunden sind, verneinen DW-Betriebsleiter und 40% der SW-Betriebsleiter, bejahen die Ü-Betriebsleiter und 60% der SW-Betriebsleiter. Die Forsteinrichtung ist im DW teurer laut SW-Betriebe, billiger laut Ü-Betriebe und gleich teuer laut DW-Betriebe. Die Nachhaltigkeitskontrolle ist im DW aus der Sicht der SW-Betriebe schwieriger, aus der Sicht der Ü-Betriebe etwas einfacher und aus der Sicht der DW-Betriebe gleich schwierig. Alle Betriebsleiter sind sich einig, daß der Informationsbedarf im DW ein anderer ist als im SW.

Der Informationsbedarf richtet sich in einem Dauerwaldbetrieb auf die in einer Periode zu nutzenden Erntebäume und nicht auf zu erntenden Flächen, wie es im Schlagwaldbetrieb die Regel ist. Kriterien, wann ein Erntebaum im Dauerwald geschlagen werden darf, müssen erarbeitet werden und beruhen meist auf Erfahrung. Weiters ist es schwieriger, den laufenden Zuwachs zu bestimmen, da Ertragstafeln nicht anwendbar, Wachstumsmodellierungen für den Dauerwald noch verbesserungswürdig sind und die Kontrollmethode zeitintensiv in der Durchführung ist. Folglich erschwert sich die Hiebsatzableitung, und die Nachhaltigkeitskontrolle. Dadurch ist die finanzielle Planung für einen Dauerwaldbetrieb schwieriger.

4.8.2.6. Förderungen

Nach einheitlicher Meinung aller Betriebsleiter wird der Anteil der DW-Fläche am Gesamtwald größer werden, wenn die Öffentlichkeit finanzielle Mittel dafür bereit stellt. Es gibt für den DW nicht mehr Förderungen als für den SW. Die Betriebsleiter verneinen die Aussage, dass der Dauerwald wegen geringere Erträge mehr gefördert werden muß (Tabelle 39).

Tabelle 39: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Förderungen.

Förderungen	Ø_{alle}	Ø_{SW}	Ø_Ü	Ø_{DW}
Anteil DW-Fläche >, wenn mehr finanzielle öffentl. Mittel	2,4	2,6	2,3	2,2
Mehr Förderungen für SW als für DW	3,7	3,6	3,6	4,0
Wegen geringerer Erträge muß DW mehr gefördert werden als SW	3,6	3,7	3,8	3,4

4.8.2.7. Betriebsrisiko

Für den Erfolg einer Managementform spielt das Betriebsrisiko eine wesentliche Rolle. Im Allgemeinen ist das Betriebsrisiko in DW geringer (Günther, 1983; Mayer, 1968, 1983 S.419; Trepp, 1974 S.52). Janssen (1990) stellt in immissionsbelasteten Gebieten wegen Kapital- und Produktionsverlusten die wirtschaftliche Überlebensfähigkeit des DW in Frage.

Hanewinkel (1998) und Hanewinkel und Oesten (1998) rechnen für Altersklassenwald und Plenterwald mit verschiedenem Risiken. Der Vergleich der Reinerlöse zeigt u.a., daß ein Plenterwald mit ungünstigen Verhältnissen schlechter abschneidet als der SW.

Die Betriebsleiter schätzen, daß der Anteil der zufälligen Nutzungen geringer ist und sich zwischen 25% (SW-Betriebsleiter) und 10% (Ü- und DW-Betriebsleiter) liegt. Ähnliche Ergebnisse publizieren Hanewinkel und Willmann (1996) für sehr günstige Verhältnisse in einem Plenterwald (10%) und ungünstige Verhältnisse im Plenterwald (30%).

Tabelle 40: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sichern nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zum Betriebsrisiko.

Betriebsrisiko	Ø_{alle}	Ø_{SW}	Ø_Ü	Ø_{DW}
Anteil zufälliger Nutzung im DW höher als im SW	3,8	3,9	3,5	3,8

4.8.2.8. Jagd

Die Jagd ist in vielen Forstbetrieben ein wesentlicher Betriebszweig. Die Betriebsleiter wurden daher auch befragt, wie weit eine Änderung der Managementform die Jagd beeinflußt.

Tabelle 41: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Jagd.

Jagd	\bar{O}_{alle}	\bar{O}_{SW}	$\bar{O}_{\text{Ü}}$	\bar{O}_{DW}
im SW viel interessanter als im DW	3,6	3,7	3,5	3,4
im SW viel zeitintensiver als im DW	1,3	1,4	1,3	1,2
Vom Wild verursachte Schäden im DW geringer als im SW	2,9	2,9	2,8	3,0
Einzäunung im DW verzichtbar	3,2	2,9	3,5	3,6

Die Jagd ist im DW uninteressanter und zeitintensiver . Die Frage, ob vom Wild verursachte Schäden im DW geringer sind bejahen und verneinen jeweils 50% der Betriebsleiter jeder einzelnen Gruppe. Einzäunungen sind laut Ü- und DW-Betriebsleiter im Dauerwald notwendig (Tabelle 41).

4.8.3. Gesamtbeurteilung

4.8.3.1. Waldfunktionen

Die Nutzfunktion wird von allen Betrieben mit einer Ausnahme als die wesentlichste Funktion betrachtet. Bei Ü- und SW-Betrieben folgen dann die Funktionen Schutz, Schutz der Artenvielfalt, Wohlfahrt und Erholung. Bei den DW-Betrieben lautet die weitere Folge Erholung wie Schutz der Artenvielfalt, Wohlfahrt und zuletzt Schutz. Möglicher Grund, warum Schutz als letzte Waldfunktion in DW-Betrieben angeführt sind, könnte sein, daß diese Betriebe keine Schutzwälder besitzen (Tab. xx).

Tabelle 42: Waldfunktionen und deren Bewertung mit Punkten von 1 (=sehr niedrig-minimal) bis 9 (sehr hoch-maximal) für den Schlagwald und den Dauerwald.

	Schlagwald	Dauerwald
Nutzfunktion	8,1	8,4
Schutzfunktion	4,0	8,0
Erholung	5,3	5,7
Wohlfahrt	4,9	7,3
Artenvielfalt	4,2	7,0

Von allen Betriebsleitern wird die Nutzfunktion im DW und im SW als gleich hoch eingestuft. Die Schutzwirkung wird im DW beinahe maximal beurteilt währenddessen im SW die Wirkung nur als mittelmäßig beurteilt wird. Dies gilt sowohl beim Bodenschutz, beim Steinschlagschutz als auch beim Lawinenschutz. Wesentlich höher ist im DW die Artenvielfalt. Die Wohlfahrtswirkung und die Erholungswirkung werden besser im DW erfüllt.

4.8.3.2. Wichtige Merkmale der Betriebssysteme

Am Ende des Fragebogens wurden die Betriebsleiter noch einmal nach einer abschließenden Bewertung von wichtigen betrieblichen Merkmalen befragt.

Viele Betriebsleiter sehen Erträge und Kosten als die wichtigsten betrieblichen Kennzahlen. Vergleicht man die Einschätzungen der Betriebsleiter über die Erträge im SW und DW, so sind die Erträge im DW nicht wesentlich höher. Nachteile für den Dauerwald finden wir bei den Kosten für die Holzproduktion und Ernte, beim Organisationsaufwand, beim Arbeitsaufwand bei der Leitung bzw. bei der Produktion und beim Kontrollaufwand. Vorteile des DW liegen im höheren Anteil an Qualitätsholz, in der etwas höheren Marktanpassung und Kundennähe und im geringeren Betriebsrisiko. Nicht monetär bewertbare Vorteile des DW sind der höher Erfüllungsgrad der Waldfunktionen Schutz und Wohlfahrt.

Tabelle 43: Betriebsmerkmale, die für Schlagwald und Dauerwald mit Punkten von 1 (=sehr niedrig-minimal) bis 9 (sehr hoch-maximal) bewertet wurden.

	Schlagwald	Dauerwald
Erträge	6,7	7,4
Kosten Holzernte, -produktion	6,0	6,5
Planungsaufwand	5,1	5,8
Organisationsaufwand	5,1	6,2
Arbeitsaufwand Produktion	5,7	6,4
Arbeitsaufwand Leitung	5,2	6,1
Kontrollaufwand	5,2	6,2
Marktanpassung	5,9	7,9
Kundennähe	5,4	6,1
Qualitätsholz-Anteil	4,9	6,5

In Hinblick auf die Bereitschaft, den DW-Anteil von derzeit 20% auf 39% zu erhöhen, würde es zu keinen wesentlichen Änderungen kommen. Für den Einzelbetrieb selbst ergeben sich nach einer kompletten Umstellung von Schlagwald zum Dauerwald keine großen finanziellen Vorteile, dafür aber Vorteile bei derzeit nicht monetär abschätzbaren Werten wie bei Schutz und Wohlfahrt.

Bei einem Vergleich der Ergebnisse des Fragebogens mit Aussagen der Literatur stellt man fest, daß die Literatur im generellen vorsichtiger bei Interpretationen ist. Literatur jüngeren Datums versucht eine Ursachenkette aufzubauen, um zum Ergebnis zu kommen. Bei älterer Literatur ist zu berücksichtigen, daß der Wissensstand ein anderer war als heute. Im Fragebogen mußten die Betriebsleiter zu einer Aussage kommen, wenn sie sich nicht für „unentschieden“ entschlossen hatten. Zusammenfassend kann man feststellen, dort wo die Wissenschaft sich einig ist, gibt es keine abweichenden Aussagen in der Praxis (z.B. Kostenstellen, Waldfunktionen). Dort wo die Wissenschaft sich uneinig ist, gibt es nur eindeutigere Aussagen innerhalb der einzelnen Betriebsgruppen für oder wider den Dauerwald (z.B. Sortimentsverteilung, Deckungsbeitrag). Antworten auf Fragen, wo die Wissenschaft noch keine Antwort finden konnte, konnte die Praxis nicht geben (z.B. Verzinsung).

Für das Auffinden der geeigneten Betriebsform ist es notwendig zu wissen, wie weit die gewählte Betriebsform die sachlichen Forderungen, die der Forstbetrieb für Eigentümer und Allgemeinheit erfüllen soll, abdeckt oder ob eine alternative Betriebsform dies besser

kann. Die Aussagen des Fragebogens sind Häufigkeiten innerhalb eines befragten Kollektives und können für die Wahl der geeigneten Betriebsform in Einklang mit den sachlichen Forderungen herangezogen werden.

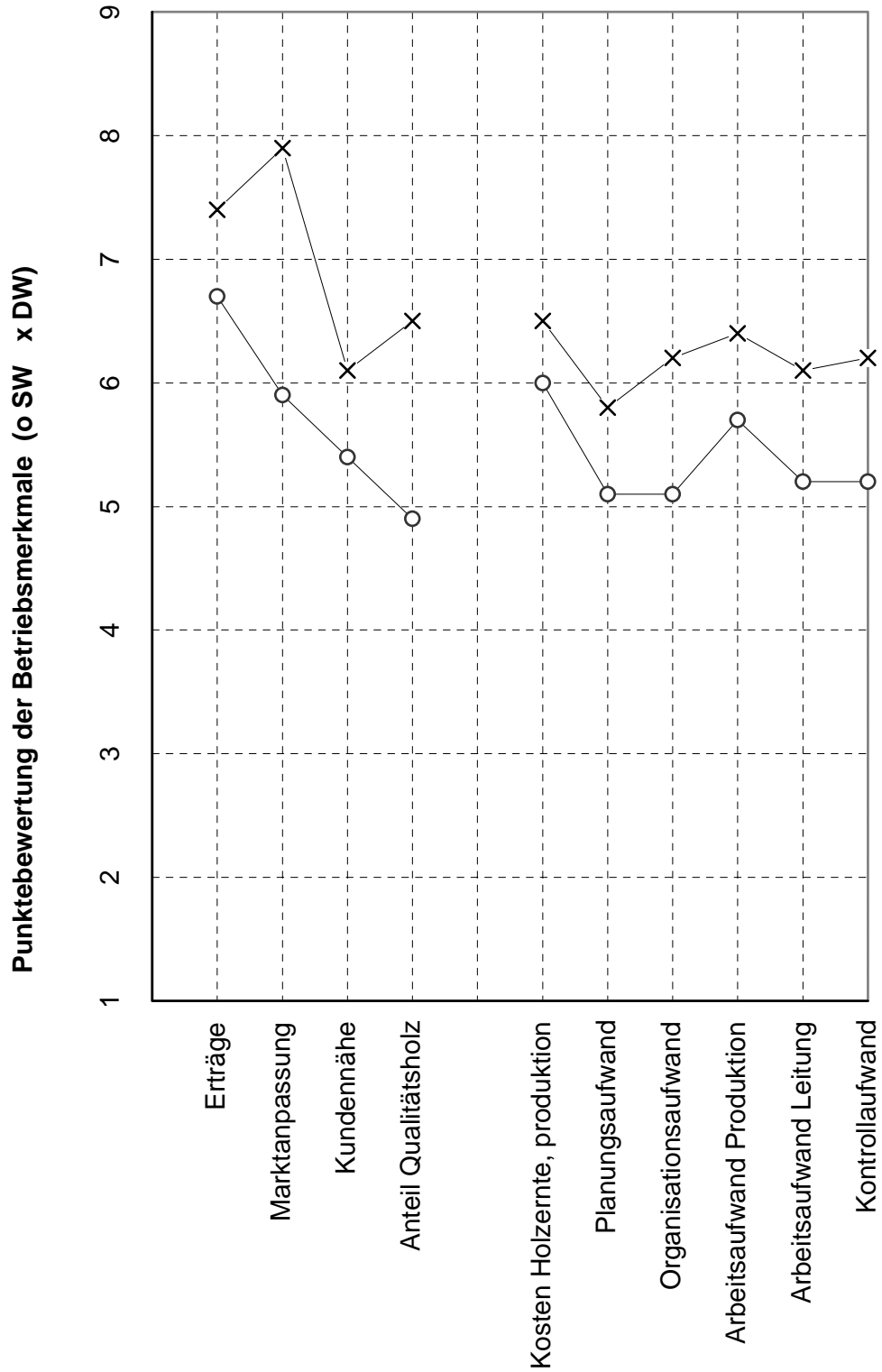


Abbildung 26: Punktebewertung der Betriebsmerkmale.

Die Erhebung von Umstellungsschwierigkeiten von einer Betriebsform zur anderen war nicht vorrangiges Ziel der Befragung. Doch läßt sich aus den Antworten bei Betriebsleitern aus Übergangsbetrieben eine leicht negative Grundeinstellung hinsichtlich Dauerwald feststellen. Sämtliche Aufwände sind für diese Betriebsleiter im Dauerwald größer, Sortimentspalette ändern sich kaum und es gibt keinen Unterschied bei den Erträgen zwischen Dauerwald und Schlagwald. Wie weit das Nebeneinander von Schlagwald und Dauerwald Schwierigkeiten in der Führung des Betriebes ergeben und wie lange die Übergangszeiträume sind, wurde ebenso nicht gefragt.

Probleme ergaben sich während der Befragung mit dem Begriff „Dauerwald“. Einige Betriebsleiter würden auch den schlagweisen Naturverjüngungsbetrieb als Dauerwald bezeichnen. Unter Dauerwald wurde aber eine Bewirtschaftungsform verstanden, die im kleinflächigen Naturverjüngungsbetrieb Verjüngung, Pflege und Ernte der angestrebten Wirtschaftsbaumart(en) auf Dauer sicher stellt.

Eine zusammenfassende Gegenüberstellung für Organisation, Personal und Planung ist in Abbildung 27 dargestellt.

Vergleicht man diese Punktebewertung mit den relevanten Teilen des Anforderungsprofils für Organisation – Personal – Planung, so geht daraus sehr deutlich hervor, daß an das forstliche Fachpersonal im DW höhere Anforderungen in fachlicher und zeitlicher Hinsicht gestellt werden, weil ansonsten die notwendigen Leistungen nicht erbracht werden können. Das betriebliche Personalmanagement und die operative Ablauforganisation wird nach geeigneten Lösungen suchen müssen, wobei eine Personalaufstockung aus Kostengründen in der Regel aus dem Spektrum der Lösungsansätze ausscheidet.

Abbildung aus File
"Anforderungsprofile" einfügen !

Abbildung 27: Anforderungsprofile Organisation - Personal - Planung

Umfrage und Literatur insgesamt erzeugen mehr Fragen als Antworten. Diese Fragen sind immerhin als dimensionale Analyse eines äußerst komplexen Problems der Gestaltung von Betriebssystemen zu beurteilen. Der Übergang von SW zu DW kann nur im einzelnen Betrieb als Experiment erfolgen, wobei die Ausgangslage und die schrittweise Umstellung ebenso gut zu dokumentieren sind, um die Prüfung des Hypothesenbündels einigermaßen exakt sicherzustellen. Diese Kontinuität ist für die vergleichende Analyse das Hauptproblem eines langfristig angelegten Zeit- und Betriebsvergleiches.

Ein wichtiges Problemfeld sind die Gestaltung des Wald-Informationssystems mit definierten Mindestgenauigkeitsansprüchen und dem davon abhängigen Inventur- und Controllingaufwand. Der Hinweis auf die Verbesserung der Chancen durch GIS-Einsatz nutzt wenig, wenn diese Probleme vor Ort ungelöst sind.

4.9. Modell-Vergleichsrechnung SW – DW

Mit Hilfe der Daten aus der Kosten- und Erfolgsrechnung österreichischer Privatbetriebe > 500 ha und den Schätzungen der befragten Betriebsleiter läßt sich ein Kosten- und Erfolgsvergleich rechnen.

Die Ausgangsdaten werden durchwegs der Gruppe SW zugeordnet, was sicher nicht voll zutrifft aber als mittlere Variante der in Österreich angewendeten Betriebssysteme zulässig ist.

4.9.1. Gegenüberstellung 100% SW – 100% DW

Die Betriebsleiterschätzungen für die Holzerträge und die operativen Kostenstellen ergeben:

Tabelle 44: Die aus den Betriebsleiterschätzungen abgeleiteten Holzerträge und operativen Kosten.

Betriebe > 500 ha	Ø 87/96 ATS/efm Hiebsatz	DW % von SW +/- %	DW ATS/efm Hiebsatz
Begründung	25,-	-80	5,-
Kulturpflege	18,-	-50	9,-
Bestandespflege	10,-	-30	7,-
Kulturschutz	12,-	-5	11,-
Fällung/Rückung	282,-	-5	268,-
Holzerträge	851,-	+5	893,-
DB I	569,-	+10	625,-
Waldbau	65,-	-50	32,-
DB II	504,-	+18	593,-
Gesamtkosten	806,-	-10	729,-

Basisdaten: Ø 87/96 aus Kosten- und Ertragsstatistik, Hauptverband der Land- und Forstwirtschaftsbetriebe Österreichs.

4.9.2. Gegenüberstellung der Deckungsbeiträge bei unterschiedlichem DW-Anteil

Bei Hiebssatz 10000 Efm und DW 20% entfallen auf

	SW 8000 fm	DW 20% 2000 fm
DB I	$569 \cdot 8000 = 4,552.000,-$	$625 \cdot 2000 = 1,250.000,-$
	<u>5,802.000</u>	
	10000	= 580,-/Efm HS (+2%)

Bei DW 40% entfallen auf

	SW 6000 fm	DW 4000 fm
DB I	$569 \cdot 6000 = 3,414.000,-$	$625 \cdot 4000 = 2,500.000,-$
	<u>5,914.000</u>	
	10000	= 591,-/Efm HS(+4%)

4.9.3. Erfolgsrechnung SW – DW

Gesamtkosten	alle Kostenstellen Ø87/96	806,-	
	DW (Waldbau)	<u>- 33,-</u>	
		773,-	
	DW (Ernte)	<u>- 14,-</u>	
	Gesamtkosten DW	729,-	90%
	Holz-Erträge DW	<u>893,-</u>	
	Erfolg DW	164,-	
Demgegenüber	Holzertrag SW	851,-	
	Gesamtkosten SW	<u>806,-</u>	
	Erfolg SW	45,-	

Der Erfolg DW beträgt somit das 3,6fache des Erfolges SW. Bei Beachtung der Meinung, daß im Dauerwald eine höhere Media anfällt, könnte sich dieser Faktor noch erhöhen. Ein höherer Personalaufwand (Gehälter) im DW würde die kalkulierte Überlegenheit der DW-Betriebssystems stark reduzieren. Die Rationalisierung aller Bereiche ist daher auch für ein solches System unabdingbar. Die Umstellung des Produktionssystems allein reicht für eine dauerhafte Existenzsicherung auch dann nicht aus, wenn günstige Bedingungen für DW-Wirtschaft vorliegen.

5. Kosten und Erträge - Vergleich zwischen Simulationsrechnungen und Befragung

Diese wurden auf 2 Arten ermittelt. Einmal als Deckungsbeiträge mit sortimentsweisen Erlösen und Ernte- und Rückekosten aus den eigenen Untersuchungen (Simulation), und einmal aus den Meinungen (Schätzungen) der befragten Betriebsführer und den Richtwertvergleichen des Forstberichtes. Dabei unterstellt die Quantifizierung der Befragung keine Steigerung der Erntedimension und gleiche Zuwächse (und daher Hiebsätze) im SW und im Dauerwald, weil die abgegebene diesbezüglichen Schätzungen zu stark streuten. Als Ergebnis der Simulation mit den aus der Österr. Waldinventur abgeleiteten Zuwachsgleichungen ergaben sich aber wohl höhere Erntedimensionen und höhere Zuwächse im Dauerwald, die nicht unbedingt in jedem der befragten Betriebe zutreffen müssen.

Die hiebsatz- (zuwachs-), bezogenen Werte der Deckungsbeiträge ergaben sich wie in Tabelle 45 angeführt:

Tabelle 45: Gegenüberstellung der Deckungsbeitragsschätzungen je Efm laut Simulation und laut Befragung.

		Simulation		Befragung	
	Schlagw.	Natverj-R	Dauerw	Schlagw	Dauerw
ATS/efm	684	718	799	504	593
%	100	105	117	100	118

Die beiden Angaben stimmen also doch recht gut überein, obwohl bei der Auswertung der Befragungen keine Dimensionssteigerung unterstellt worden ist, die aber den Modellen zufolge doch sehr wohl erzielt werden. Es ist also anzunehmen, daß die Befragten die Kostenerhöhungen überschätzt haben.

Berücksichtigt man die oben angeführten unterschiedlichen Zuwächse und damit möglichen unterschiedlichen Hiebsätze, dann ergeben sich Hektarwerte ATS/J,ha wie folgt.

Tabelle 46: Gegenüberstellung der Deckungsbeitragsschätzungen je ha laut Simulation und laut Befragung.

		Simulation		Befragung	
	Schlagw.	Natverj-R	Dauerw	Schlagw	Dauerw
ATS/J,ha	3283	5629	5433	2419	4032
%	100	171	165	100	167

Nimmt man gleiche Verwaltungskosten von ATS 302/efm an, dann unterstellt man bereits, daß diese im Dauerwaldbetrieb höher sind weil dort die Zuwächse und daher auch die Hiebsätze höher sind. Mit diesem Vorgehen wurde versucht der Ansicht der Betriebsführer Rechnung zu Tragen, daß die Kosten für das Fachpersonal im Dauerwald höher sind als im Schlagwald. Berechnet man mit diesem Ansatz der Verwaltungskosten den Betriebserfolg, dann ergibt sich aus der untenstehenden Tabelle eine noch deutlichere Überlegenheit des Dauerwaldbetriebes. Da alle Befragten im Dauerwald höhere allgemeinen (Verwaltungs-) Kosten erwarteten, kann aber auch interpretiert werden, daß diese Kosten im Dauerwald

zwischen dem 2 ½ fachen und dem 4 ½ fachen jener des schlagweisen Betriebes sein können, wenn der gleiche Erfolg erzielt werden soll.

Tabelle 47: Gegenüberstellung der Deckungsbeitragsschätzungen je ha laut Simulation und laut Befragung.

		Simulation		Befragung	
	Schlagw.	Natverj-R	Dauerw	Schlagw	Dauerw
ATS/J,ha	1834	3261	4225	970	1979
%	100	178	230	100	204

Die befragten Betriebsleiter haben im Durchschnitt die ökonomischen Vorteile eher unterschätzt, die Auswirkungen auf die Artenvielfalt dagegen eher überschätzt.

Diese Modellrechnung zeigt bei allen Mängeln des Datenmaterials, der Annahmen und Schätzungen eine ökonomische Überlegenheit des DW. Die Betriebsleiterumfrage trägt wesentlich zu dieser Beurteilung bei. Dieses überraschende Ergebnis kann jedoch die aufgezeigten Wissensdefizite nicht kompensieren. Der Forschungs- und Experimentierbedarf bleibt aufrecht.

6. Der Lehrforst der Universität für Bodenkultur Wien als Fallstudie für Forsteinrichtung im Übergangmodell SW – DW

6.1. Bildung von Befundeinheiten

Die Bildung von Befundeinheiten (räumliche Einteilung) muß nach anderen Prinzipien erfolgen als dies bei Schlagwaldsystemen der Fall ist.

Leitender Gesichtspunkt bei der Neuordnung ist die Bildung dauerhafter, großer Wirtschaftseinheiten, die sich für jedes Betriebssystem als wirtschaftlich-organisatorisch-ökologische Befund- und Planungseinheit eignen. Insbesondere aber sollten diese Regionen die Nachhaltigkeitskontrollen für ein einzelstammorientiertes Betriebssystem sein, weil die bisherigen Abteilungen dafür zu klein und das Revier insgesamt zu groß und damit für den Vollzug zu unübersichtlich wird.

Unter Beibehaltung der Abteilungsgliederung wurden acht Blöcke gebildet.

6.2. Erhebungen

Auf Grund der bisherigen Bewirtschaftung ist die innere Struktur der Bestockungen sehr unterschiedlich, was nicht anders zu erwarten war und ja auch für jedermann in der Natur sichtbar ist. Dieser Umstand zeigt aber auch die blockweise unterschiedlichen Probleme und Möglichkeiten eines Wechsels im Betriebssystem auf, die meiner Meinung nach in größeren, aber gut überschaubaren (z.T. im wörtlichen Sinne) leichter erkennbar und zu lösen sind als in den kleineren, oft nur durch künstliche Linien (Schneisen) voneinander abgeteilten bisherigen Abteilungen.

Aus der Stichprobeninventur liegen folgende Auswertungen vor, die für eine Beurteilung jedes Blockes bezüglich der weiteren strategischen und operativen Planung als notwendig erachtet werden:

Merkmal	Variable
– Altersklasse	Fläche, Stz (Ort), Grundfl. (Ort), Vorrat (Ort)
– Bestandesklasse	“
– Mischungstypen	“
– Schlußgrad	“
– Vegetationstyp	“
– Exposition	“

Dazu kommt als besondere wichtige Aussage:

- $d_{1,3}$ Verteilung (5 cm – Stufen) der einzelnen Holzarten und insgesamt

Auf diesen Grundlagen müßte die Planung einer Umstellung des Betriebssystems aufbauen, die sich ja in einem sehr langen Zeitraum vollzieht. Dabei werden die Bestockungskomplexe unterschiedlich rasch von einer solchen Umstellung betroffen:

- Altbestände (etwa ab Alter 70) sofort
- Mittelhölzer werden weitergepflegt wie bisher
- Jungbestände werden weitergepflegt wie bisher bzw. intensiver als bisher
- Der Verjüngung unter Schirm ist erhöhtes Augenmerk speziell dort zuzuwenden, wo sie nur in Ansätzen vorhanden ist.

6.3. Methodische Schlußfolgerungen

Als Einheit für Organisation und Orientierung ist die derzeitige Abteilungsgliederung geeignet. Bei einer Umstellung des jetzigen flächenorientierten Betriebssystems auf ein einzelbaumorientiertes Betriebssystem ist die Bildung größerer Einheiten und die Inventurauswertung nach der Aktualität der Umstellungserfordernisse zu empfehlen, weil damit die lang- und kurzfristige Problematik der Umstellung wesentlich deutlicher an den relevanten Daten erkennbar und damit auch lösbar wird. Allerdings müssen die Datengrundlagen den Gütekriterien (Reproduzierbarkeit, Veränderungsanzeige) entsprechen und dafür stellen auch unter Kostengesichtspunkten Einheiten wie die eben geschilderten mit großer Wahrscheinlichkeit ein Optimum dar. Die Stichprobeninventur allein reicht allerdings zur Bewältigung aller Umstellungsprobleme nicht aus und ist durch teilflächenorientierte Daten und Planungen zu ergänzen. Eine Taxation würde ausreichen, wenn die Planungsvarianten für unterschiedliche Betriebssysteme deutlich gemacht werden, um den Akteuren, die für die Umsetzung eines neuen Konzeptes verantwortlich sind, die Unterschiede in jeder Hinsicht, auch die ökonomischen Konsequenzen so klar wie möglich vor Augen zu führen. Eine Stichprobe müßte als zukunftsorientierte Kontrollstichprobe angelegt werden, um insbesondere das Kriterium als „Veränderungsanzeiger“ so gut wie möglich zu erfüllen.

6.4. Analyse des Verjüngungspotentials

Für den Übergangswald ist die Abschätzung des Verjüngungspotentials ein zentrales Problem. Dabei wurden vier methodische Ansätze geprüft, die im Rahmen von Inventuren eingesetzt werden könnten.

6.4.1. Versuchsflächen

Die Beobachtungen der Verjüngungsentwicklung und der Standortfaktoren auf den Versuchsflächen geben naturgemäß nur begrenzte Einblicke in das mögliche Spektrum des Wirkungsgefüges. Das hängt mit der relativ geringen Zahl an Probeflächen zusammen. Dies wiederum erlaubt nur für einen Teil der möglichen Faktorenkombinationen experimentell abgesicherte Aussagen.

Da Versuchsflächen Aussagen nur bei einem längeren Beobachtungszeitraum erlauben, sind sie im Verjüngungsmonitoring bei Inventurwiederholungen wertvoll.

6.4.2. Stichprobeninventuren

Von den inhaltlichen Ergebnissen im Detail abgesehen konnten dabei folgende Vor- und Nachteile von Stichprobeninventuren bei der Erfassung von Naturverjüngung festgestellt werden (Gasch, 1995).

Vorteile der Stichprobeninventur:

- Systematische Verteilung von Probepunkten
- Festgelegter Schlüssel für die Aufnahme mit standardisierten Aufnahmeverfahren und guter Auswertbarkeit
- Breites Spektrum der Aufnahmemerkmale

Nachteile der Stichprobeninventur:

- Für verjüngungsökologische Aussagen in der Regel zu weites Aufnahmenetz, Bestände mit Verjüngung sind in der Minderheit
- Durch Einbeziehung der Verjüngungsansprache zu breites Aufnahmespektrum und großer Zeitaufwand
- dadurch werden viele Gesichtspunkte nur gutachtlich nach einer Schätzskala eingestuft
- Gutachtliche Ansprachen weisen oft große Abhängigkeit vom Taxator und der Aufnahmesorgfalt auf und sind schwer überprüf- und eichbar

Daraus folgt, daß, wenn auf fundierte Aussagen Wert gelegt wird, eine Verdichtung des Probepunktnetzes mit Ansprache von verjüngungsspezifischen Merkmalen notwendig wird. Der Aufwand kann dadurch begrenzt werden, daß die Bearbeitung auf die in der Regel relativ leicht begeharen Altbestände über 50-60 Jahren beschränkt werden kann. Ein weiteres Problem bei der Untersuchung von Verjüngungsfragen allgemein ist, daß der augenblickliche Zustand der Verjüngung nicht direkt mit dem Zustand des Altbestandes zusammenhängen muß. So kann sich beispielsweise ein Bestand nach einer Auflichtung mit Etablierung der Verjüngung wieder weitgehend schließen. Bei einer späteren Betrachtung können sich dann falsche Schlüsse bei der Aufstellung von Zusammenhängen zwischen Verjüngung und Schlußgrad ergeben. Deshalb sollen neben der Aufnahme von statischen Merkmalen des Bestandes (Deckungsgrad der Verjüngung, Höhe etc.) dynamische Gesichtspunkte (Entwicklungsstadium bzw. Altersstruktur, Zuwachsentwicklung) stärker berücksichtigt werden. Der Altbestand sollte mit stammzahlorientierten Verfahren (z.B. fixe Probekreise) aufgenommen werden. Außerdem sollte, wenn möglich, der Zeitpunkt des letzten wesentlichen Eingriffes, z.B. anhand der Forstbetriebsunterlagen (Nachweisung), angegeben werden. Dort ist allerdings in der Regel nur der Zeitpunkt und die entnommene Holzmasse enthalten. Eine Möglichkeit, genauere Angaben über den entnommenen Bestand und damit den Gesamtbestand vor dem Eingriff zu erhalten, wäre die zusätzliche Aufnahme der vorhandenen Stöcke nach Anzahl, Baumart und Durchmesser. Auf jeden Fall ist die Aufnahme meßbarer Merkmale (z.B. Stammzahl/Flächeneinheit) der gutachtlichen Schätzung (z.B. Schlußgrad) vorzuziehen.

6.4.3. Taxation

6.4.3.1. Methodische Probleme

Es muß festgestellt werden, daß die Methodik zur Erfassung der Naturverjüngung eigentlich erst entwickelt werden muß, und zwar und beide Inventurmethode (Bestandes-taxation und Stichprobeninventur). Die üblicherweise verwendete Ansprache der Naturverjüngung nach zwei Merkmalen (Flächenanteil und Baumartenanteile der Verjüngung unter Schirm) mit mehreren Merkmalsklassen können wohl Hinweise geben, doch sind die Gültigkeit und intersubjektive Reproduzierbarkeit dieser Ansprachen eher schwach abgesichert. Dies ist umso bedauerlicher, als damit gerade für einen strategisch wichtigen Bereich der Planung ein großes Informationsdefizit besteht.

Es sind objektivierende Meßverfahren notwendig, die am ehesten noch im Inventurdesign einer entsprechenden Stichprobe in Verbindung mit einem geographischen Informationssystem, welches auch den Raumbezug herstellt, zu verwirklichen sind.

6.4.3.2. Verjüngung in Bestandesklassen

In den für den „Übergang“ besonders wichtigen Bestandesklassen wurden festgestellt:

- Im Baumholz I (26-37cm BHD), Gesamtfläche rd. 347ha, sind 48% (166ha) bis 1/3 der Fläche verjüngt, auch Keimlinge (Fichte!) sind auf 30% der Fläche vorhanden.
- Im Baumholz II (> 38cm BHD), Gesamtfläche rd. 136ha, sind rd. 70% bis 1/3 der Fläche verjüngt, Keimlinge (Fichte) sind auf 17% dieser Bestandesklasse vorhanden.

So unsicher diese Angaben auch sein mögen, so läßt sich doch folgern, daß

1. ein wesentlich höheres Naturverjüngungspotential vorhanden ist als angenommen
2. in der Naturverjüngung das Nadelholz verhältnismäßig stark vertreten ist. Der hohe Fichtenanteil geht auf das Samenjahr 1992 zurück.
3. Die Buchenverjüngung läßt zu wünschen übrig, auch in qualitativer Hinsicht. Das geht zwar aus den Taxationsdaten nicht hervor, ist aber für jedermann leicht erkennbar, auch auf bereits geräumten Flächen.
4. Eine naturverjüngungsfreundliche Hiebsführung kann das vorhandene Potential sicher fördern. Aspekte der räumlichen Ordnung, des Windwurfrisikos, der Erntekosten und des Zuwachses (Massen und Wertleistung) im Altbestand sind dabei zu beachten.

6.4.3.3. Naturverjüngung unter Schirm

Ein besonderes Problem ist die taxatorische Ansprache des Flächendeckungsgrades der Verjüngung unter Schirm unter dem Aspekt, daß die Summe der Altersstufenanteile den Wert „zehn“ nicht überschreiten darf, weil ansonsten bei der Verarbeitung zu aggregierten Gesamtergebnissen (z.B. Flächen-, Altersklassen-, Holzartenübersichten) diese Flächen gegenüber den geodätischen Flächen zu groß wird.

Diese Vorgabe führt dazu, daß dem Altholz mit Hilfe der Ertragstafel ein Anteil zugewiesen wird, der dem rechnerischen Bestockungsgrad (b_a) des Altholzes entspricht und für

den Flächenanteil der Verjüngung (v_a) höchstens die Differenz $10 - b_a = v_a$ zur Verfügung steht. Das kann, muß aber nicht stimmen.

Die Taxation im Lehrforst (1993) weist 43 % Teilflächen mit zwei Altersstufen (Altholz – Naturverjüngung unter Schirm) aus, in denen die Naturverjüngung einen Flächenanteil $> 1/10$ erreicht. Diese Teilflächen wurden 1995 bezüglich dieser Flächenanteile überprüft und bei 14 Teilflächen ein höherer Flächenanteil der Naturverjüngung festgestellt.

Insgesamt ergibt sich für die Teilflächen mit zwei Altersstufen:

Gesamtfläche 129,5 ha

Fläche der Naturverjüngung nach Forsteinrichtung	18,64 ha
<u>Fläche der Naturverjüngung nach Überprüfung</u>	<u>27,52 ha</u>
Differenz	8,88 ha

Die Naturverjüngungs-Fläche ist daher um rd. 9 ha größer, als sich aus der Anteilsrechnung der Forsteinrichtung ergibt.

6.4.4. Verjüngungsinventur auf permanentem Stichprobennetz

Im Lehrforst wurde schon vor einiger Zeit ein permanentes Stichprobennetz (140x140m) eingerichtet. Auf diesen Punkten wurde eine exakte Verjüngungsinventur (Messung aller Daten) durchgeführt. Die Auswertung ist noch nicht abgeschlossen.

6.4.5. Schlußbemerkung

Die Ergebnisse sind als Momentaufnahmen zu werten. Da die Nutzungsstrategie im Lehrforst in höherem Maße als bisher auf Naturverjüngung aller Baumarten ausgerichtet ist bzw. werden soll, sind bei aller Kritik inhaltliche und methodische Resultate dieser Studie von großer Bedeutung für die praktische Waldbehandlung im Verjüngungsstadium von Beständen bzw. für die Auszeige nach Konzepten wie „Vorratspflege“, „Zielstärkenutzung“, „Aufbau vertikal strukturierter Bestockungen“ etc. Dabei wird besonders auch auf die Aussagen über die räumliche Einteilung betreffend die Bildung größerer Befund- und Planungseinheiten (Abteilungen und Abteilungsgruppen) zu achten sein.

Es besteht die Absicht, eine Verjüngungsinventur unter Bedachtnahme auf die Verbesserung der Inventurmethode fünf Jahre nach der Stichprobeninventur im Rahmen der „Zwischenrevision“ zu wiederholen. Dies wird schon aus Gründen einer Wirkungs- und Erfolgskontrolle der eingeleiteten Umstellung der Nutzungsstrategie und Schlagführung notwendig und zweckmäßig.

7. Zusammenfassende Schlußfolgerungen

7.1. Diversität

- Im Sinne der die Artenvielfalt der niederen Vegetation beschreibenden Indices finden sich eher keine deutlichen Unterschiede zwischen Schlagwaldreihe und Dauerwaldreihe. Im Sinne der Strukturvielfalt aber sehr wohl: Die Dauerwaldreihe schiefere BHD-Verteilung, stärkere BHD- und Höhendifferenzierung und eine geklumptere horizontale Verteilung.

7.2. Nährstoffkompartimentierung

- Die nutzungsgeschichtliche Unterschiede zwischen den beiden Regionen verdecken zum Teil die erwarteten Zusammenhänge.
- Allgemein finden sich eher keine großen Unterschiede zwischen Schlagwaldreihe und Dauerwaldreihe. Stickstoffverluste stellten sich auf den Versuchsflächen in der ersten Naturverjüngungsphase als mindestens so hoch wie beim Übergang vom nicht verjüngten Altbestand zur Schlagfläche dar. Stickstoffverlust treten sicher im Zusammenhang mit jeder Nutzungen auf. Je kleinflächiger diese sind, umso geringer sind die Verluste. Wenn also die Naturverjüngung, um sie in „einem Guß“ zu bekommen, durch sehr starke Eingriffe eingeleitet wird, dann treten offensichtlich Stickstoffverluste in ähnlichen Größenordnungen auf, wie nach Kahlschlag.

7.3. Nutzungsmodelle

- Bei motormanueller Fällung und Rückung mit Schlepper im Sortimentsverfahren hängt die Produktivität (fm/Stunde) für das vorliegende Datenmaterial von verschiedenen Variablen ab. Für die Fällung sind das die Dimension und die Beastung der Bäume sowie die Zahl der ausgeformten Sortimente je Stamm, für die Rückung das durchschnittliche Stückvolumen, die mittlere Rückedistanz und der seitliche Zuzug sowie die Fuhrgröße. Sowohl für die Fällung wie auch für die Rückung ist es jedoch unerheblich, ob unter dem Bestand Verjüngung vorhanden ist oder nicht.
- Die Schäden an der Verjüngung sind so, daß hinreichend unbeschädigte Verjüngung übrig bleibt um die folgenden Entwicklungsstadien quantitativ und qualitativ zu sichern. Die Schäden am verbleibenden Baumbestand liegen im üblichen Bereich und betreffen etwa 15% der Bäume mit Wunden von 10 - 200cm² im Wurzelanlaufbereich (Stock, selten bis 1m Schafthöhe). Die Schäden am Boden waren vergleichsweise eher gering.
- Ein Großteil der Schäden - egal, ob an der Verjüngung, am Bestand oder am Boden - entsteht bei der Rückung in der Zuzugsphase. Durch den Einsatz eines Forwarders und den dadurch bedingten (zumindest teilweisen) Entfall des seitlichen Zuzugs können die Schäden verringert werden.

7.4. Wachstumssimulationen

- Vom unverjüngten Altbestand bis zum Erreichen der Plenterstruktur dauert es etwa 110 (107 bzw. 118) Jahre.
- Die Media nimmt vom schlagweisen Betrieb über den Naturverjüngungsbetrieb mit Räumung bis zum Plenterwald hin drastisch zu.

Da die durchschnittlichen Bonitäten der Wuchsreihen auf der Hebalm und in der Soboth nicht allzu verschieden waren ($dgz_{100} = 6,0 \pm 0,35 v_{fmD}/J,ha$), ist es sinnvoll die Vergleiche zwischen den Betriebssystemen im Durchschnitt der beiden Regionen anzuführen.

Der Durchschnittszuwachs (dgz in den schlagweisen Reihen und lgz im Plenterwald) ergibt sich für die drei modellhaften Betriebssysteme wie folgt:

Tabelle 48: Durchschnittlicher bzw. laufender Gesamtwuchs in den drei simulierten Betriebssystemen.

	Schlagweiser Betrieb	Naturverjüngung mit Räumung	Plenterwald- betrieb
V _{fmD} /J,ha	6,0	9,5	8,5
%	100	158	142

Die Zuwächse des Naturverjüngungsbetrieb und des Plenterwaldbetriebes sind dem schlagweisen Betrieb also überlegen, der Unterschied zwischen Naturverjüngungsbetrieb und Plenterwaldbetrieb ist nicht mehr so bedeutend.

7.5. Kosten und Erträge

Simulation und Befragung stimmen dahingehend überein, daß im Dauerwald höhere Erträge und niedrigere operative Kosten zu erwarten sind. Da die Befragung die höheren Erntedimensionen und Zuwächse nur in geringem Ausmaß erwartete, ergibt die Simulationsrechnung eine noch deutlichere Erfolgsverbesserung im Dauerwald. Diese liegt in einer Größenordnung, die evtl. zu erwartenden höhere Gemeinkosten abzudecken vermag. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind, ökonomisch beurteilt, besser als die Einschätzungen durch die befragten Betriebsleiter. Auch die von den Betriebsleitern vermuteten ungünstigen Ergebnisse für einen langen Übergangszeitraum bis zum Erreichen eines Dauerwalds werden von den Berechnungen nicht bestätigt.

Die befragten Betriebsleiter haben im Durchschnitt die ökonomischen Vorteile eher unterschätzt, die positiven ökologischen Effekte des Dauerwaldes möglicher Weise eher überschätzt.

Unsicherheiten im Falle des großflächigen Nichtankommens von Naturverjüngung bleiben beim Übergang vom Schlagwald auf Dauerwald bestehen. Eine Vielzahl von langfristig beobachteten Dauerversuchsflächen und lokale standortsbezogene Beobachtungen in Betrieben könnten diese Unsicherheiten vermindern helfen.

Danksagung

Die Untersuchungen zu diesem Projekt wurden vom BMLF finanziell unterstützt, wofür die Autoren gebührend danken. Ein ebensolcher Dank sei dem Forstbetrieb des Malteser Ritterordens in Ligist und dem Forstbetrieb Croy (St. Oswald/Stmk.) für die vielfältige Unterstützung ausgesprochen. Den Betriebsführern, welche sich an der Entwicklung des Fragebogens und an der Beantwortung desselben beteiligt haben, gebührt ein besonderes Lob.

8. Literaturverzeichnis

- Arbeitskreis Zustandserfassung und Planung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung
1997: Forsteinrichtung in strukturreichen Wäldern – Ein Leitfaden zur Weiterentwicklung der Inhalte und Verfahren. Niedersächsisches Forstplanungsamt 101 pp.
- Assmann E. 1961: Waldertragskunde. BLV München. 490 pp.
- Assmann, E. 1965: Der Zuwachs im Verjüngungsstadium. Cbl.ges.Forstw. 82:193-217.
- Bauer, H. 1989: Die Nährstoffvorräte von Fichtenbeständen auf einer Standortseinheit im Kobernausserwald: untersucht über die Altersklassen. Dipl.Arb. Univ. f. Bodenkultur Wien. 90 pp.
- Bühl, A. und Zöfel, P. 1998: SPSS für Windows Version 7.5: Praxisorientierte Einführung in die moderne Datenanalyse. 4. Auflage. Addison Wesley Longman Verlag, Bonn. 669 pp.
- Butora, A. und Schwager, G. (1986): Holzernteschäden in der Durchforstung. Bericht der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Schweiz. 12 pp.
- Dirschke H. 1994: Pflanzensoziologie - Grundlagen und Methoden; Verlag Eugen Ulmer Stuttgart; 683 pp.
- Eckmüllner O. 1987: Ein Stichprobeverfahren zur Bestimmung der Benadelung "gesunder" und "kranker" Bäume. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Forstliche Biometrie und Informatik 129: 41-49.
- Englisch, M., Karrer, G. & Wagner, H. 1991: Bericht über den Zustand des Waldbodens in Niederösterreich. - Forstliche Bundesversuchsanstalt/Amt der Niederösterr. Landesregierung, Wien, 110 pp.
- Faust, H. 1992: Umstellung der konventionellen in naturgemäße Waldwirtschaft. AFZ 2/1992:75-77.
- Füldner, K. 1995: Strukturbeschreibung von Buchen – Edellaubholz – Mischwäldern. Cuvillier Verlag Göttingen. 162 pp.
- Grabherr, G., Koch, G., Kirchmeir, H. und Reiter, K. 1998: Hemerobie österreichischer Waldökosysteme. Österr. Akademie d. Wissenschaften. Veröffentlichungen des österr. MaB-Programmes 17. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck. 493 pp.
- Grundl K., Kausbauer R., Lick H., Stadlmann G., Altenburger H., Dorfer A., Freitag B., Schuster T., 1998: Der Zustand des steirischen Waldes 1996/97. Amt der Steirischen Landesregierung 107 pp.
- Günther, M. 1990: Warum hat die Idee einer naturnahen Waldwirtschaft bei privaten Forstverwaltungen besonders Anklang gefunden? Forstarchiv (54)2:51-53.
- Häberle, S. 1984: Standardisierung zweidimensionaler Ausgleichsfunktionen über Richtgrad und Richtkonstante. Forstarchiv, **55**, 6: 220-225.
- Hanewinkel, M. und Willmann, U. 1996 : Ökonomische Leistungsfähigkeit zweier Plenterwaldbetriebe mit hohen Wertholzanteilen im Mittleren Schwarzwald. Arbeitsbericht Nr.25-96, Institut für Forstökonomie, Universität Freiburg: 59 pp.
- Hanewinkel, M. 1998: Plenterwald und Plenterwaldüberführung. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg – Band 9. 256 pp.

- Hanewinkel M., Oesten G. 1998: Ökonomische Modellvergleich risikobeeinflusster Altersklassen- und Plenterwaid-Betriebsklassen, AFZ 8/1998:427-429.
- Hasenauer, H. 1999: Die simultanen Eigenschaften von Waldwachstumsmodellen. Paul Parey Berlin (in press).
- Hasenauer, H. 1994: Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten-Kiefer- und Buchen-Fichtenmischbestände. Forstl. Schriftenreihe Univ. f. Bodenkultur Wien, Österr. Ges. f. Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung an der Univ. f. Bodenkultur Wien. Band 8. 152 pp.
- Heinimann, H.R. 1998: Produktivität und Einsatzbedingungen verschiedenener Harvestertypen - eine statistische Auswertung auf Grund von Leistungsnachweisen. Unveröffentlichter Bericht der Professur für forstliches Ingenieurwesen der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich. 25 S.
- Heinimann, H.R.; Visser, R.J.M.; Stampfer, K. 1998: Harvester - Cable Yarder System Evaluation on Slopes - a Central European Study in Thinning operations. In: Proceedings of the Annual Meeting of the Council on Forest Engineering, Harvesting Logistics: From Woods to Markets. Schiess and Krogstad (editors). July 20-23, 1998, Portland, Oregon: 39-44.
- Hildebrandt, G. 1990: Forsteinrichtung und naturgemäße Waldwirtschaft. Forst und Holz 45 (24):701-707.
- Janssen, G. 1990: Nachhaltige Forstwirtschaft – zukunftsweisende Nutzung naturnaher Ökosysteme. Forstarchiv 61(6):219-225.
- Karrer, G. 1992: Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Teil VII: Vegetations-ökologische Analysen - Mitt.Forstl. Bundesversuchsanst. Wien 168: 193-242.
- Karrer, G. & Kilian, W. 1990: Standorte und Waldgesellschaften im Leithagebirge Revier Sommerein. - Mitt.Forstl.Bundesversuchsanst.Wien, 165: 1-244. (incl. 2 Tab., 1 Karte).
- Katzensteiner, K. 1992: Mineralstoffernährung, Bodenzustand und Baumvitalität in Fichtenwaldökosystemen des Böhmerwaldes FIW-Forschungsberichte 1992/1. Österreichische Gesellschaft für Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung. 195 pp.
- Knoke, T. 1998: Analyse und Optimierung der Holzproduktion in einem Plenterwald – zur Forstbetriebsplanung in ungleichaltrigen Wäldern. Forstliche Forschungsberichte München 170. 198 pp.
- Kockx, G.P.; Moshenko, D.W.; Hedin, I.B. 1995: Harvesting small patch clearcuts in Southeastern British Columbia. Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC). Technical Report Nr.: SR-102. 26 S.
- Köpsell, 1983: Charakteristische Kennzifferstrukturen naturgemäß bewirtschafteter Forstbetriebe. Forstarchiv 54(3):83-89.
- Krapfenbauer, A. und Buchleitner, E. 1981: Holzernte, Biomassen und Nährstoffaustrag; Nährstoffbilanz eines Fichtenbestandes. Cbl.ges.Forstw. 98:193-222.
- Leibundgut, H. 1983: Führen naturnahe Waldbauverfahren zur betriebswirtschaftlichen Erfolgsverbesserung? Forstarchiv 54(2):74-81.

- Loidl, W. und Reimoser F. 1980: Waldbaulich-betriebswirtschaftliche Beurteilung des alternativen Kunst- und Naturverjüngungsbetriebes in einem fichtenreichen Gebirgsrevier. Cbl. f. d. ges. Forstwesen 97(3):151 – 171.
- Magurran A. E. 1988: Ecological Diversity and Its Measurement; Princeton University Press, New Jersey; 179 pp.
- Mayer, H. 1968: Langfristige waldbauliche Betriebsrationalisierung. AFZ 23:687-689, 711-713, 725-728, 754-757, 770-771.
- Mayer, H. 1984: Waldbau, 3. Neu bearbeitete Auflage Gustav Fischer Verlag · Stuttgart · New York 514 pp.
- Meek, P. (1995): A mechanized partial cut in a tolerant hardwood stand in Nova Scotia. Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC). Field Note Nr.: Partial Cutting-3. 2 pp.
- Merker, K. 1997: Ein Controllingsystem „Naturnahe Waldwirtschaft“. J.D. Sauerländer's Verlag Frankfurt/M: 212 pp.
- Meng, W. 1978: Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte. Ausmaß und Verteilung, Folgeschäden am Holz und Versuch ihrer Bewertung. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg; Band 53. 159 pp.
- Mitchell, J. (1996): Trial of alternative silvicultural systems in Southern British Columbia: Summary of harvesting operations. Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC). Technical Note TN-240. 11 pp.
- Mitscherlich, G. 1978: Wald Wachstum und Umwelt – erster Band. zweite überarbeitete Auflage J.D. Sauerländer's Verlag – Frankfurt am Main:130 –134.
- Monserud R.A., H. Sterba and H. Hasenauer 1997: The Single-Tree Stand Growth Simulator PROGNAUS. In: Teck, R., M. Moer & J. Adams (eds): Proceedings: Forest vegetation simulator conference. 1997: Feb. 3-7, Fort Collins, CO. Gen.Tech.Rep. INT-GTR-373. Ogden, UT. U.S.D.A. For.Serv. Int.Res.Stn: 50-56.
- Phillips, E. 1996: Comparing Silvicultural Systems in a Coastal Montane Forest: Productivity and Cost of Harvesting Operations. Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC). Special Report Nr.: SR-109. 42 S.
- Pichler, F. & Karrer, G. 1991: Comparison of different ecological indicator value systems. - In: Horvath, F.(ed.): Poster Abstracts 34 th IAVS Symposium, Eger, Hungary, 1991: 102-104.
- Reineke L.H. , 1933: Perfecting a Stand-Density index for even aged forests. Journal of Agricultural Research Washington D.C. 46(7):627-638.
- Richardson, R. und Gingras, J.-F. (1995): Shelterwood versus clearcut harvesting in New Brunswick softwood stands. Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC). Field Note Nr.: Partial Cutting-1. 2 S.
- Rieder, A. 1999: Streiflichter zum Thema Plenterwald AFZ 4/1999:169-171.
- Röhle, H. 1995: Zum Wachstum der Fichte auf Hochleistungsstandorten in Südbayern. Mitt. Staatsforstverw. Bayerns. 48.Bayerisches Staatsministerium f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten. München. 272 pp.
- Sagl, W. 1993: Betriebswirtschaftliche Aspekte zur „Naturnahen Waldwirtschaft“. Österr. Forstzeitung 4/1993:8-11.

- Scheeder, T. 1993: Forsteinrichtung in naturgemäßen oder naturnahen Wirtschaftswäldern. AFZ 2/1993:61-64.
- Scheeder, T. 1994: Inventur und Planung in naturgemäßen Wirtschaftswäldern. AFZ 2/1994:87-90
- Sekot, W. 1990: Forsteinrichtungstechnische Betrachtung der Fichte in Österreich. Cbl. ges. Forstw. 107:33-55.
- Seling, I. 1996: Zur Überführung von Alterklassenwald in Dauerwald – Versuch einer wirtschaftsemirischen Analyse im Forstamt Erdmannshausen. Universität Freiburg Institut für Forstökonomie Arbeitsbericht 22-96, 57 pp.
- Spörk, J. 1989: Mehr Erfolg aus dem Forstbetrieb. Österr. Forstzeitung 9/1989:15-16.
- Spörk, J. 1995: Die Bilanz – Rechnet sich naturnahe Waldwirtschaft. in „Naturnähe – Das Erfolgssprinzip der Waldwirtschaft“. Tagungsunterlagen des Kuratoriums „Rettet den Wald“ Alserstr.37/16, 1080 Wien:37-39.
- Stahel, W.A. 1995: Statistische Datenanalyse - Eine Einführung für Naturwissenschaftler. vieweg Lehrbuch Angewandte Mathematik, Braunschweig/Wiesbaden. 359 S.
- Stampfer, K. und Daxner, P. 1998: Ein Produktivitätsmodell für ein selbstfahrendes Seilgerät Typ „Woodliner“. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 115, 4: 249-260.
- Sterba H. und O. Eckmüllner 1998: Datenqualitätsstudie, Wachstum, Produktivität und Vitalität. Abschlußbericht zur FIW II-Generalsynopse. BMLF und bm w:v Wien. 23pp.
- Sterba, H. 1993: The impact of variations of potential height growth on the projections of a single tree growth model. Proc. IUFRO S 4.02 Conference, 27.9.-1.10.1993 in Blacksburg, VA.
- Sterba H. und Griess O. 1983: Sortentafeln für Fichte. Österr. Agrarverlag, Wien. 151 pp.
- De Turkheim, B. 1993: Naturnahe Waldwirtschaft als Grundlage einer multifunktionalen Nutzung des Waldes. ÖFZ 4/1993:5-7.
- Trepp, W. 1974: Der Plenterwald. Hespera Mitteilungen 24. Jahrgang 66 65 pp.
- Tzesniowski, S. 1994: Leistung, Kosten und Investition von Mastseilgeräten. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien. 259 pp.

9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Stichprobenweise Verjüngungserhebung am Beispiel eines Altbestandes	6
Abbildung 2: Fraktionen der geworbenen Probeäste	7
Abbildung 3: Versuchsaufbau.	9
Abbildung 4: Stichprobenraster und Aufnahmeschema für Bodenschäden.	13
Abbildung 5: Stichprobenraster und Aufnahmeschema für Verjüngungsschäden.	14
Abbildung 6: Der Übergang vom Altbestandes mit Verjüngung $> 1,3$ m zum Zweischichtbestand auf der Hebalm . Violett der Ausgangszustand des Altbestandes mit Verjüngung $> 1,3$ m, blau das Ergebnis der Simulation nach 60 Jahren und gelb die tatsächlich vorgefundene BHD-Verteilung des Zweischichtbestandes auf der Hebalm.	22
Abbildung 7: Die Simulation des Überganges vom Zweischichtbestand (violett) zum „Plenterbestand“ (blau Simulation, gelb beobachtet). Achtung, die Stammzahlachse ist logarithmisch geteilt !	23
Abbildung 8: Simulation der Übergänge zwischen den Entwicklungsstadien. Rot sind die jeweiligen Simulationsergebnisse, die den darunter stehenden beobachteten Entwicklungsstadien möglichst ähnlich sein sollten.	23
Abbildung 9: Summenhäufigkeit der Verjüngung über der erreichten Höhe in den Dauerwaldserien Hebalm und Soboth.	26
Abbildung 10: Kationenaustauschkapazität im Stangenholz auf der Hebalm.	29
Abbildung 11: Gesamtkohlenstoff, -stickstoff, austauschbares Kalzium und Kalium in den Bodenhorizonten.	31
Abbildung 12: Austauschbares Magnesium, Mangan, Aluminium, Eisen und Gesamtschwefel nach Bodenhorizonten.	32
Abbildung 13: Kompartimentierung der Stickstoff-Vorräte.	33
Abbildung 14: Kompartimentierung der Kalium-Vorräte.	34
Abbildung 15: Kompartimentierung der Phosphor-Vorräte.	35
Abbildung 16: Kompartimentierung der Kalzium-Vorräte.	36
Abbildung 17: Kompartimentierung der Magnesium-Vorräte.	37
Abbildung 18: Die Schwefel-Vorräte in den Nadeln und in den ersten 5cm Mineralboden.	38
Abbildung 19: Kompartimentierung der Aluminium-Vorräte (ohne Baumschicht).	39
Abbildung 20: Kompartimentierung der Eisen-Vorräte.	40
Naturnahe WW	86

Abbildung 21:Kompartimentierung der Mangan-Vorräte.	41
Abbildung 22:Verteilung der Verjüngung über die Höhenstufen vor der Nutzung auf den Probeflächen mit Schlepper-Rückung (kumuliert, je ha).	46
Abbildung 23:Verjüngungszahlen vor und nach der Holzernte auf den Probeflächen mit Schlepper-Rückung.	47
Abbildung 24:Verjüngungszahlen vor und nach der Holzernte auf den Probeflächen mit Forwarder- und Seil-Rückung.	47
Abbildung 25:Erntevolumina je genutztem Baum im Durchschnitt aller Nutzungen der drei Betriebssysteme: Kahlschlagbetrieb mit $u \sim 125$, Naturverjüngungsbetrieb mit Nutzung des Altholzes nach ca. 135 Jahren, und Plenterbetrieb.	51
Abbildung 26:Punktebewertung der Betriebsmerkmale.	67
Abbildung 27:Anforderungsprofile Organisation - Personal - Planung	69

10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: ..Die Entwicklungsstadien der Wuchsreihen im Kahlschlagbetrieb und im Übergang vom Kahlschlagbetrieb zum Dauerwald.	4
Tabelle 2: ..Übersicht über die Art der gewonnenen Proben und die im Labor des Institutes für Waldökologie an der Universität für Bodenkultur bestimmten Nährstoffgehalte.	5
Tabelle 3: ..Zeitkonzept.	9
Tabelle 4: ..Antwortvariablen, Faktor und Kovariaten für die motormanuelle Fällung im Sortimentsverfahren.	10
Tabelle 5: ..Antwortvariablen und Kovariaten für die Sortimentsrückung mit Schlepper.	11
Tabelle 6: ..Antwortvariablen und Kovariaten für das hochmechanisierte Baumverfahren mit Prozessorkippmast.	11
Tabelle 7: ..Schadensklassen für die Aufnahme der Bodenschäden.	13
Tabelle 8: ..Schadenskategorien für Verjüngungsschäden.	15
Tabelle 9: ..Aufnahmekriterien für Bestandesschäden.	16
Tabelle 10: Koeffizienten zur Biomassenschätzung von Nadeln, unbenadelten Astteilen und Reisig.	18
Tabelle 11: Koeffizienten zur Schätzung der Schaft- und Rindenbiomassen.	19
Tabelle 12: Diversitätsmaße der niederen Vegetation.	24
Tabelle 13: Anzahl der Verjüngungspflanzen <20cm je Hektar.	25
Tabelle 14: Alter und Dichte der ausgewählten Probeflächen in den Entwicklungsstadien der schlagweisen und der DAUERWALD-Serie. Bei der Interpretation ist zu beachten, daß alle Bäume >1,3m gemessen wurden, also keine Kluppschwelle zur Anwendung kam!	27
Tabelle 15: Strukturcharakteristika in den ausgewählten Probeflächen der Entwicklungsstadien der schlagweisen und der DAUERWALD-Serie. S ist die Schiefe, positive Werte kennzeichnen linksasymmetrische Verteilungen. Der Clark&Evans-Index kennzeichnet die räumliche Verteilung aufgrund der Abstände zum nächsten Nachbarn. Werte < 1 bedeuten eine Verteilung in Klumpen, 1 bedeutet zufällige (Poisson-) Verteilung und Werte > 1 bedeuten „überzufällige“, d.h. regelmäßige Verteilung der Bäume.	28
Tabelle 16: Statistische Kenngrößen der numerischen Variablen bei der motor-manuellen Fällung im Sortimentsverfahren.	43
Tabelle 17: Statistische Kenngrößen der numerischen Variablen bei der Rückung mit Schleppern im Sortimentsverfahren.	44
Naturnahe WW	88

Tabelle 18: Statistische Kenngrößen der numerischen Variablen bei der hochmechanisierten Holzernte im Seilgelände (Baumverfahren mit Prozessorkippmastgerät).	45
Tabelle 19: Anzahl der Bäume im verbleibenden Bestand und überwiegend festgestellte Schäden.	48
Tabelle 20: Zuwachs- und Gesamtwuchsleistungen der schlagweisen Wuchsreihe „Hebalm“.	49
Tabelle 21: Zuwachs- und Gesamtwuchsleistungen der Übergangswuchsreihe „Hebalm“.	49
Tabelle 22: Zuwachs- und Gesamtwuchsleistungen der schlagweisen Wuchsreihe „Soboth“.	50
Tabelle 23: Zuwachs- und Gesamtwuchsleistungen der Übergangswuchsreihe „Soboth“.	50
Tabelle 24: Erlöse in ATS/efmD o.R. (Quelle fehlt) nach Stärkeklassen.	51
Tabelle 25: Deckungsbeiträge [ATS/ Jahr und Hektar] für die vier Betriebsklassen.	52
Tabelle 26: mögliche Gründe für eine Überführung von Schlagwald in Dauerwald und deren Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5)	54
Tabelle 27: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Kapitalbindung und Verzinsung	55
Tabelle 28: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu erntekostenfreie Holzerlöse.	55
Tabelle 29: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu nachhaltig schlagbaren Holzmenge.	56
Tabelle 30: Veränderungen des Sortenanfalls im DW und des durchschnittlichen Festmetererlöses bei gutachtlich festgelegten Festmeterpreisen laut den prozentuellen Angaben der SW-Betriebsleiter.	57
Tabelle 31: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Holzernte.	58

Tabelle 32: Durchschnittswerte von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Vor- und Endnutzungsprozentsätze.	59
Tabelle 33: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Absatzgestaltung.	60
Tabelle 34: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Bedarf an Personal.	61
Tabelle 35: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zur Ausbildung der Waldarbeiter	61
Tabelle 36: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu den Fähigkeiten von Betriebsleitern	61
Tabelle 37: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zur Arbeitsorganisation.	62
Tabelle 38: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Forsteinrichtung.	63
Tabelle 39: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Förderungen.	64
Tabelle 40: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sichern nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zum Betriebsrisiko.	64
Tabelle 41: Durchschnittswerte (1=trifft sicher zu, 2= trifft eher zu, 3=unentschieden, 4 trifft nicht zu, 5 trifft sicher nicht zu) von allen Betriebsleitern (Spalte 2), Schlagwald-Betriebsleiter (Spalte 3), Übergangsbetriebsleiter (Spalte 4) und Dauerwaldbetriebsleiter (Spalte 5) zu Jagd.	65
Tabelle 42: Waldfunktionen und deren Bewertung mit Punkten von 1 (=sehr niedrig-minimal) bis 9 (sehr hoch-maximal) für den Schlagwald und den Dauerwald.	65

Tabelle 43: Betriebsmerkmale, die für Schlagwald und Dauerwald mit Punkten von 1 (=sehr niedrig-minimal) bis 9 (sehr hoch-maximal) bewertet wurden.	66
Tabelle 44: Die aus den Betriebsleiterschätzungen abgeleiteten Holzerträge und operativen Kosten.	70
Tabelle 45: Gegenüberstellung der Deckungsbeitragsschätzungen je Efm laut Simulation und laut Befragung.	72
Tabelle 46: Gegenüberstellung der Deckungsbeitragsschätzungen je ha laut Simulation und laut Befragung.	72
Tabelle 47: Gegenüberstellung der Deckungsbeitragsschätzungen je ha laut Simulation und laut Befragung.	73
Tabelle 48: Durchschnittlicher bzw. laufender Gesamtwuchs in den drei simulierten Betriebssystemen.	80