



# Waldentwicklung im Nationalpark Berchtesgaden von 1983 bis 1997



# Waldentwicklung im Nationalpark Berchtesgaden von 1983 bis 1997

Gemeinsame Auswertung der  
1. und 2. permanenten Stichproben-Inventur

Natürliche Wiederbewaldung und Struktur  
eines ungeräumten Fichten-Windwurfs auf  
potentiellem Bergmischwaldstandort

Volkmar Konnert

Institut für Waldwachstum  
an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Jochen Siegrist

Diplomarbeit an der Ludwig-Maximilians-Universität München (Prof. Dr. Ammer)  
und an der Philipps-Universität Marburg (Prof. Dr. Plachter)

**Impressum:**

Nationalpark Berchtesgaden  
Forschungsbericht 43/2000

Herausgeber:

Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, Doktorberg 6,  
D-83471 Berchtesgaden, Telefon 0 86 52/96 86-0, Telefax 0 86 52/96 86 40,  
im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums  
für Landesentwicklung und Umweltfragen

Alle Rechte vorbehalten!

ISSN 0172-0023  
ISBN 3-922325-45-9

Druck: Berchtesgadener Anzeiger, Berchtesgaden

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

Titelbild:

Den Fichtenbeständen der Tief- und Mittellagen (Schapbachboden) schließen sich in den Hochlagen  
Lärchen-Fichtenbestände an (Watzmannkar)

Fotos:

St. Donath, J. Leitner, J. Siegrist, P. Pechacek und K. Wagner, Nationalparkverwaltung

# Inhaltsverzeichnis

## Gemeinsame Auswertung der 1. und 2. permanenten Stichproben-Inventur von Volkmar Kohnert

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	7
1.1	Anlass für die zweite Waldinventur im Nationalpark Berchtesgaden ..	7
1.2	Historische Einflüsse auf die Strukturen der Nationalparkwälder. ....	7
1.3	Durchführung der Inventur .....	7
1.4	Lage und standörtliche Grundlagen .....	8
<b>2</b>	<b>Methodik</b> .....	9
2.1	Merkmale der Erstinventur 1983/84 .....	9
2.2	Übergang zu der Folgeinventur 1995/97 .....	9
2.3	Die Folgeinventur .....	10
2.3.1	Inventurkarten und Gitternetz .....	10
2.3.2	Probeflächengröße und Kluppschwellen .....	11
2.3.3	Inventurblatt, Zusatzinventurblatt, Dokumentation der Inventurpunkte .....	15
2.3.4	Ausrüstung eines Messtrupps .....	15
2.3.5	Wiederfinden der Probeflächenzentren bei Folgeaufnahmen .....	15
2.3.6	Auslegen der Probekreise .....	16
2.4	Datenerhebungen in den Probekreisen .....	16
2.4.1	Azímüt und Entfernung (Polarkoordinaten) .....	16
2.4.2	Durchmesser .....	16
2.4.3	Besonderheiten bei der Folgeinventur .....	18
2.4.4	Altersbestimmung .....	18
2.4.5	Höhenmessungen .....	19
2.4.6	Schadensinventur .....	19
2.4.7	Totholz (Baum/Stamm bezogene Daten) .....	19
2.5	Nationalparkspezifische Zusatzparameter .....	20
2.5.1	500 m <sup>2</sup> Kreis (Radius = 12,62 m) bezogene Daten .....	20
2.5.2	25 m <sup>2</sup> Kreis (Radius = 2,82 m) bezogene Daten .....	21
2.6	Datenbank und Auswertung .....	22
2.6.1	Datenhaltung .....	22
2.6.2	Anpassung von Unterprogrammen an die EDV-Ausstattung des Nationalparks .....	22
2.6.3	Entwicklung von Programmen und Unterprogrammen .....	22
2.6.4	Auswertungsebenen .....	23
<b>3</b>	<b>Waldentwicklung zwischen Erst- und Folgeinventur (1983/84 – 1995/97)</b> .....	24
3.1	Einführung .....	24
3.2	Probeflächen und Probebäume .....	24
3.3	Durchmesser, Höhen, Schlankheitsgrad .....	24
3.4	Baumarten und Baumartengruppen .....	30
3.5	Alter, Altersklassen und Altersstufen .....	36
3.6	Vorrat nach BHD-Stufen und Baumartengruppen .....	38

3.7	Entwicklungsphasen .....	40
3.8	Mischungsformen .....	43
3.9	Durchschnittliche Maßzahlen für die Distrikte bei der Folgeinventur .....	44
<b>4</b>	<b>Vergleich der Inventurmethode</b> .....	<b>44</b>
4.1	BHD-Verteilung der Probebaumanzahlen .....	49
4.2	Baumarten und Baumartengruppen .....	49
4.3	Entwicklungsphasen und Mischungsformgruppen .....	50
4.4	Genauigkeit der Vorrats- und Zuwachsschätzungen .....	50
<b>5</b>	<b>Der ausgeschiedene Bestand</b> .....	<b>51</b>
5.1	Struktur des Abgangs .....	52
5.2	Abgangsintensität .....	53
5.3	Abgangsursachen .....	53
5.4	Alte Schäden und Abgang .....	57
<b>6</b>	<b>Schäden an Bäumen</b> .....	<b>57</b>
6.1	Kronenzustand – Nadel/Blattverlust .....	57
6.2	Rinden-/Kambiumschäden .....	59
6.3	Kronenbrüche .....	61
6.4	Insektenschäden – Borkenkäfer .....	63
6.5	Säbelwuchs .....	63
<b>7</b>	<b>Verjüngung</b> .....	<b>63</b>
7.1	Definition, Klassen, Aggregationsebenen .....	63
7.2	Baumarten- und Flächenanteile, Höhenstruktur und Verbiss .....	67
7.3	Häufigkeitsverteilung der Verjüngung nach Keimsubstraten .....	73
<b>8</b>	<b>Nationalparkspezifische Parameter</b> .....	<b>76</b>
8.1	Totholz .....	76
8.2	Deckungsgrade der Vegetationsschichten .....	78
8.3	Kleinbiotope und Ameisenhaufen .....	79
8.4	Belastungen und Schäden auf Flächen oder Boden .....	79
8.5	Weidebelastung und Weidezeigerarten .....	80
8.6	Straucharten .....	83
<b>9</b>	<b>Bewertung der Natürlichkeit der Waldvegetation</b> .....	<b>83</b>
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>87</b>
<b>11</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>92</b>

**Natürliche Wiederbewaldung und Struktur eines ungeräumten Fichten-Windwurfs auf potentielltem Bergmischwaldstandort von Jochen Siegrist**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	93
<b>2</b>	<b>Lage und Charakterisierung des Untersuchungsgebietes</b> .....	95
2.1	Nationalpark Berchtesgaden .....	95
2.1.1	Lage und Naturraum .....	95
2.1.2	Geologie.....	95
2.1.3	Klima.....	96
2.1.4	Böden.....	96
2.1.5	Nutzungsgeschichte .....	96
2.1.6	Natürliche Waldgesellschaften.....	98
2.2	Windwurf „Ofental“ .....	98
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	98
3.1	Interpretation von CIR-Bildern und Fotos.....	98
3.2	Probeflächendesign.....	100
3.2.1	Systematisch zufällig verteilte permanente Stichproben.....	100
3.2.2	Lage, Anzahl und Größe der Probequadrat .....	100
3.2.3	Einmessen, Untergliederung und Markierung der Probequadrat... ..	100
3.3	Auswahl der Systemkompartimente / Aufnahmeparameter .....	102
3.4	Aufnahmeverfahren und Auswertung .....	102
3.4.1	Einzelbäume .....	102
3.4.2	Totholz.....	102
3.4.3	Verjüngung .....	103
3.4.4	Vergleich mit Verjüngungsdaten der beiden Waldinventuren .....	107
3.4.5	Zauneffekt .....	107
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	109
4.1	Entwicklung der Fläche 1985 – 1997.....	109
4.2	Einzelbäume .....	109
4.3	Totholz.....	109
4.4	Verjüngungssituation.....	109
4.4.1	Baumartenspektrum .....	109
4.4.2	Pflanzenzahlen pro Hektar .....	111
4.4.3	Baumartenverteilung und Anzahl Pflanzen nach Probequadraten (10 x 10 m).....	111
4.4.4	Höhenstruktur.....	113
4.4.5	Dispersion .....	113
4.4.6	Verbiss.....	115
4.4.7	Sonderstandorte .....	117
4.4.8	Konkurrenzvegetation.....	118
4.5	Vergleich mit Verjüngungsdaten der beiden Waldinventuren .....	121
4.6	Synoptische Betrachtung: Totholz und Verjüngung (Zauneffekt)....	121
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	121
5.1	Material und Methoden .....	121
5.1.1	Probeflächenmarkierung und Aufnahme­flächengröße .....	121
5.1.2	Einzelbaum-Höhenmessung .....	122
5.1.3	Totholz-Aufnahmeverfahren.....	122
5.1.4	Verbiss-Aufnahmezeitpunkt.....	123

5.2	Ergebnisdiskussion Struktur .....	123
5.2.1	Baumartenspezifische Stabilität gegen Sturm .....	123
5.2.2	Totholz.....	124
5.3	Ergebnisdiskussion Verjüngung .....	125
5.3.1	Pflanzenzahl .....	125
5.3.2	Ausbreitungsstrategien.....	125
5.3.3	Verbiss.....	126
5.3.4	Sonderstandorte .....	130
5.3.5	Konkurrenzvegetation .....	131
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen für den Naturschutz im Wald .....</b>	<b>131</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>133</b>
<b>8</b>	<b>Ausblick (Dr. Zierl) .....</b>	<b>135</b>
<b>9</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>136</b>
<b>10</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>138</b>
<b>11</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>141</b>

# Gemeinsame Auswertung der 1. und 2. permanenten Stichproben-Inventur

Volkmar Konnert

## 1 Einleitung

### 1.1 Anlass für die zweite Waldinventur im Nationalpark Berchtesgaden

Im Jahre 1978 wurde der Nationalpark Berchtesgaden mit einer Gesamtfläche von 20.776 ha, davon rund 8200 ha Wald, gegründet. Mit der Gründung wurden auch die Hauptziele des Nationalparks – Naturschutz, Forschung und Information sowie Umweltbildung – festgelegt (Verordnung über den Alpen- und den Nationalpark Berchtesgaden der Bayerischen Staatsregierung, Neufassung vom 16.02.1987).

Auf den Wald übertragen bedeutet Naturschutz, im Sinne dieser Verordnung, die natürlichen und naturnahen Waldteile zu bewahren und naturferne Wälder einer natürlichen Entwicklung zuzuführen. Es galt deshalb schon bei der ersten Waldinventur (1983 – 1984) Kriterien zu finden, die den Natürlichkeitsgrad von örtlichen Waldstrukturen treffend wiedergeben (RALL, 1990). Die Ausweisung von Behandlungszonen erfolgte entsprechend dem Grad der Natürlichkeit. Die naturfernen Bestände wurden zu einer Waldpflegezone und die naturnahen zu einer Ruhezone oder Kernzone ohne waldbauliche Eingriffe zusammengefasst. Periodisch wird diese Zonierung auf Grund der sich ändernden Strukturen neu vorgenommen. Diese werden ihrerseits über Waldinventuren und ihre Auswertungen belegt. Gleichzeitig werden die Ergebnisse dieser Inventuren der Bevölkerung zur sachlichen Information und Bildung bereitgestellt. Dies trägt mit Sicherheit auch zur Steigerung der Akzeptanz des Nationalparks bei.

### 1.2 Historische Einflüsse auf die Strukturen der Nationalparkwälder

Die allgemeine Flächennutzung und insbesondere die Nutzung und der damit verbundene Zustand der Wälder des Nationalparks sind an die über 700 Jahre währende Salzgewinnung über das Sudverfahren gekoppelt. Das Salz aus den Haselgebirgsschichten wurde mit Wasser herausgelöst und anschließend die Salzsole in Sudpfannen mit Nadelholzfeuer verdampft. Die erzeugte Salzmenge war somit an die Menge des verfügbaren Nadelholzes gebunden. Das für das Sudfeuer ungeeignete Laubholz (vor allem Buche) wurde systematisch zu Gun-

sten der Fichte zurückgedrängt. Die Tanne, als typische Schattbaumart, verlor in Folge der Salinenkahlschläge weite Flächen ihres ursprünglichen Verbreitungsgebietes. Relativ kurz nach der Übernahme des Kirchenfürstentums Berchtesgaden durch Bayern (1810), wurde mit der „Sanierung“ der sehr verlichteten Wälder mit Fichte begonnen (1821), ein Vorgang der bis ca. 1860 anhielt.

Die durchaus weite Verbreitung der Lärche kann über ihre Begünstigung durch die Jahrhunderte währende großflächige Waldweidewirtschaft teilweise erklärt werden. Unter dem lichten Lärchenschirm bildet sich eine geschlossene Grasschicht aus, die von der Weidewirtschaft genutzt werden kann. Die großen Schalenwildbestände der letzten zwei Jahrhunderte (königliche Hofjagd und anschließend Staatsjagd) haben auch entscheidend zu dem heutigen Waldbild beigetragen. Die Verjüngung von Laubbaumarten und Tanne konnte unter diesen Umständen nicht hochkommen.

Ausführlich sind die Nutzungen der Berchtesgadener Wälder bei KNOTT (1988) beschrieben.

### 1.3 Durchführung der Inventur

Das Inventurvorhaben wurde mit Unterstützung des Institutes für Waldwachstum der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg (Prof. Dr. H. Spiecker) durchgeführt.

Die Bayerische Staatsforstverwaltung (Dr. A. Fuchs) legte zusammen mit der Nationalparkleitung die Inventurmethode fest. Bei der Auswahl der Aufnahmeparameter war neben der Nationalparkverwaltung die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Dr. R. Mössmer und Dr. V. Zahner) beteiligt. Dr. M. Storch stellte eine Liste der Weidezeigerarten für den Nationalpark Berchtesgaden zusammen. Die Verwaltung des Nationalparks Bayerischer Wald (Dr. H. Rall) hat bei der Feinabstimmung methodischer Einzelheiten mitgewirkt. Für die nationalparkinternen Auswertungen wurde freundlicherweise vom Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Ludwig-Maximilians-Universität München (Prof. Dr. E. Kennel) ein Satz der Massen- und Ertragstafelroutinen zur Verfügung gestellt.

Die Geländearbeiten wurden von Waldarbeitern und Mitarbeitern des Nationalparkdienstes, von dem Forstamt Berchtesgaden abgeordneten Waldarbeitern sowie von zivildienstleistenden Mitarbeitern unter der organisatorischen und technischen Leitung von Dr. V. Konnert

durchgeführt. Von 1995 bis 1997 wurde jährlich in den Monaten April bis Oktober mit sechs Aufnahmetrupps von je zwei Mann an den Aufnahmen gearbeitet. 1997 wurde noch ein zusätzlicher Trupp mit Alpinistenausrüstung für die Inventurflächen in besonders schwierigem Gelände eingesetzt. Bei den Außenarbeiten wirkten (in alphabetischer Reihenfolge) mit: Aschauer Hans, Blaas Stephan, Bernegger Franz, Bletzinger Arno (Zivildienstleistender), Datzmann Michael, Donath Stefan, Egger Josef, Fendt Johann, Fendt Josef, Graßl Markus, Hofreiter Lorenz, Leitner Josef, Moderegger Gottfried, Rein Thomas, Saxinger Andreas, Schellmoser August und Schweiger Martin (Zivildienstleistender).

Die Dateneingabe zusammen mit der Prüfung auf Vollständigkeit und Plausibilität erfolgte in den Wintermonaten. Für die Eingabe der Daten, die überwiegend von Donath Stefan durchgeführt wurde, wurde eine relationale dBASE-Datenbank verwendet. In der ersten Woche jeder folgenden Aufnahmesaison wurden die fehlerhaften oder mit Zweifel behafteten Daten im Gelände neu aufgenommen oder überprüft und die nötigen Korrekturen in der Datenbank vorgenommen.

Die Auswertungen des umfangreichen Datenmaterials wurden alle mit der bestehenden EDV-Ausrüstung der Nationalparkverwaltung durchgeführt. Der Bayerischen Staatsforstverwaltung wurde ein Datensatz mit den Außenaufnahmen für die Übernahme in die landesweite Datenbank sowie für die forstlichen Standardauswertungen zur Verfügung gestellt.



Abb. 1.1: Lage des Nationalparks Berchtesgaden.

#### 1.4 Lage und standörtliche Grundlagen

Da über den Nationalpark Berchtesgaden eine weitgefächerte Anzahl von Büchern, Forschungsberichten u.a. Schriften erschienen ist, hat dieser Abschnitt nur Übersichtscharakter um dem ortsunkundigen Leser das Verständnis der Ergebnisse zu erleichtern und bei Bedarf auf weiterführende Literatur hinzuweisen.

Der Nationalpark Berchtesgaden liegt in der äußersten südöstlichen Ecke Deutschlands, am südlichen Ende des Landkreises Berchtesgadener Land. Die Grenze des Nationalparks bildet größtenteils auch die Landesgrenze zu Österreich. Nur im Norden grenzt der Nationalpark an die Siedlungsgebiete der Gemeinden Berchtesgaden, Schönau am Königssee und Ramsau, alle im Vorfeld des Nationalparks gelegen, an (Abb. 1.1).

Die Wälder des Nationalparks unterstehen seit 1987 der Nationalparkverwaltung – Untere Forstbehörde – in Berchtesgaden.

Das montane bis alpine Gelände des Nationalparks beinhaltet die Gebirgsstöcke Watzmann (2713 m) und Hochkalter (2606 m) sowie Teile der an der österreichischen Grenze liegenden Gebirgsmasse Hoher Göll, Hagengebirge, Steinernes Meer und Reiteralp. Getrennt ist das Gelände durch die tiefen von Süden nach Norden verlaufenden Täler des Königssees (Wasserspiegel 603 m über NN), des Wimbachtales und des Klausbachtals. Weiterführende Literatur: RALL (1990).

Die Gesteine bestehen vorwiegend aus Kalksedimenten, die vor ungefähr 200 Millionen Jahren auf dem Meeresgrund abgelagert und erst viel später gefaltet und emporgehoben wurden. Die wichtigsten Gesteinsarten sind Dachsteinkalke, Ramsaudolomit, tonreiche Kalke der Jura- und Kreidezeit sowie einzelne Radiolitivorkommen. Die erdgeschichtlich jüngsten Ablagerungen der Talbereiche wie Moränen, Schutt und Geröll sind erst durch die Eiszeitkräfte entstanden. Weiterführende Literatur: FREYER (1986 und 1988), LANGENSCHIEDT (1994). Die Entstehung der Böden ist eng mit den Ausgangsgesteinen und den klimatischen Verhältnissen verknüpft. Dominierend bei den Bodentypen sind A-C Böden, die meist als Rendzinen ausgebildet sind. In der Regel sind sie flach- bis mittelgründig und skelettreich, auf kalkigem oder dolomitischem Ausgangsgestein. Je nach Auflage und lokalem Standort können Mull-, Moder- oder Tangelrendzinen unterschieden werden. In steilen Lagen dominieren Rohböden (Syrosem), Braunerden oder Terra fusca erscheinen auf weniger steilen Hängen und in Tallagen. In Abhängigkeit von den wasserstauenden Eigenschaften der Substrate zeigen sie auch Tendenzen zur Podsolierung und (Pseudo-) Vergleyung. Auf verkarstem Untergrund sind Spaltenböden anzutreffen (gewöhnlich mehr oder weniger humose Braunerden). Deckschichten sind vor allem in höheren Lagen verbreitet. Weiterführende Literatur LANGENSCHIEDT (1995), SPANDAU (1988), BOCHTER (1984), FREYER (1988).

Das Klima des Nationalparks Berchtesgaden ist reliefbedingt mit einem Höhenunterschied von über 2000 m

typologisch dem Gebirgsklima zuzuordnen. Maritime Einflüsse des Atlantiks und kontinentale Einflüsse der Zentralalpen bedingen ein ausgesprochenes Übergangsklima, das sich in der Vegetation – von Stechpalme bis Zirbe – widerspiegelt. Die Höhe der mittleren Jahrestemperaturschwankung ist ein Maß für die Kontinentalität. Sie liegt bei der Klimastation Berchtesgaden im langjährigen Durchschnitt bei 19,1°C und übersteigt damit deutlich die Werte aus dem Westen Bayerns mit einem Durchschnitt von unter 18°C (RALL, 1990). Die sehr hohe Niederschlagsmenge schwankt zwischen rund 1500 mm in Tallagen und bis 2700 mm in Gipfelregionen. Die größten Niederschlagsmengen fallen in den Monaten Juni, Juli und August, die wenigsten in den Monaten März, November und Dezember.

Die Dauer der Schneedecke steigt von ca. 110 Tagen in 600 m Höhe über 200–215 Tage in 1500 m Höhe, 230–245 Tage in 1700 m Höhe auf ca. 270 Tage in 2000 m Höhe (SPANDAU, 1988).

Die Windverhältnisse sind durch das Relief bedingt sehr unterschiedlich. An Strahlungstagen bildet sich ein Berg-Tal-Windsystem aus, das zu einem großräumigen Luftaustausch zwischen den Alpen und ihrem Vorland führt. Relativ häufig sind Föhnwinde aus südlichen Richtungen, die besonders im Frühjahr und Herbst starke Böigkeiten mit Spitzengeschwindigkeiten bis zu 100 km/h erreichen. Stürme und starker Wind treten bei Westwetterlagen auf. Sowohl diese als auch böige Föhnwinde können zu Kronenbrüchen oder Windwürfen in den Wäldern des Nationalpark führen.

Weiterführende Literatur: ENDERS (1979), HOFFMANN (1992), HELLER (1996).

## 2 Methodik

Die Folgeinventur soll den Zustand des Waldes erfassen, und unter Berücksichtigung der Erstinventur (1983/84) Rückschlüsse auf seine Entwicklungstendenzen ermöglichen.

Um natürliche Entwicklungen feststellen und nachweisen zu können ist es notwendig, in einem bestimmten Rhythmus an den stets gleichen Punkten (in den gleichen Probekreisen) die Aufnahmen zu wiederholen. Dabei ist es wichtig, daß das Verfahren nicht oder nur unwesentlich verändert wird und die Daten in derselben Weise erhoben werden. Die Menge der dauerhaften Probekreise bilden die permanente Stichprobe, das Verfahren wird „Permanente Stichprobeninventur“ genannt.

Um die Ergebnisse mit anderen Inventurergebnissen zu vergleichen, bzw. auf übergeordneter Ebene Zusammenfassungen zu ermöglichen, muß sich das Verfahren an das (die) Routineverfahren auf Landesebene anlehnen.

Die Anforderungen an die Folgeinventur der Bundeswaldinventur (POLLEY und SCHOPFER, 1996) sind grund-

sätzlich auch auf die Folgeinventur der Wälder des Nationalparks übertragbar: „Das Stichprobendesign der Folgeinventur muß auf der Basis der Erstinventur aufbauen und deshalb weitgehend deren Methoden und Merkmalsdefinitionen verwenden. Änderungen sind nur dort gerechtfertigt, wo sich aus den Erfahrungen der Erstinventur wesentliche Verbesserungen zur Erreichung der Ziele ergeben. Wenn ein Methodenwechsel erfolgt, müssen zur Wahrung der Vergleichbarkeit auch die Daten der Erstaufnahme nachträglich mit den neuen Methoden ausgewertet werden können.“

### 2.1 Merkmale der Erstinventur von 1983/84

Das Aufnahmeverfahren der Erstinventur aus den Jahren 1983/84 hatte folgende Merkmale:

- festes Rasternetz mit einer Probefläche pro 2 ha, in Anlehnung an das Gauss-Krüger-Koordinatensystem;
- Winkelzählprobe (WZP) mit Zählfaktor 2 (Relaskopaufnahme für Bäume mit BHD  $\geq 6$  cm);
- fester Probekreis mit  $r = 3,15$  m ( $S = 31,25$  m<sup>2</sup>) für Verjüngung BHD  $\leq 5$  cm ;
- Einmessen der WZP-Bäume (ab 6 cm BHD) mit Polarkoordinaten;
- Versicherung der Mittelpunkte der Probeflächen mit Ringmagneten;
- Altersbestimmungen durch Quirlzählung oder Jahringzählung an Bohrspänen.

Das Verfahren ist bei RALL (1990) ausführlich beschrieben.

### 2.2 Übergang zu der Folgeinventur 1995/97

Im letzten Jahrzehnt hat sich in Bayern das Verfahren der konzentrischen Kreise für permanente Forstinventuren durchgesetzt. Gleichzeitig wurde eine landesweite Datenbank mit allen Betriebsinventuren angelegt. Für dieses Verfahren wurden auch forstliche Auswertungsprogramme für Folgeinventuren am StMELF entwickelt. Aus diesen Gründen wurde von der Nationalparkleitung zusammen mit der Bayerischen Staatsforstverwaltung eine Umstellung der Inventur nach dem Verfahren der konzentrischen Kreise mit gestaffelten Kluppschwellen (KK-Methode) beschlossen, das jedoch auch eine Auswertung der Erstinventur nach diesem neuen Verfahren ermöglichen soll.

Um den Übergang von dem Verfahren der Winkelzählprobe (WZP-Methode) zu dem der konzentrischen Kreise ohne Informationsverlust zu sichern, wurden die Kluppschwellen der konzentrischen Kreise so ausgewählt, dass innerhalb des größten Kreises (500 m<sup>2</sup>), die Menge der Probebäume nach der neuen KK-Methode alle Probebäume nach der alten WZP-Methode einschließt. Da der Radius der Probekreise nach der WZP-Methode vom BHD abhängig ist und größer als der äußerste Radius der KK-Methode sein kann (12,62 m), wurden zusätzlich außerhalb dieses Kreises die WZP-Bäume aufgenommen. Praktisch kamen dabei nur Bäu-

me mit einem BHD von mindestens 36 cm in Betracht (siehe auch Tabelle 2.1).

Nach einer verfahrensspezifischen Filterung der Probestämme kann die Auswertung für beide Inventurverfahren durchgeführt werden.

Über die gemeinsamen Probestämme der Erst- und Folgeinventur können die fehlenden BHD und Höhen (für neue Probestämme, Einwuchs und Abgang) über entsprechende Regressionen mit genügender Sicherheit berechnet werden. Auf diese Weise gehen die Daten der Erstinventur nicht verloren und ermöglichen, zusammen mit jenen der Folgeinventur, erste Entwicklungstendenzen herauszuarbeiten. Der zeitliche Vergleich kann somit zwischen der rückgerechneten Erstinventur nach der neuen Methode und der Folgeinventur von 1997 erfolgen. Die Folgeinventur von 1997 ermöglicht gleichzeitig einen Vergleich der Inventurmethode untereinander.

Für die Lebendholzaufnahme wurde auf die Anweisung für die Forstinventur im Nationalpark Berchtesgaden (RALL, 1990) sowie auf die „Anleitung für die versuchsweise Anwendung der permanenten Stichprobe im Forstamt Ebrach“ (FUCHS, 1993), mit den nötigen spezifischen Änderungen für den Nationalpark Berchtesgaden, zurückgegriffen.

Im Nationalpark Berchtesgaden wurden außer forstspezifischen Größen noch eine ganze Reihe nationalpark-spezifischer Parameter aufgenommen.

Die Zusatzparameter für den Nationalpark (Totholz, Biotop- und Belastungsdaten) wurden nach den 1993/94 entwickelten Verfahren, in Anlehnung an die Anweisung für die Folgeinventur im Nationalpark Bayerischer Wald (NATIONALPARK BAYERISCHER WALD, 1991), aufgenommen.

## 2.3 Die Folgeinventur

### 2.3.1 Inventurkarten und Gitternetz

Für den Nationalpark Berchtesgaden wurde 1983 eine Dichte von 1 Probefläche pro 2 ha ausgewählt und im Gelände dauerhaft mit Ringmagneten vermarktet. Dieses, an das Gauss-Krüger Koordinatensystem angelegte Netz, wurde bei der Folgeinventur beibehalten.

Um bei der Folgeinventur die Lage der Mittelpunkte der Probeflächen zu bestimmen und wiederzufinden, wurde in die Inventurkarte (Maßstab 1:10.000) über das gesamte Inventurgebiet hinweg ein einheitliches, quadratisches Gitternetz eingezeichnet. Die Gitterlinien verlaufen in 100 m-Abständen von Nord nach Süd und von Ost nach West innerhalb des in die Forstbetriebskarten des Nationalparks Berchtesgaden eingezeichneten Gauss-Krüger-km-Rasters.

Die horizontalen Gitterlinien werden von Süden nach Norden, im Anhalt an die km Numerierung am linken oder rechten Kartenrand, numeriert. (Die km-Angabe bildet die 1. und 2. Ziffer, die hm-Angabe die 3. Ziffer für die jeweilige Gitterlinie), bzw. die 1. bis 3. Kennziffer des Inventurpunktes.

Die vertikalen Gitterlinien werden analog von Westen nach Osten, im Anhalt an die km Numerierung am oberen oder unteren Kartenrand, numeriert und bilden so die 4. bis 6. Kennziffer des eindeutigen Inventurpunktes (siehe Abbildung 2.1 und Abbildung 2.2).

Probeflächen wurden 1983 an allen Gitterlinienschnittpunkten wo beide Hektometerkoordinaten Paarzahlen oder beide Unpaarzahlen sind, angelegt. So z.B. sind die Punkte (703 621) oder (704 622) Mittelpunkte von Probeflächen; dagegen ist der Punkt (703 622) kein Probeflächenmittelpunkt (Abbildung 2.1).

An welchen Punkten dieses Rasters im einzelnen Probeflächen anzulegen und Aufnahmen durchzuführen waren, wurde durch folgende Anweisung geregelt (RALL, 1990): „Aufzunehmen sind alle Punkte, die in mit Waldbäumen bestandene Flächen fallen. Dazu zählen im Sinne der Untersuchung auch Pioniergehölze, wie Latschen- und Grünerlenbestände sowie im Waldgürtel liegende, derzeit unbestockte, aber wieder in Bestockung zu bringende Flächen. Kommt ein Inventurpunkt an die Grenze zwischen zwei momentan unterschiedlich strukturierten Beständen (Alter, Mischungsform etc.) zu liegen, so ist er dort zu belassen. Er ist lediglich dann zu verschieben, wenn er weniger als 25 m von der nächsten auf Dauer nicht bestockbaren Fläche (z. B. Straße, Fels, Wasserfläche) entfernt liegt. In diesem Fall ist er in jene Richtung zu verschieben, in der am schnellsten der Abstand von 25 m erreicht wird. Die Verschiebungsrichtung in Winkelgraden und die vom ursprünglichen Punkt abweichende Entfernung sind auf dem Aufnahmeblatt anzugeben.“

Trifft ein Inventurpunkt direkt auf Nichtholzboden (NHB) oder Sonstige Flächen (SF), so ist auf dem Aufnahmeblatt mit den jeweiligen Koordinatenangaben die entsprechende Kennziffer (nach Schlüsselanweisung) zu notieren.“

Alle aufzunehmenden Inventurpunkte werden auf der Karte durch einen Kreis um den Gitterlinienschnittpunkt gekennzeichnet (Abbildung 2.2).

Der bei der Erstinventur festgelegte Mittelpunkt der Probeflächen darf bei der Folgeinventur nicht verschoben werden. Im Zentrum jeder Probefläche wurde ein Dauermagnet ca. 20 cm tief (abtragsicher) eingegraben. Er bildet das bleibende und praktisch unsichtbare Probeflächenzentrum.

Auf Flächen, wo Waldpflege stattfindet, müssen, (zur Wahrung der Repräsentativität auf lange Sicht), die Probeflächen unkenntlich sein, damit der Eingriff in keiner Weise von ihrer Lage beeinflusst wird. Im Nationalpark Berchtesgaden, wo keine Bewirtschaftung mehr stattfindet und daher solche Entscheidungen weitgehend ausbleiben, ist die Lage der Probeflächenzentren jeweils durch einen Farbring an einem nahe liegenden Probestamm sichtbar gemacht.

Zur besseren Orientierung in schwierigem Gelände wurden, neben der Inventurkarte, mit gutem Erfolg die Orthophotos von 1982, mit den eingezeichneten Schnittpunkten der Hektometerkoordinaten verwendet. Sie ha-

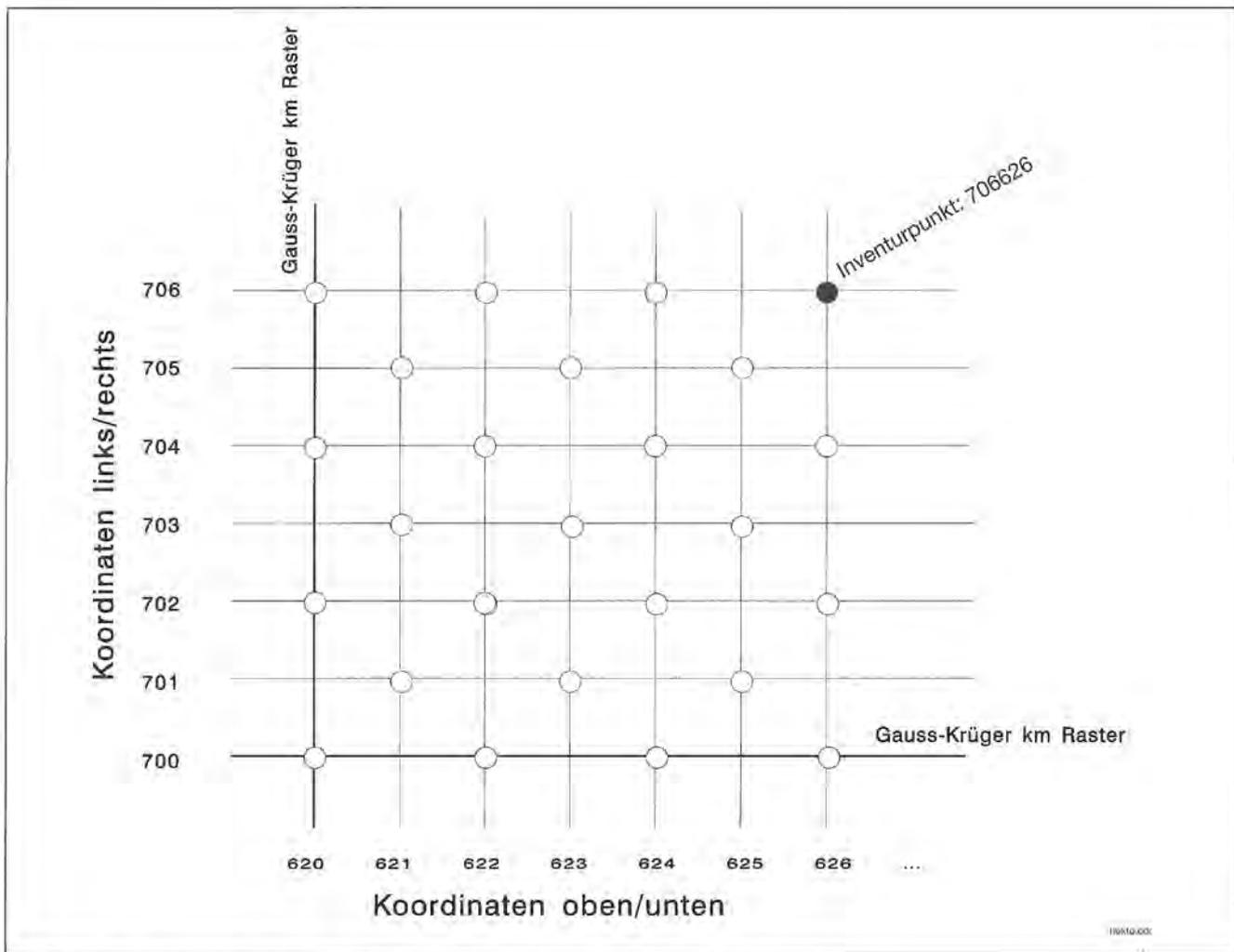


Abb. 2.1: Das Hektometernetz und die Lage der Mittelpunkte der Probeflächen.

ben zwar den Nachteil, dass sie nicht die aktuellsten Fotokarten sind, jedoch den entscheidenden Vorteil, dass die Probeflächen anhand dieser Karten angelegt wurden und so Fehler durch Verzerrungen und einzeichnen des Gitternetzes auf neue Karten ausgeschaltet blieben.

### 2.3.2 Probeflächengröße und Kluppschwellen

Das Inventurverfahren der konzentrischen Kreise erfasst die Bäume in Abhängigkeit von ihrem Durchmesser auf verschieden großen Flächen. Das Inventurverfahren der Winkelzählprobe erfasst die Bäume in Abhängigkeit von ihrem Durchmesser und ihrer Entfernung zum Mittelpunkt der Probeflächen.

Da bei der Erstinventur die Polarkoordinaten der Probebäume ab einem Durchmesser von 6 cm aufgenommen wurden und eine baumweise Fortschreibung auch in Zukunft angestrebt wird, wird diese unterste Kluppschwelle beibehalten. Die so festgelegten Kluppschwellen für das Verfahren der konzentrischen Kreise, schließen innerhalb des jeweiligen Kreises alle WZP-Bäume ein. Aus diesem Grund müssen nur außerhalb des größten Kreises ( $r = 12,62 \text{ m}$ ) die WZP-Bäume zusätzlich zu den Bäumen des Verfahrens mit konzentrischen Kreisen aufgenommen werden. Da der Entfernung von  $12,62 \text{ m}$  ein WZP-Durchmesser von  $35 \text{ cm}$  entspricht, werden praktisch außerhalb des  $500 \text{ m}^2$

Tab. 2.1: Kluppintervalle, Kreisgrößen und Schichten

Kreis Nr.	BHD cm	Kreisgröße $\text{m}^2$	Radius m	Zugeordnete Schicht
1	0-5	25	2,82	Verjüngung
2	6-11	50	3,99	Baumschicht
3	12-19	150	6,91	Baumschicht
4	$\geq 20$	500	12,62	Baumschicht
5	$\geq 36$	Relaskopkreis Zählfaktor=2	$>12,62$	Baumschicht

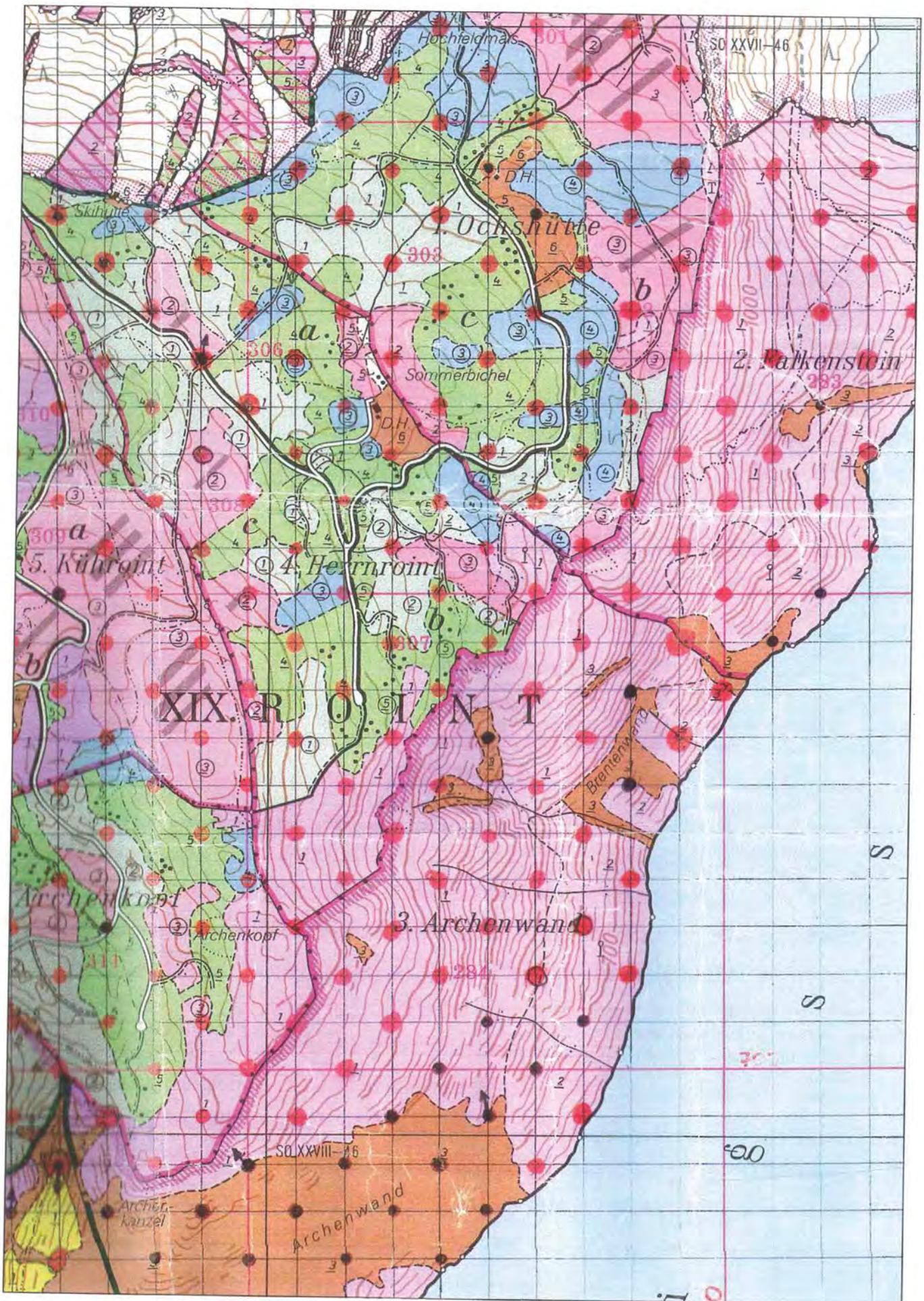


Abb. 2.2: Ausschnitt aus der Inventurkarte mit eingezeichneten Positionen der Probeflächen.





Kreises nur WZP-Bäume mit einem mindest – BHD von 36 cm aufgenommen.

Die Verjüngung wird in einem festen Kreis mit einem Radius von 2,82 m, bzw. einer Fläche von 25 m<sup>2</sup> aufgenommen, wobei keine Polarkoordinaten erhoben werden.

### 2.3.3 Inventurblatt, Zusatzinventurblatt, Dokumentation der Inventurpunkte

Für die Folgeinventur wird ein Teil der Messdaten der Erstinventur, die der Identifizierung der Bäume dienen, schon in der Aufnahmephase benötigt. Aus diesen Daten wurden über ein EDV-Programm die Aufnahmeformulare für alle Probeflächen mit wenigstens einem Baum oder einer Verjüngungspflanze, generiert. Diese beinhalten neben ausgewählten Messwerten von 1983/84 eine maßstäbliche Lageskizze der jeweiligen Bäume sowie die aktualisierten Alter der jeweiligen Baumarten nach Altersstufen (Abbildung 2.3).

Für die Aufnahme von Totholz, Strauch- und Weidezeigerarten, Biotop- und Belastungsdaten (nationalpark-spezifische Zusatzparameter) wurde ein „Zusatzinventurblatt“ verwendet (Abbildung 2.4 links).

Da die Beschreibungen der Inventurpunkte der Erstinventur im Nationalpark Berchtesgaden verloren gegangen sind und das Wiederfinden der Inventurpunkte anhand einer Skizze der unmittelbaren Umgebung und einer Kurzbeschreibung stark erleichtert wird, wurden sie bei der Folgeinventur neu erstellt (Abbildung 2.4 rechts).

### 2.3.4 Ausrüstung eines Messtrupps

Ein Aufnahmetrupp besteht aus zwei Mann. Sie benötigen folgende Ausrüstung:

- 1 Kluppe mit 1-cm-Teilung und Lineal 80 bis 100 cm lang,
- 1 Umfangmessband aus Stahl für sehr starke Bäume,
- 1 Baumhöhenmesser,
- 1 Neigungsmesser mit Gradteilung
- 1 Kompass mit 360° Teilung,
- 1 Taschenrechner mit trigonometrischen Funktionen
- 1 Entfernungsmessgerät (Ultraschallempfangs- und Sendegerät mit Visiereinrichtung),
- 1 Stativ mit Horizontalkreis mit 360° Teilung,
- 1 Farbdose mit roter Markierfarbe,
- 1 Drahtbürste zum Reinigen der Fixpunkte,
- 1 Unkrautstecher zum Versenken und Wiederfinden der Magneten,
- Ersatz-Dauermagneten für die nicht wiedergefundenen Magneten,
- Schreibunterlage mit Tragriemen, Schreibzeug
- 1 Rucksack,
- Inventurkarte 1:10.000 (Ausschnitt),
- Inventurblätter, Zusatzinventurblätter, Einmessprotokolle,
- 1 Magnetsuchgerät

Die Messinstrumente Kluppe, Umfangmeßband, Höhenmesser, Kompass, Entfernungsmessgerät müssen periodisch gewartet, auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft und bei Bedarf repariert oder ausgetauscht werden.

### 2.3.5 Wiederfinden der Probeflächenzentren bei Folgeaufnahmen

Von einem auf Karte und Gelände identifizierten Punkt wird auf der Karte/Orthophoto Richtung und Entfernung zum nächsten Stichprobenpunkt abgelesen. Diese Werte werden winkel- (mit Kompaß) und entfernungs-mäßig (Entfernungsmessgerät) ins Gelände umgesetzt. Bei Geländeneigungen über 5° (festgestellt mit dem Neigungsmesser) werden die Horizontalentfernungen der Karte in geneigte Entfernungen umgerechnet, (mit einem Taschenrechner mit trigonometrischen Funktionen). Bei Folgeaufnahmen trifft die Einmessung das Zentrum in der Regel nur ungefähr. Der Messtrupp befindet sich also irgendwo innerhalb der Probefläche.

Im Aufnahmeformular sucht man Azimut und Entfernung von einem oder zwei markanten Bäumen der letzten Aufnahme. Das können eingesprengte Baumarten oder die stärksten Bäume sein, bzw. der mit einem Farbring versehene Baum. Ist einer dieser Bäume gefunden, sucht man mit Hilfe der Bussole einen Punkt auf, von dem aus der Baum unter dem vorgegebenen Azimut (aus dem Inventurblatt) erscheint. Nun misst man die Distanz vom Baum zum Zentrum, (wenn möglich wird die so eingemessene Stelle mit Azimut und Distanz eines weiteren Baumes kontrolliert), dessen Azimut ungefähr in rechten Winkel zu dem des ersten stehen sollte (siehe Abbildung 2.5). Stimmt diese Messung mit der ersten überein, so muß sich das Zentrum in unmittelbarer Nähe dieser Stelle befinden.

Andererseits ist das durch einen Magneten markierte Zentrum leicht mit Hilfe eines Magnetsuchgerätes zu orten. Dies wird vor allem dann verwendet, wenn mangels markanter Bäume das Zentrum der Probefläche nur schwer zu identifizieren ist (z.B. in homogenen Stangen-hölzern).

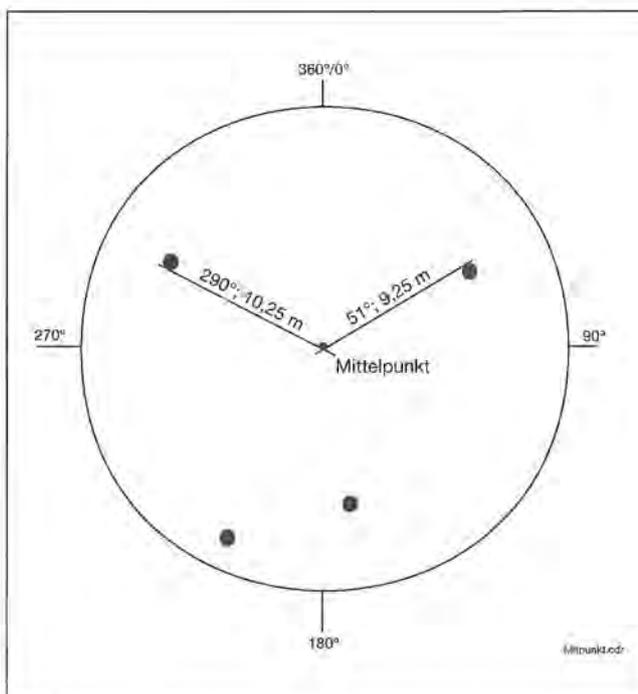


Abb. 2.5: Das Wiederfinden eines Probeflächenmittelpunktes.

Probeflächen, die aus irgend einem Grund nicht mehr aufgefunden werden können, werden neu eingemessen und wie bei einer Erstinventur aufgenommen. Dasselbe geschieht, wenn wegen Waldflächenveränderungen oder Spezialfällen neue Probeflächen angelegt werden.

### 2.3.6 Auslegen der Probekreise

Ein Auslegen der Kreise mit 500 m<sup>2</sup> (r = 12,62 m), 150 m<sup>2</sup> (r = 6,91 m) und 50 m<sup>2</sup> (r = 3,99 m) erübrigt sich, da im Rahmen der Polarkoordinatenaufnahme die Entfernung der Probebäume (mit BHD  $\geq$  6 cm) ohnehin bestimmt wird. Der innerste Kreis mit 25 m<sup>2</sup> (r = 2,82 m) wird mit einem Meßkabel abgesteckt falls Verjüngung bzw. Bäume mit BHD von 0 bis 5 cm vorhanden sind. Die Abstandsmessung erfolgt in allen Kreisen parallel zum Gelände.

Als Probebäume gelten jene Bäume, die mit ihren Stammachsenmitten innerhalb der jeweiligen Kreisgrenze stehen. Bei neu angelegten Probeflächen in geneigtem Gelände ist die durchschnittliche Geländeneigung der Probefläche festzustellen und auf dem Inventurblatt einzutragen. Bei regulären Probeflächen von Folgeinventuren kann auf die bei der Erstinventur erhobenen Neigungen zurückgegriffen werden.

## 2.4 Datenerhebungen in den Probekreisen

### 2.4.1 Azimut und Entfernung (Polarkoordinaten)

Genau über dem georteten Magneten wird ein Messstativ aufgestellt. Dieses Stativ ist mit einer 360°-Einteilung ausgestattet und trägt den Reflektor des Ultraschall-Entfernungsmessgerätes mit einer Visiereinrichtung. Vor Beginn der Arbeiten muß die Gradmesseinrichtung präzise eingeordnet werden. Dies ist dann der Fall, wenn die 0°-Marke des Stativs und die Visierlinie über einen Kompass nach Norden (0° oder 360°) deckungsgleich sind.

Die Aufnahme der Polarkoordinaten, des Abstandes vom Zentrum und des Winkels vom magnetischen Nordpol (Azimut) erfolgt im:

- 500 m<sup>2</sup> Kreis von allen Bäumen mit BHD  $\geq$  20 cm
- 150 m<sup>2</sup> Kreis von allen Bäumen mit BHD 12–19 cm
- 50 m<sup>2</sup> Kreis von allen Bäumen mit BHD 6–11 cm
- Relaskopkreis mit Zählfaktor 2 alle WZP-Bäume mit BHD  $\geq$  36 cm außerhalb des 500 m<sup>2</sup> Kreises.

Innerhalb der konzentrischen Kreise schließen die Bäume die nach dieser Methode aufgenommen werden die WZP-Bäume mit Zählfaktor 2 ein.

Bei der Ermittlung des Azimuts wird die Bussolenabweichung nicht berücksichtigt (im Gegensatz zur Einmessung der Probeflächenzentren). Der Azimut wird vom Zentrum aus tangential links zum Stamm in ganzen Grad gemessen und notiert. Die Distanz wird vom Zentrum bis zum Berührungspunkt der Tangente, in der Regel ebenfalls auf der linken Stammseite, in cm gemessen und in das Inventurblatt eingetragen. Die Entfernungsmessung wird in 1,3 m Höhe des Stammes – auch bei schräg stehenden, unabhängig davon, ob der Stamm-

fuß innerhalb oder außerhalb der Probefläche steht – vorgenommen.

Die Baumart wird baumweise angesprochen und nach den Forsteinrichtungsrichtlinien (FER 1982) (StMELF, 1982) codiert in das Inventurblatt eingetragen bzw. mit der Baumart von 1983/84 verglichen.

### 2.4.2 Durchmesser

Der Durchmesser wird durch einmalige Kluppung in Brusthöhe (1,3 m) ermittelt. Der Messtruppführer hat darauf zu achten, das die Klupphöhe streng eingehalten wird (Markierung an der Kleidung des Kluppführers, z.B. Kreidestrich oder Sicherheitsnadel). Erfasst werden alle BHD, wobei auf die Kreiszugehörigkeit und seine Kluppschwelle geachtet wird:

Durchmesserintervall	Kreis	Radius
0– 5 cm	25 m <sup>2</sup>	2,82 m
6–11 cm	50 m <sup>2</sup>	3,99 m
12–19 cm	150 m <sup>2</sup>	6,91 m
$\geq$ 20 cm	500 m <sup>2</sup>	12,62 m
$\geq$ 36 cm	Relaskopkreis außerhalb des 500 m <sup>2</sup> Kreises	

Bäume mit einer Höhe von 0,2–1,3 m werden im 25 m<sup>2</sup> Kreis ausgezählt und mit Durchmesser 0 eingetragen.

Aufzunehmen sind alle lebenden Stämme, auch wenn sie bereits ausgezeichnet sind. Totholz wird parallel auf ein gesondertes Formular aufgenommen (siehe 2.4.7).

Der Durchmesser wird in 1 cm-Stufen erhoben, wobei forstüblich abgerundet wird:

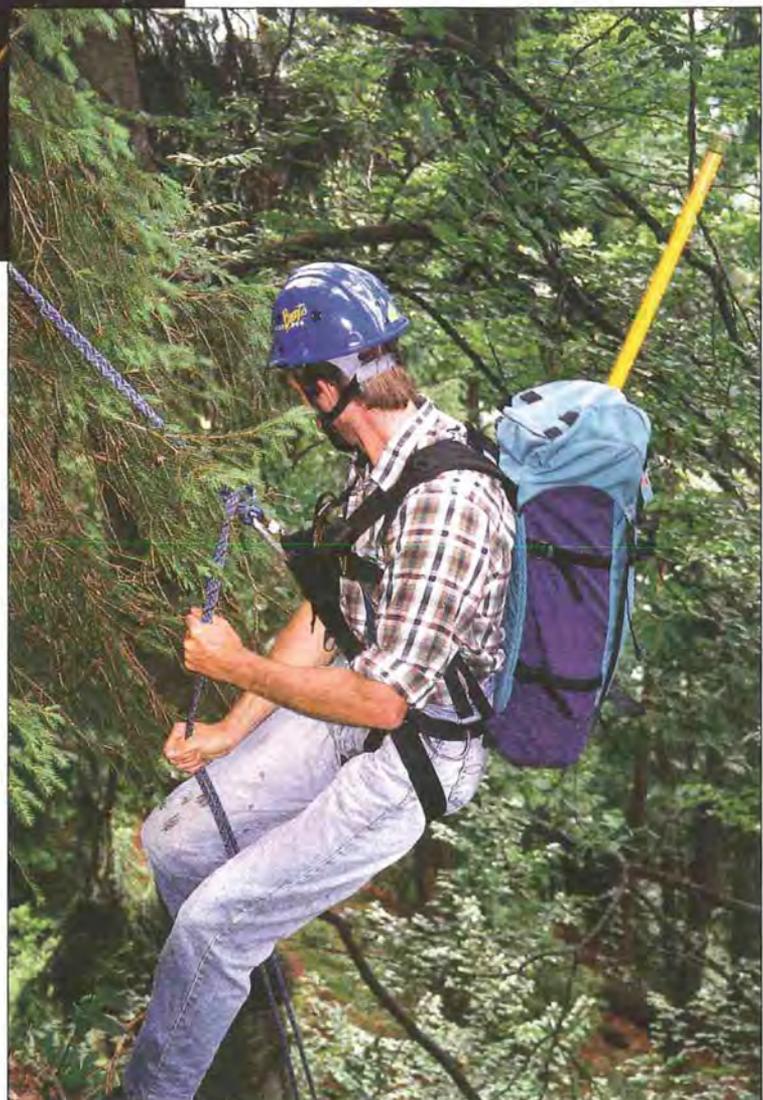
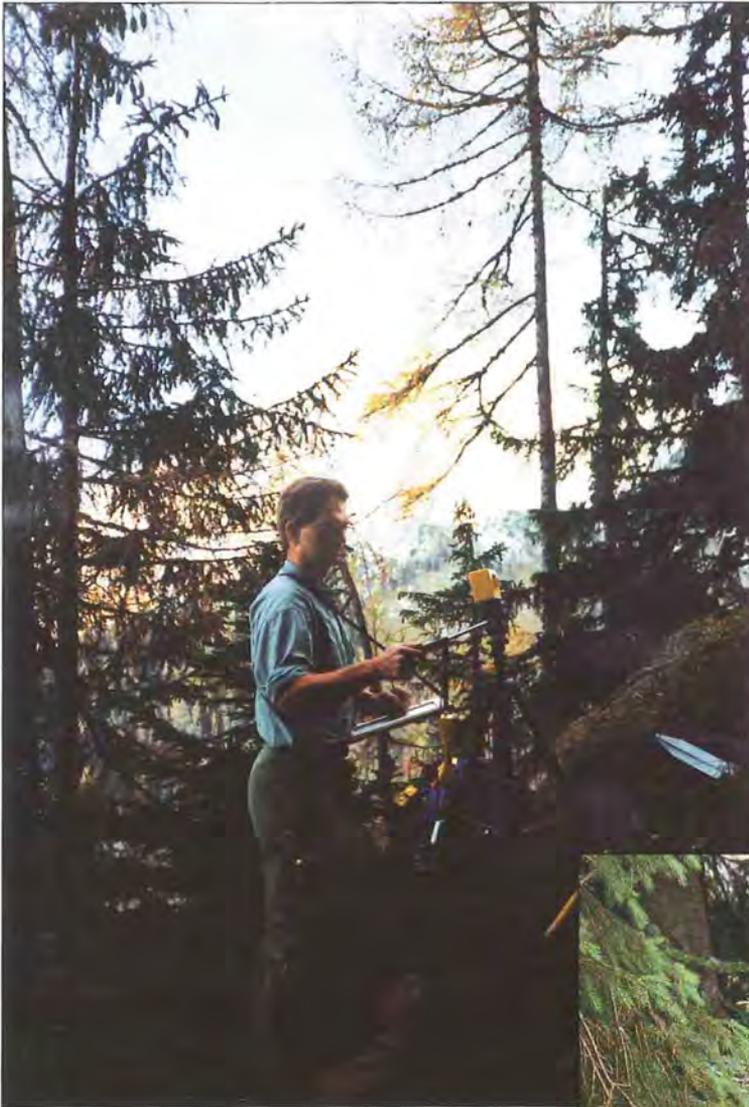
BHD-Stufe:	BHD:
0	< 1,0 cm
1	1,0–1,9 cm
2	2,0–2,9 cm
3	3,0–3,9 cm
4	4,0–4,9 cm
usw.	usw.

Reicht bei sehr starken Stämmen die Kluppe nicht aus, so ist der Durchmesser mit einem Umfangmessband zu ermitteln.

#### Sonderfälle bei der Durchmesseraufnahme:

- Zwiesel werden getrennt, also wie zwei Einzelstämme gemessen, wenn die Gabelung so tief liegt, daß in Brusthöhe 2 Stämme messbar sind. Ist die Gabelung außer Reichweite, so gelten Zwiesel als ein Stamm, dessen BHD durch kreuzweise Kluppung und Mittelung der beiden Meßwerte bestimmt wird.
- Bei Deformation des Stammes in Brusthöhe (z.B. Schältschäden, Krebs) wird der Durchmesser oberhalb der Deformation gemessen.

Der Kluppführer markiert jeden Baum nach der Kluppung mit einem Kreidestrich auf der dem Probeflächenmittelpunkt zugewandten Seite und ruft dem Messtruppführer Baumart und Durchmesser des gekluppten Baumes zu.



Arbeiten bei den Aufnahmen der 2. Inventur.

- a) Oben: Die Bäume werden anhand ihrer Polarkoordinaten (erhoben bei 1. Inventur) relativ zum Probestreifenmittelpunkt identifiziert und baumweise fortgeschrieben. Dazu wurde ein Stativ mit Horizontalkreis und Entfernungsmesser mit Visiervorrichtung, das punktgenau über dem Probestreifenmittelpunkt aufgestellt und genordet wird, verwendet. Einzelheiten siehe Kap. 3 Methodik.
- b) Rechts: In sehr steilem und felsigen Gelände wurde ein Messtrupp mit Alpinistenausrüstung eingesetzt. Im Bild: abseilen zum nächsten Inventurpunkt.

An Hängen wird die 1,3 m Höhe für die Durchmesser-messung immer bergwärts bestimmt. Die Distanz zum Zentrum wird hangparallel gemessen. An schräg stehen-den Bäumen wird die Klupierungshöhe von 1,3 m an der unteren Seite des Stammes, der Durchmesser senkrecht zur Stammachse gemessen. Die Distanz zum Zen-trum wird von der Mitte, zwischen den beiden Kluppen-schenkeln aus, bestimmt.

#### 2.4.3 Besonderheiten bei der Folgeinventur

Alle bei der Erstinventur aufgenommenen Bäume mit Polarkoordinaten müssen identifiziert, aufgesucht und vermessen werden.

Ist einer dieser Bäume tot oder nicht mehr vorhanden, so wird die Lage (Spalte Kennung) und die wahrscheinliche Ursache seines Ausscheidens (Spalte Grund) no-tiert.

Bei der Lage wird unterschieden zwischen:

- 1 Stehendes Totholz,
- 2 Liegendes Totholz,
- 3 Beides/Hängendes Totholz,
- 9 Stock.

Bei den Ausscheidungsgründen wird unterschieden zwischen:

- 1 stehend dürerer Baum, Ausscheidung durch Bedrängung,
- 2 Windwurf (Wurzelteller), Schnee- oder Windbruch (Schaftbruch),
- 3 Wild, Vieh (Rinde geschält, verbissen),
- 4 Insekten (Borkenkäfer),
- 5 neuartige Waldschäden,
- 6 unbestimmbar,
- 7 bei Erstinventur versehentlich aufgenommen (außerhalb des Relaskopkreises),
- 8 nicht mehr auffindbar (z.B. nach Lawinenabgängen),
- 9 Pflegehieb.

In allen Probekreisen muss auf Bäume geachtet wer-den, die durch ihre Durchmesserzuwächse seit der letz-ten Inventur über die festgelegten Durchmessergrößen gewachsen sind (Einwuchsbäume). Ihre Polarkoordina-ten und Meßwerte sind vollständig zu erheben.

#### 2.4.4 Altersbestimmung

Das Alter jeder vorkommenden Baumart ist möglichst genau zu erfassen. Im Nationalpark Berchtesgaden wurde bei der Erstinventur 1983/84 die Methode der Jahrringzählung an Bohrspänen und die der Quirlzählung bei Verjüngung und Jungwüchsen verwendet. Bei der Folgeinventur 1995/97 kann im Normalfall eine Fortschreibung der Alter vorgenommen werden. In den gene-rierten Aufnahmeformularen aus den Daten der Erst-inventur sind die für die Folgeinventur aktualisierten Alter nach Baumarten und Altersbereichen (maximal drei je Baumart) eingetragen.

Für die Probeflächen wo stärkere Änderungen stattge-funden haben oder neue Baumarten/Altersbereiche in

die Stichprobe eingewachsen sind, wird das Alter über dieselben Methoden wie bei der Erstinventur (Quirlzählung, Jahrringzählung an Bohrspänen) ermittelt.

Die Methode der Quirlzählung wird bei der Verjüngung, bzw. an den seit der Erstinventur hineingewachsenen Bäumen aus Jungwuchs angewandt. Bei älteren Bäu-men wird das Alter über die Jahrringzählung an Bohr-spänen ermittelt. Dazu wird unter Zuhilfenahme eines Zuwachsbohrers ein Bohrspan in 1,3 m Höhe (BHD) ent-nommen und ausgezählt.

Für die Auswahl der Bohrbäume gilt folgendes:

Von den Stämmen mit Polarkoordinaten wird je Baumart jeweils vom stärksten Individuum ein Bohrspan entnom-men. Eine zweite oder gar dritte Altersbohrung für jede Baumart wird notwendig, sofern zur Stichprobe Stämme zählen, deren BHD-Werte mindestens 20 cm bzw. 40 cm kleiner sind als der jeweilige Maximaldurchmes-ser. Es gibt also höchstens drei Altersbereiche je Baumart:

Altersbereich 1: Maximal-BHD bis incl. 19 cm darunter;  
Altersbereich 2: 20 cm unter Maximal-BHD bis 39 cm unter Maximal-BHD

Altersbereich 3: ab 40 cm unter Maximal-BHD.

Sind in einer Probefläche nur die Altersbereiche 1 und 3 vorhanden, so tritt bei der Notierung der Altersbereiche in das Aufnahmeblatt der Altersbereich 2 an die Stelle von Altersbereich 3. Jeder Baum mit entnommenem Bohrspan erhält in der Wert-Spalte des Aufnahmeblat-tes die Kennziffer 1.

Die Altersbohrungen in den Altersbereichen 2 und 3 er-folgen, analog dem Altersbereich 1, jeweils bei dem stärksten Durchmesser.

Aus technischen Gründen (Länge der Zuwachsbohrer = 40 cm) können im Altersbereich 1 Bohrspäne nur von Bäumen bis zu einem Maximal-BHD von 80 cm entnom-men werden. Bäume mit einem noch größeren BHD werden dem Altersbereich 1 zugerechnet.

Die Auszählung der Jahrringe an den Bohrspänen ergibt das „Brusthöhenalter“. Das einzutragende Alter in das Aufnahmeformular ergibt sich aus dem Brusthöhenalter und einem baumartenspezifischen Zuschlag (Zeit bis zum Erreichen der Brusthöhe). Für die Erstinventur wur-de die Höhe des Zuschlags nach einer Beratung durch den Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München wie folgt festgelegt (RALL 1990):

Baumart	Zuschlag in Jahren zum „Brusthöhenalter“
Fichte, Tanne:	25
Zirbe, Spirke:	20
Buche, Lärche, Kiefer:	15
Esche, Ahorn, Ulme, Birke, Vogelbeere, Mehlbeere, sonst. Weichlaubholz:	10

Diese Zuschläge wurden für die Folgeinventur unverän-dert übernommen. Für jeden aufgenommenen Baum wird in die Spalte AL-ST (Altersstufe) der zugeordnete Altersbereich eingetragen. Jeder in der Tabelle enthalte-

ne Altersbereich (Altersstufe) muss in der Alterstabelle (unten links im Aufnahmeformular, Abbildung 2.3) einen Alterseintrag haben.

#### 2.4.5 Höhenmessungen

In jeder Probefläche sind für jeden Altersbereich für die Baumarten Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Buche und Bergahorn zwei Höhen im oberen Durchmesserbereich zu messen. Bei allen übrigen Baumarten genügt eine Höhenmessung (StMELF, 1982).

Die „Höhenbäume“ der Erstaufnahme sind im Aufnahmeformular mit einem Stern (\*) in der Spalte „Höhe“ gekennzeichnet. Höhenmessungen werden vordringlich an diesen Bäumen vorgenommen. Fehlen diese Bäume oder sind neue Baumarten/Altersstufen hinzugekommen, werden zusätzliche Höhen gemessen.

Die Höhe der Bäume wird mit dem Höhenmessgerät „SUUNTO“ gemessen, die der Verjüngung mit dem Meterstab. Sie werden auf dm gerundet eingetragen.

#### 2.4.6 Schadensinventur

Bei der Folgeinventur 1995/97 konnten bis zu drei verschiedene Schadensarten (Spalten SA1, SA2 und SA3) und ihr Umfang (SU1, SU2 und SU3) baumweise aufgenommen werden.

Es wurden folgende Schadensarten angesprochen:

- 1 Schältschaden alt
- 2 Schältschaden neu (unter 5 Jahren)
- 3 Steinschlag
- 4 Verbiss- und Fegeschaden
- 5 Schnee- und Windbruch oder -wurf
- 6 Blitzschlag
- 7 Insektenschaden (Borkenkäfer)
- 8 Säbelwuchs (Schnee-Erdkriechen oder -gleiten),
- 9 Kronenzustand

Von diesen neun „möglichen“ Schadensarten konnten je Individuum die drei gravierendsten Arten berücksichtigt werden.

Die Beurteilung erfolgte in 3 Schadensstufen:

gering 1                      mittel 2                      stark 3

#### Definition der Schadstufen:

##### 1 Schältschaden, Steinschlag

Geschälter Stammumfang:	Schadstufe
< 1/4	1
1/4–1/2	2
>1/2	3

##### 2 Verbiß- und Fegeschaden (Verjüngung)

	Schadstufe
Seitentriebe verbissen	1
Schaft (Leittrieb) verbissen	2
Pflanze ist gefegt	3

### 3 Schnee- und Windbruch/-wurf

Abgebrochener Anteil der ehemaligen grünen Kronenlänge ist:	Schadstufe
< 1/4	1
1/4–1/2	2
> 1/2	3

### 4 Insektenschaden (Borkenkäfer)

	Schadstufe
leicht geschädigt	1
vorübergehend verminderte Vitalität	2
nachhaltige Vitalitätsminderung	3

### 5 Säbelwuchs

Das Vorhandensein wird mit 1 notiert

### 6 Kronenzustand (wird nur an Bäumen der Oberschicht angesprochen)

Umfang des Nadel- bzw. Blattverlustes:

	Schadstufe
nicht angesprochen	kein Eintrag
0–10 %	0
11–25 %	1
26–60 %	2
> 60 %	3

#### 2.4.7 Totholz (Baum/Stamm bezogene Daten)

Das Totholz wird im 500 m<sup>2</sup> Kreis (R = 12,62 m) aufgenommen. Es wird nur Totholz aufgenommen, das am starken Ende einen Durchmesser von mindestens 20 cm hat, ab einer Länge von 50 cm. Wenn die Baumart nicht mehr aus der Vorinventur oder durch Ansprache des Stammes bestimmt werden kann, wird der Code für totes Laubholz oder für totes Nadelholz vergeben. Wenn es „frisches“ Totholz (seit der letzten Inventur abgestorbenes Holz) ist, wird die Baumart und der Ausscheidungsgrund von der Lebendholzinventur übernommen.

Bei stehendem Totholz wird der Durchmesser in 0,3 m Höhe gemessen, der Durchmesser am oberen Ende geschätzt und die Höhe gemessen. Die Polarkoordinaten werden wie bei lebenden Bäumen gemessen.

Bei liegendem Totholz werden nur die Teile innerhalb des 500 m<sup>2</sup> Kreises vermessen. Gemessen werden die Durchmesser und Polarkoordinaten an den Stammenden, sofern sie im 500 m<sup>2</sup> Kreis liegen oder, wenn der Stamm den 500 m<sup>2</sup> Kreis überragt, den oder die Durchmesser an der Kreisgrenze und ihre Polarkoordinaten.

Die Lage (stehend, liegend, hängend), die ursprüngliche Position des ehemals lebenden Baumes (innerhalb oder außerhalb des 500 m<sup>2</sup> Kreises – Spalte Wurzelteller), der wahrscheinliche Ausscheidungsgrund (siehe Abschnitt 2.4.3) und das Zerfallsstadium werden noch angesprochen.

Bei der Lage wird unterschieden zwischen:

stehend 1, liegend 2, hängend 3.

Bei liegendem Totholz, dessen Standort innerhalb des 500 m<sup>2</sup> Kreises war (erkennbar am Wurzelteller), erfolgt ein Eintrag in Spalte „Wurzelteller“ mit 1. In allen anderen Fällen (stehendes Totholz, in den Kreis von außen hineingefallenes Totholz, Abbruch etc.) bleibt die Spalte leer.

Bei der Ansprache des Zerfallsstadiums wird davon ausgegangen, dass jüngeres, noch weniger zerfallenes Totholz, vielfach abgestorbene Äste und einen relativ intakten Gipfelaufbau aufweist. Je weniger Äste am Stamm erkennbar sind, je mehr die Rinde abgeblättert ist und je stärker der Stamm angebrochen ist, um so intensiver ist der Zerfall fortgeschritten.

Es werden folgende Zerfallsstadien unterschieden:

- 0 im Absterben begriffen
- 1 frisch abgestorben, noch mit kleinen Zweigen, evtl. dürren Nadeln
- 2 tot, lose Rinde, evtl. abgebrochener Stamm, evtl. Grobäste
- 3 überwiegend ohne Rinde und Äste, Stamm meist abgebr., evtl. anbrüchig
- 4 in Zersetzung begriffen, Einarbeitung in den Boden begonnen
- 5 überwiegend zersetzt

## 2.5 Nationalparkspezifische Zusatzparameter

2.5.1 500 m<sup>2</sup> Kreis (Radius = 12,62 m) bezogene Daten

### Biotopdaten/Kleinstrukturen

**Kleinstrukturen** aufgeteilt in Tümpel, Fließgewässer, Nass/Feuchtfelder, freiliegender Boden und freiliegender Fels werden im 500 m<sup>2</sup> Kreis gutachterlich in Zehnteln angesprochen, mögliche Werte: 0 bis 10). Bei Tümpel und Fließgewässer wird auch ihre Anzahl notiert.

### Beschirmungsgrad / Deckungsgrad der Vegetationsschichten

Im 500 m<sup>2</sup> Kreis wird der Beschirmungs-/Deckungsgrad in Zehnteln der Fläche angesprochen. Folgende Schichten werden berücksichtigt: Baumschicht gesamt sowie Baumschicht-Latsche/Baumschicht-Grünerle<sup>\*</sup>, Strauchschicht, Zwergsträucher, Stauden, Farn, Gras/Kräuter, Moos.

### Straucharten

Für das langfristige Waldmonitoring werden die Strauch- und Zwergstraucharten nach ihren Deckungsstufen (siehe Weidezeigerarten) im 500 m<sup>2</sup> Kreis angesprochen. Die Aufnahme erfolgt nach folgendem Artenschlüssel:

Strauchart	Code	Strauchart	Code
Berberitze	10	Wolliger Schneeball	11
Faulbaum	12	Heckenrose	13
Holunder	14	Alpen Heckenkirsche	15

\* Latsche und Grünerle sind, laut Waldgesetz für Bayern, Waldbaumarten.

Strauchart	Code	Strauchart	Code
Heckenkirsche	16	Alpen Johannisbeere	17
Strauchweiden	20	Liguster	18
Schneeball	23	Kreuzdorn	19
Wacholder	24	Traubenkirsche	21
Weißdorn	26	Seidelbast	22
Alpenrose	30	Haselnuss	25
Heidekraut	32	Zwergmispel	27
Heidelbeere	34	Felsenbirne	28
Preiselbeere	36	Pfaffenhütchen	29
Zwergweiden	38		

### Belastungen an der Vegetation und der Bodenoberfläche

Folgende Belastungen werden angesprochen:

- Weidebelastung (Vieh, Wild)
- Massen-Tourismus (Trittschäden)
- Eutrophierung
- Bodenschäden durch:
  - Schneebewegungen (Schneekriechen, -gleiten, Lawinen)
  - Oberflächenabfluss (Erosion)
- Erdkriechen/-rutschen
- Schäden durch Überschüttung (Geröll, Schwemmkegel)

Die **Weidebelastung** wird auf drei verschiedene Arten angesprochen:

#### a. Weidebelastung (visuell, global):

	Stufe
Vegetation verbissen	1
wie Stufe 1 + Trittschäden	2
wie Stufe 2 + Erosion	3

**b. Die (differenzierte) Weidebelastung nach Weidetiergruppen** wird über das Schätzen der Flächenanteile mit sichtbaren Hufspuren der Weidetiere im 500 m<sup>2</sup> Kreis nach folgendem Schema ermittelt:

**Weidetiergruppen:** Rinder, Rotwild, Reh-, Gamswild, Schafe, Ziegen

Die sichtbaren Spuren bedecken Flächenanteile (Zehntel) von:

Anteil	Weidebelastungsstufe
0	0
1 – 2	1
3 – 5	2
6 – 10	3

Da die sichtbaren Spuren auch von der Bodenfeuchte, der Plastizität und dem Skelettreichtum des Oberbodens abhängen, wird als Zusatzparameter der „**Bodenzustand**“ z.Z. der Inventur aufgenommen:

Bodenfeuchte:	Stufe
naß bis feucht	1
sehr frisch bis frisch	2
mäßig frisch bis sehr trocken	3

<b>Plastizität:</b>	Stufe
weich bis breiig	1
plastisch	2
steif, fest, hart	3

<b>Bodenskelett im Oberboden:</b>	Stufe
sehr schwach bis schwach steinig (<=10%)	1
mittelsteinig (11-30%)	2
stark bis sehr stark steinig (31-75%)	3
Skelettboden, Felsen (>75%)	4

folgenden Deckungsstufen kartiert (vereinfacht nach PFADENHAUER et al., 1986):

<b>Deckungsgrad</b>	Stufe
< 1%	+
1- 5%	1
5-25%	2
25-50%	3
50-75%	4
> 75%	5

### c. Weidebelastung über Weidezeigerarten und ihre Deckungsgrade

Es werden im 500 m<sup>2</sup> Kreis die Weidezeigerarten nach

Aus der Artenanzahl und dem Deckungsgrad der Weidezeigerarten soll eine Einstufung des Weideumfangs abgeleitet werden. Für das Inventurgebiet wurde folgende Liste von Weidezeigern zusammengestellt (STORCH, 1994):

#### Stauden/Kräuter/Gräser (Weide-, Eutrophie-, Trittzeiger):

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Code
Aconitum sp. ....	Eisenhut. ....	49
Achillea millefolium .....	Schafgarbe .....	50
Agrostis stolonifera .....	Straußgras .....	52
Alchemilla vulgaris .....	Frauenmantel .....	54
Bellis perennis .....	Gänseblümchen .....	56
Carlina acaulis .....	Silberdistel .....	57
Cirsium palustre .....	Sumpf-Distel .....	58
Dactylis glomerata .....	Knäuelgras .....	60
Deschampsia caespitosa .....	Rasen-Schmiele .....	62
Gentiana pannonica .....	Ungarischer Enzian .....	63
Euphorbia cyparissias .....	Zypressen-Wolfsmilch .....	64
Hypericum maculatum .....	Vierkantiges Johanniskraut .....	66
Melandrium rubrum .....	Rote Lichtnelke .....	67
Leontodon hispidus .....	Wiesen-Milchkraut .....	68
Myosotis palustris .....	Sumpf-Vergißmeinnicht .....	70
Nardus stricta .....	Borstgras .....	72
Plantago lanceolata .....	Spitzwegerich .....	74
Plantago maior .....	Wegerich .....	76
Poa sp. ....	Rispengras .....	78
Potentilla erecta .....	Fingerkraut .....	80
Prunella vulgaris .....	Brunelle .....	81
Ranunculus repens .....	Kriechender Hahnenfuß .....	82
Rumex alpinus .....	Alpen Ampfer .....	84
Taraxacum officinale .....	Löwenzahn .....	86
Trifolium pratense .....	Rot-Klee .....	88
Trollius europaeus .....	Trollblume .....	89
Tussilago farfara .....	Huflattich .....	90
Veratrum album .....	Weißer Germer .....	92
Veronica chamaedrys .....	Gamander Ehrenpreis .....	93

Schadstufen (Umfang) für:

<b>Massen-Tourismus</b> (Trittschäden)	Stufe
Trittschäden an Vegetation	1
wie 1 und Oberflächen-Erosion	2
wie 1 und TiefenErosion	3

Der geschädigte Flächenanteil für Eutrophie, Schneebe-  
wegung, Wasserabfluss, Erdkriechen und -rutschen so-  
wie für Überschüttungen werden in Zehnteln geschätzt.

2.5.2 25 m<sup>2</sup> Kreis (Radius = 2,82 m)  
bezogene Daten

<b>Schneebewegung (Schneekriechen, -gleiten, Lawinen):</b>	Stufe
Nur an Vegetation ersichtlich	1
An Vegetation und Boden ersichtlich	2

#### Verjüngungsart der Hauptbaumarten

<b>Oberflächenabfluss, Erosion:</b>	Stufe
Oberflächenabtrag	1
Tiefenerosion	2

Für Fichte, Tanne, Lärche, Zirbe, Spirke, Bergahorn und  
Buche wird die Verjüngungsart im festen Kreis (R = 2,82  
m) nach folgenden Kategorien, mit ankreuzen des ent-  
sprechenden Feldes, angesprochen: Rannen, Stöcke,  
Rohboden, Stein/Fels, Zwergsträucher, Gras/Farn.

## 2.6 Datenbank und Auswertung

### 2.6.1 Datenhaltung

Die Daten der Folgeinventur werden gemeinsam mit denen der Erstinventur in einer dBASE-Datenbank gehalten. Die Auswertungsergebnisse auf der Ebene der Einzelbäume, der Baumartenaltersstufen und der Probeflächen werden auch in dBASE-Dateien gespeichert. Die dBASE-Dateien können sowohl in Oracle-Tabellen als auch in ASCII-Dateien für weitere Auswertungen und Darstellungen umgewandelt werden.

Die für die Inventur nötigen Programme sind, je nach Fragestellung, in Power-Basic oder SAS erstellt worden.

### 2.6.2 Anpassung von Unterprogrammen an die EDV-Ausstattung des Nationalparks

Vom Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der LMU München wurden der Nationalparkverwaltung Unterprogramme für die Ermittlung des Vorrats sowie die Ertragstafeln in EDV-Form zur Verfügung gestellt. Diese wurden der EDV-Ausstattung des Nationalparks angepasst und in die Auswertungsprogramme eingebaut.

Für die Vorratsberechnung sind dies die Unterprogramme:

- FESEHK.BAS: Koeffizienten A und B für Einheitshöhenkurven nach der Petterson-Funktion (Input: Baumart, Mitteldurchmesser, Mittelhöhe, Alter; Output: A und B);
- FESPET.BAS: Höhe nach der Petterson-Funktion (Input: Koeffizienten A und B, BHD; Output: Höhe);
- FESFHUP.BAS: Formhöhenfunktion (Input: Baumart, BHD, Höhe; Output: Formhöhe).

Von den verfügbaren Ertragstafeln (ET) wurden für die Auswertungen im Nationalpark, wie schon bei der Erstinventur, folgende verwendet:

Fichte: ET Assmann/Franz 1963 – m. Ertragsniveau;  
Kiefer, Spirke, Zirbe: ET Wiedemann 1943 – m. Df.;  
Tanne, Eibe: ET Hausser 1943 – m. Df.;  
Lärche, Jap. Lärche: ET Schober 1946 – m. Df.;  
Buche, Linde, Kirsche: ET Wiedemann 1931 – m. Df.;  
Esche, Bergahorn, Spitzahorn: ET Wimmenauer/  
Schwappach 1919/1929;  
Eiche, Ulme, Mehlbeere: ET Jüttner 1955 – m. Df.;  
Birke, Vogelbeere, Weißerle, Weide, Aspe, Grünerle:  
ET Schwappach 1929;  
Pappel: ET Rätzel;  
Schwarzerle: ET Mitscherlich 1945 – st. Df.

Die Ertragstafel-Unterprogramme sind folgende:

- FESBUP.BAS: Bonität aus Alter und Höhe bei Kennung = 1 (Input: Baumart, Ertragstafel, Mittelhöhe; Output: Bonität) bzw. Mittelhöhe aus Bonität und Alter bei Kennung = 2 (Input: Baumart, Ertragstafel, Alter, Bonität; Output: Mittelhöhe)
- FESGUP.BAS: Ertragstafelgrundfläche (Input: Baumart, Ertragstafel, Bonitätsstufe, Alter; Output: Grundfläche).
- FESZUP.BAS: Ertragstafelzuwachs (Input: Baumart, Ertragstafel, Bonitätsstufe, Alter; Output: Gesamtzuwachsleistung im Alter A und im Alter A+10).

- FESDUP.BAS: Ertragstafel-Mitteldurchmesser (Input: Baumart, Ertragstafel, Bonitätsstufe, Alter; Output: Mitteldurchmesser).
- FESVUP.BAS: Ertragstafelvorrat (Input: Baumart, Ertragstafel, Bonitätsstufe, Alter; Output: Vorrat).

### 2.6.3 Entwicklung von Programmen und Unterprogrammen

#### Aufnahmeformulare

Die Durchführung der Folgeinventur setzte voraus, dass der Inventurtrupp im Bestand die Bäume der Erstinventur anhand ihrer Polarkoordinaten identifiziert, um sie anschließend fortzuschreiben, bzw. die ausgefallenen Bäume und den Einwuchs als solche erkennen und kennzeichnen kann. Für diesen Zweck wurde mit dem Programm FORMULAR.BAS für jeden Inventurpunkt ein Aufnahmeformular mit ausgewählten Daten der Erstinventur generiert (Abbildung 2.3).

#### Auswertungsprogramme

##### ERTRAG1.BAS

Das Programm wertet Probekreisdaten beider Inventuren gemeinsam aus und prüft die Eingabedaten auf formale Vollständigkeit.

Dabei werden folgende Auswertungsschritte durchlaufen:

1. Auswahl der Inventurmethode:
  - Relaskopstichprobe oder
  - Methode der konzentrischen Kreise
2. Auswahl der Ausgabeebene:
  - Einzelbaumausgabe
  - Baumarten – Altersstufen – Ausgabe
3. Auswahl der Ertragstafeln.
4. Inventurstatus des Probekreises ermitteln (Subroutine INVSTATUS.BAS):
  - Probekreis mit 2 Inventuren. Die Bäume der Erstinventur konnten identifiziert und fortgeschrieben werden;
  - Probekreis mit 2 Inventuren. Die Bäume der Erstinventur konnten nicht identifiziert und fortgeschrieben werden;
  - Neuer Inventurpunkt, nur Zweitinventur vorhanden;
  - Nur Erstinventur vorhanden, ausgefallener Punkt.
5. Baumstatus ermitteln (Subroutine BAUMSTATUS.BAS):
  - Baum mit 2 Inventuren
  - Baum mit nur 1. Inventur (ausgeschiedener Baum)
  - Baum mit nur 2. Inventur (eingewachsener Baum oder neuer Probebaum nach der Methode der konzentrischen Kreise)
6. Für die ausgeschiedenen Bäume wird der Durchmesser zur Zeit der Periodenmitte zwischen Erst- und Zweitinventur über baumartenspezifische Regressionsgleichungen ermittelt.

7. Die neuen Bäume erhalten einen vorläufigen BHD-Wert für die Erstinventur über baumartenspezifische Regressionsgleichungen (Subroutine DZUWACHS.BAS). Die neuen „Höhenbäume“ erhalten über entsprechende Regressionsgleichungen einen Höhenwert für die Erstinventur (Subroutine HZUWACHS.BAS).
8. Allen ausgeschiedenen und eingewachsenen Bäumen wird für die „andere“ Inventur die Altersstufe zugewiesen (Subroutine ANZAHLALTST.BAS).
9. Die forstübliche Abrundung der BHD Werte auf ganze cm führt zu nominellen cm-Klassen die jeweils einen Klassenmittelwert von  $x + 0.5$  haben ( $x$  = die abgerundete cm-Klasse). Alle BHD für beide Inventuren werden um 0.5 cm angehoben (Subroutine BHDKORREKTUR.BAS).
10. Für beide Inventuren, je Altersstufe und Baumart werden die Mittelwerte der Höhenbäume berechnet: Quadratmittelwert für die BHD und arithmetischer Mittelwert für die Höhen (Subroutine MITTELHBAUM.BAS).
11. Für alle Bäumen werden nach Altersstufen, über das System der Einheitshöhenkurven, Höhen für beide Inventuren berechnet (Subroutine EH.BAS und Funktion HOEHE.BAS).
12. Da die Aufnahme im Gelände sowohl für die WZP-Methode als auch für die KK-Methode durchgeführt wird, werden die Bäume methodenspezifisch gefiltert. Für die WZP-Methode mit Zählfaktor 2 werden jene Bäume für die Berechnungen behalten, welche die Bedingung:  $BHD/Entfernung \geq 0.02828854$  erfüllen. Für die KK-Methode werden jene Bäume beibehalten, deren Entfernung zum Probekreismittelpunkt kleiner/gleich als der Radius des Grenzkreises der entsprechenden Durchmesserstufe ist (Subroutine BAUMFILTER.BAS mit den Subroutinen RELASKOP.BAS und KONZKREISE.BAS).  
Eingewachsenen Bäumen wird der rechnerische BHD der 1. Inventur mit dem entsprechenden Grenz-BHD ersetzt (Subroutine GRENZBHD.BAS).  
Bäume, die für die betreffende Methode, sowohl bei der Erst- als auch bei der Folgeinventur, durch den jeweiligen Filter fallen, erhalten den Baumstatus = 0 (nicht gültig) und werden bei den weiteren Schritten nicht mehr berücksichtigt.
13. Aufbereitung der am Baum angesprochenen Schäden (Subroutine SCHADEN.BAS).
14. Ertragskundliche Größen der Probebäume und Hochrechnungen auf Ha-Werte.  
Für die Probebäume wird die Formhöhe, die Grundfläche und das Volumen für beide Aufnahmen berechnet.  
Aus der Differenz der Probebaumwerte zwischen der Folgeaufnahme und der Erstinventur sowie der Periodenlänge wird der jährliche Grundflächen- und Volumenzuwachs ermittelt (Funktion FHUP.BAS).  
Für die Hochrechnung der Zuwächse auf Ha-Werte wird die Folgeinventur zu Grunde gelegt, da die

Periode zwischen den Inventuren 13 Jahre (12 bis 14 Jahre) beträgt und viele Bäume in dieser Zwischenzeit ausgeschieden bzw. eingewachsen sind (siehe auch HRADETZKY und POKORNY, 1996).

Die Stammzahl/ha wird methodenspezifisch berechnet:

- für die Winkelzählprobe aus der Grundfläche der Bäume und dem Zählfaktor,
- für die Methode der konzentrischen Kreise aus dem Verhältnis der Fläche eines ha zu der Fläche des betreffenden Kreises.

Die so ermittelte Stammzahl wird noch über die mittlere Geländeneigung der Probefläche korrigiert. Aus der Stammzahl und den Werten der Einzelbäume (Grundfläche, Vorrat, Zuwachs) werden die entsprechenden Ha-Werte berechnet.

15. Die Ha-Werte werden anschließend altersstufenweise für jeden Probekreis aufsummiert, der Grundflächenmitteldurchmesser und die entsprechende Mittelhöhe berechnet. Anschließend werden über die Ertragstafeln die Bonität, die Ertragstafelgrundfläche, der Bestockungsgrad, der Ertragstafelzuwachs und der Ertragstafelzuwachs entsprechend dem Bestockungsgrad ermittelt (Subroutinen FESBUP.BAS, FESGUP.BAS, FESZUP.BAS, FESNUP.BAS).
16. Die Ausgabe der Ergebnisse wird auf 2 Arten vorgenommen: nach Probebäumen und nach Altersstufen der Baumarten. Bei unvollständigen Daten wird in eine Fehlerdatei eine entsprechende Meldung geschrieben.

#### ERTRAG2.BAS

Das Programm greift auf die Ergebnisse des Programms ERTRAG1.BAS und berechnet für jede Probefläche die Mischungsform und die Entwicklungsphase.

Aus den Vorräten der Baumartenaltersstufen und über die entsprechenden Ertragstafeln werden nach der Methode von Laer die Flächenanteile berechnet (STMELF, 1966).

Eine Zusammenfassung am Inventurpunkt nach Schichten und gesamt ist möglich.

Das Programm greift auf folgende Unterprogramme zu: LAERANTEILE.BAS, BAGRUPPE.BAS, MISCHFORM.BAS, EPHASEN.BAS und SUMMARY.BAS.

Die weiteren Auswertungen auf verschiedenen Aggregationsebenen wurden über entsprechende statistische Programme in SAS durchgeführt.

#### 2.6.4 Auswertungsebenen

Je nach Fragestellung werden verschiedene Aggregationsebenen für die Auswertungen verwendet.

Verwaltungsebenen: Distrikt, Revier, Behandlungszone, Nationalpark;

Baumartenebenen: Baumartengruppe, Altersstufe;

Strukturebenen: Höhenstufe ü. NN, BHD-Stufe, Altersklasse, Entwicklungsphase, Mischungsform, Bestandsform.

Diese Ebenen wurden alle bei der Erstinventur (1983/84) bzw. bei der Einrichtung der Wälder des Nationalparks (1986) festgelegt bzw. definiert (für Einzelheiten wird auf RALL, 1990 verwiesen). Da kein neuer Begang stattgefunden hat, sind die über die Einrichtung festgelegten Ebenen beibehalten worden.

Die Ebenen, die anhand der Bestandesstruktur der Probeflächen definiert werden, (Altersstufe, BHD-Stufe, Entwicklungsphase, Mischungsform), wurden für die Folgeinventur neu berechnet und in den Auswertungen berücksichtigt. Um die Entwicklung des Waldes auf diesen Ebenen zu dokumentieren, wurde die Zuordnung z. Z. der Erstinventur als Vergleichsbasis verwendet. Für die Folgeinventur wurde eine erste Auswertung mit der Zuordnung der Erstinventur durchgeführt um auf die Frage: „Wie haben sich in der Zwischenzeit dieselben Bestände verändert?“, antworten zu können. Eine zweite Auswertung der Folgeinventur mit den neuen Zuordnungen (der Folgeinventur) kann Veränderungen der Flächenverteilung zwischen den beiden Inventuren deutlich machen und Entwicklungstendenzen aufzeigen. Gleichzeitig stellen diese Werte die Vergleichsbasis für die nächste Inventur dar.

### 3 Waldentwicklung zwischen Erst- und Folgeinventur (1983/84 – 1995/97)

#### 3.1 Einführung

Die Waldentwicklung zwischen der Erst- und Folgeinventur wird anhand der Inventurmethode der konzentrischen Kreise (KK-Methode) beschrieben. Die Auswertungen nach dieser Methode konnten auch für die Erstinventur von 1983/84 durchgeführt werden. Damit wird eine methodisch einheitliche Zeitreihe begonnen, die mit weiteren Folgeaufnahmen fortgesetzt werden kann.

Der Vergleich der Inventurmethode wird in Kap. 4 anhand der Folgeinventur von 1995/97 beschrieben.

#### 3.2 Probeflächen und Probebäume

##### Probeflächen

Die permanente Stichprobe umfasst 5406 Probeflächen. Diese lassen sich anhand ihres „Inventurstatus“ in folgende Gruppen einteilen:

- Probeflächen, wo die Folgeinventur mit der Identifizierung der Bäume anhand ihrer Polarkoordinaten durchgeführt werden konnte (90,1 %);
- Probeflächen, deren Mittelpunkt wiedergefunden, die Bäume jedoch nicht identifiziert werden konnten (keine Polarkoordinaten, falsche Polarkoordinaten, falsche Probeflächenkoordinaten). Diese Punkte wurden neu aufgenommen (8,5 %);

- Probeflächen, die bei der Folgeinventur neu angelegt wurden (konnten bei der Erstinventur nicht aufgenommen werden – Verhau-, oder sind übersehen worden) (1,4 % bzw. 75 Probeflächen)

Über entsprechende Regressionsgleichungen anhand der Bäume mit zwei Inventuren wurde der Zustand z.Z. der ersten Inventur in den beiden letztgenannten Gruppen ( $8,5 + 1,4 = 9,9$  %) rekonstruiert. So konnte eine einheitliche Zusammenstellung der Repräsentationsflächen erstellt werden um Vergleiche auf der gleichen Flächenbasis zwischen erster und zweiter Inventur durchzuführen.

1306 Probeflächen fallen auf ideale Teilflächen (Sonderflächen – SF und Nichtholzbodenflächen – NHB wie Felswände, Schuttströme, Latschenfelder etc.), die keine Waldvegetation im Sinne der Inventur aufweisen. Diese sind schwerpunktmäßig in den Hochlagen des Nationalparks gelegen.

##### Probebäume

Von den 39.952 Probebäumen (100%) der Erstinventur sind 90,3 % auch bei der Folgeinventur aufgenommen worden, 9,7 % sind ausgefallen (Abgang), 11,2 % sind jedoch neu hinzugekommen (Einwuchs). Damit ist ein leichter Anstieg der Probebaumanzahl (101,5 %) gegenüber der Erstinventur zu verzeichnen.

Die Anzahl der Probebäumchen in der Verjüngung ist 1997 um 4 % kleiner als 1984.

In Abbildung 3.1 sind die Probebaumzahlen bei Erst- und Folgeinventur dargestellt.

#### 3.3 Durchmesser, Höhen, Schlankheitsgrad Brusthöhendurchmesser der Probebäume

Die BHD-Verteilungen der Probebäume bei Erst- und Folgeinventur (sowie die Differenz der Verteilungen) sind in Abbildung 3.2 dargestellt.

Mit vertikalen Linien sind die Kreisgrenzen der Inventurmethode der konzentrischen Kreise gekennzeichnet. Die BHD-Verteilungen von 1984 und 1997 sind sich sehr ähnlich, die Differenzen zwischen ihnen sind bis zu BHD = 40 cm ausgeglichen. Bei größeren BHD herrschen positive Differenzen vor. Aus der Darstellung ist die Reduzierung des Arbeitsaufwands für die unteren Durchmesserbereiche und ihre entsprechenden Kreisgrößen klar zu erkennen. Die gemessenen Durchmesser schwanken zwischen der festgesetzten Kluppschwelle von 6 cm und 142 cm.

##### Durchschnittlicher BHD-Zuwachs nach Baumartengruppen und Altersstufen

In Abbildung 3.3 ist der durchschnittliche 10-jährige BHD-Zuwachs der Probebäume mit je 2 BHD-Messungen (1. und 2. Inventur) nach Baumartengruppen und Altersklassen getrennt dargestellt.

In den ersten drei Altersstufen (bis 60 Jahre) ist das BHD-Wachstum der Baumartengruppen sehr differenziert. Später engt sich die Fächerbreite immer stärker

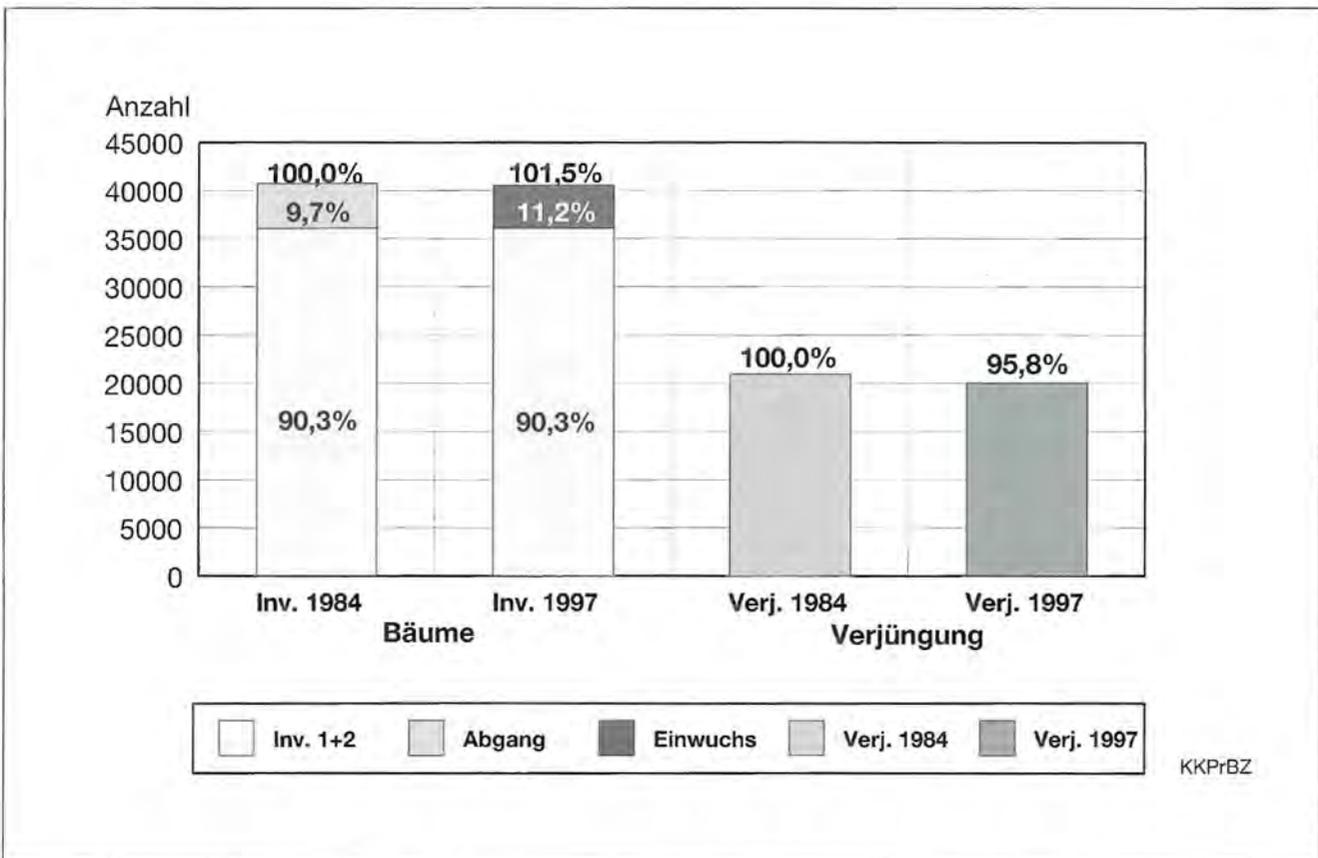


Abb. 3.1: Probestaumzahlen bei Erst- und Folgeinventur, Methode der konzentrischen Kreise.

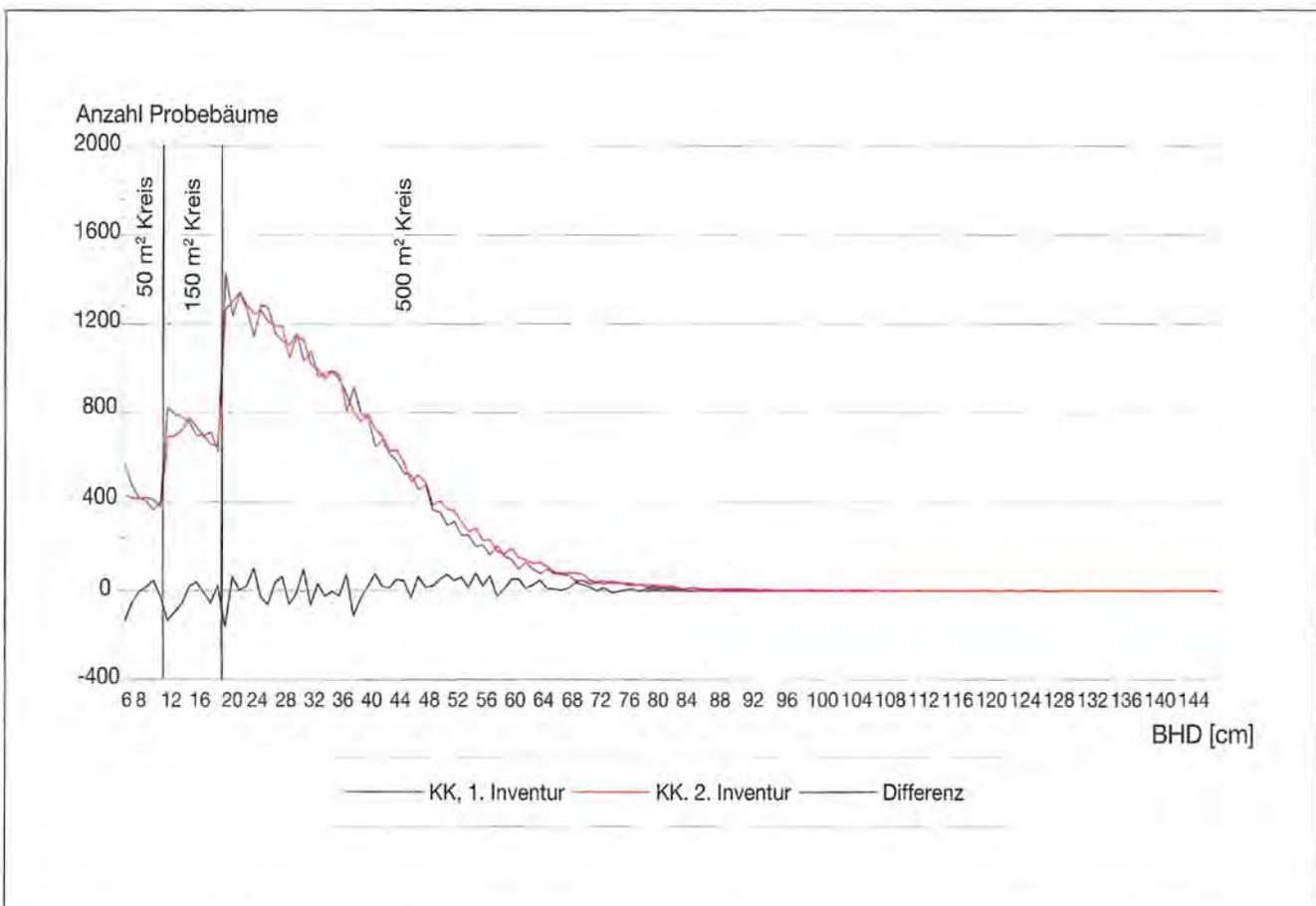


Abb. 3.2: Anzahl der Bäume bei 1. und 2. Inventur über dem BHD, Methode der konzentrischen Kreise.

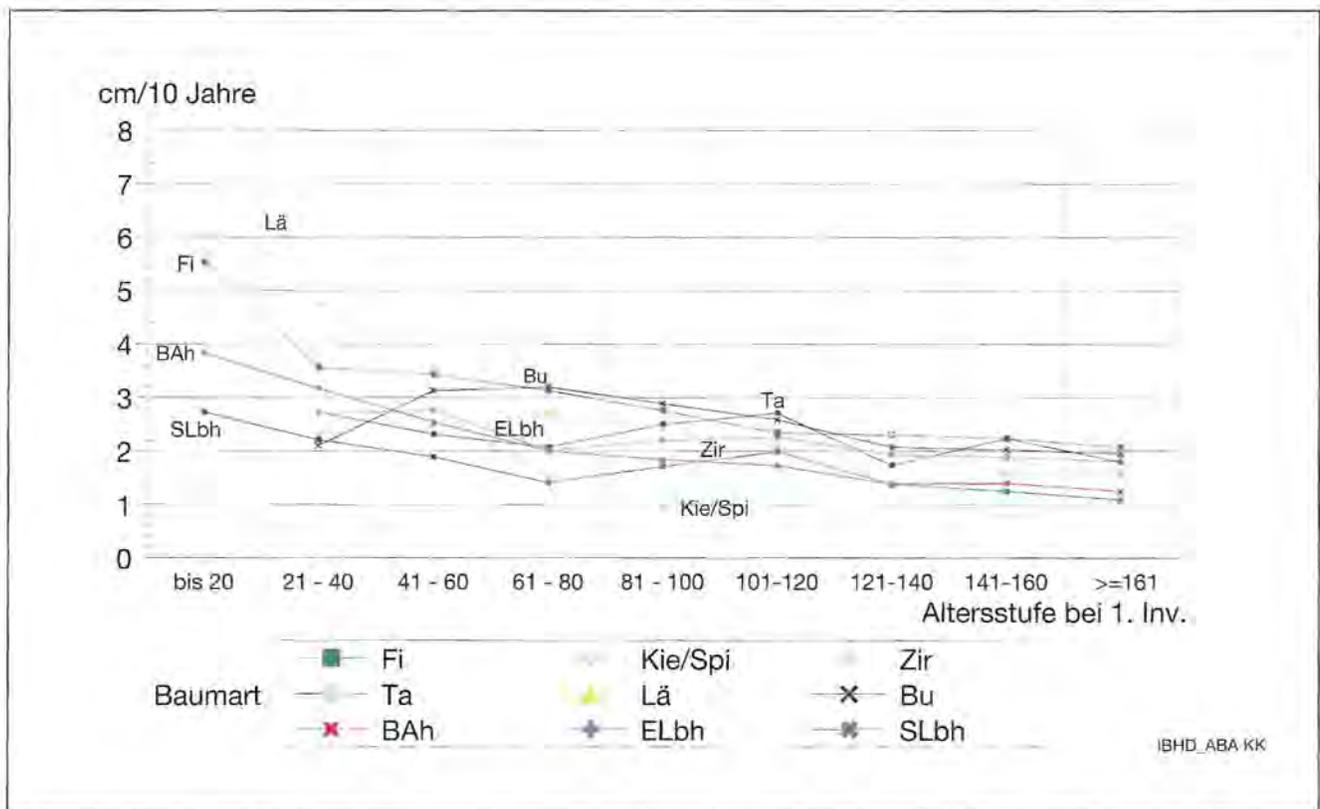


Abb. 3.3: Durchschnittlicher 10-jähriger BHD-Zuwachs der Probestämme nach Baumartengruppen und Altersstufen.

ein. Die Lärche hat bis zu 60 Jahren den größten BHD-Zuwachs gefolgt von der Fichte. In hohem Alter registrieren Fichte, Buche und Tanne die größten BHD-Zuwächse. Die Spirke hat erwartungsgemäß die geringsten BHD-Zuwächse.

**Schätzung des 10-jährigen BHD-Zuwachses**

Für die neu aufgenommenen Probestämme der Folgeinventur (neue Probestämme nach der Methode der konzentrischen Kreise, übersehene Bäume bei der Erstinventur) wurde der 10-jährige Durchmesserzuwachs nach Baumarten in Abhängigkeit vom Alter und dem BHD bei der Folgeinventur über eine Funktion der Form:

$$zd = \exp(\log(zd) + c5) - 3$$

$$\log(zd) = c0 + c1 * \text{alter} + c2 * \log(\text{alter}) + c3 * \log(\text{bhd}) + c4 * \log(\text{alter}) * \log(\text{bhd})$$

geschätzt (siehe auch POLLANSCHUTZ, 1966).

Nach Baumartengruppen wurden die Regressionskoeffizienten c0 bis c5 (Tab. 3.1) aus der Menge der Bäume mit je 2 BHD-Messungen (32.799 Bäume) ermittelt. Alle berechneten Regressionskoeffizienten sind statistisch auf hohem Niveau abgesichert.

Der Durchmesser zur Zeit der ersten Inventur kann so für die Bäume mit nur einer BHD-Messung über die Beziehung:

$$\text{BHD1} = \text{BHD2} - (\text{ZD}/10 * \text{Periodenlänge})$$

berechnet werden.

Wie bei der BHD-Aufnahme wird der geschätzte BHD1 auch auf ganze cm abgerundet.

Die Regression des BHD-Zuwachses in Abhängigkeit von dem BHD und dem Alter bei erster Inventur für die Berechnung der Durchmesser der ausgeschiedenen Bäume ergab, nach der Abrundung auf ganze cm, die gleichen Werte wie die erste Regression. Auf diese Wei-

Tab. 3.1: Regressionskoeffizienten für den 10-jährigen BHD-Zuwachs

Baumartengruppe	c0	c1	c2	c3	c4	c5
Fichte	1.28473	0.0030094	-0.27946	1.18277	-0.16634	0.065646
Kiefer (Spir, Zir, Kie)	2.38734	0.00084076	-0.36427	0.22786	0.0	0.048219
Tanne (Ta, Eib)	1.28126	0.0030003	-0.27769	1.18072	-0.16617	0.065472
Lärche (Lae, JLae)	3.84468	0.0024694	-0.74574	0.28991	0.0	0.058714
Buche (Bu, HBu, Li, Kir)	1.96855	0.0030727	-0.43527	1.06610	-0.13722	0.080141
Bergahorn (BAh, SAh, Es)	2.60286	0.00072073	-0.47200	0.31790	0.0	0.060643
Sonstige Laubbäumearten	1.71017	0.0	-0.27848	0.33120	0.0	0.043694

se konnte der BHD der ausgeschiedenen Bäume zur Zeit der Periodenmitte zwischen Erst- und Folgeinventur über die Beziehung:

$$\text{BHD2} = \text{BHD1} + 0.5 \cdot (\text{ZD}/10 \cdot \text{Periodenlänge})$$

berechnet werden.

### Entwicklung des Grundflächenmitteldurchmessers nach Altersklassen

Der Grundflächenmitteldurchmesser ( $d_{mg}$ ) der Probe­flächen bei Erst- und Folgeinventur für die Altersstufen z. Z. der Erstinventur ist in Abbildung 3.4 dargestellt.

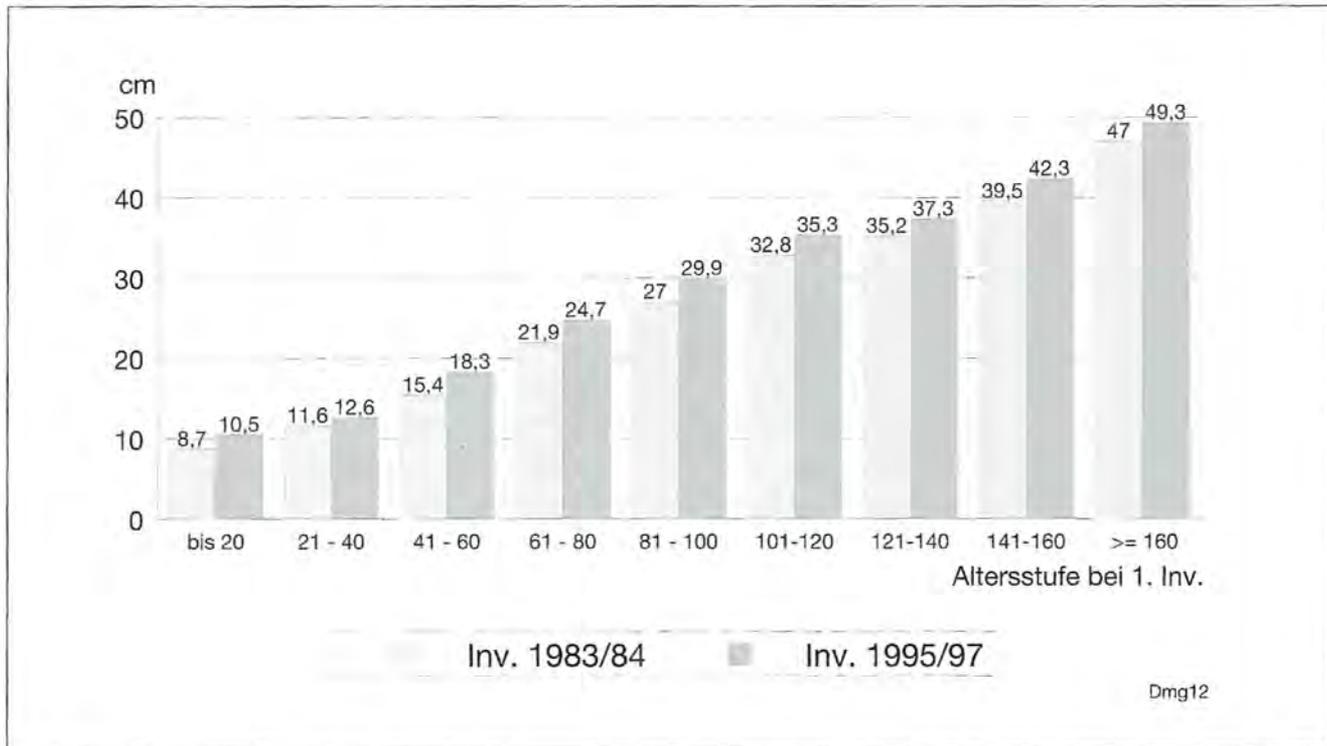


Abb. 3.4: Entwicklung des Grundflächenmitteldurchmessers ( $d_{mg}$ ) zwischen Erst- und Folgeinventur nach Altersstufen (Grund­flächengewogen).

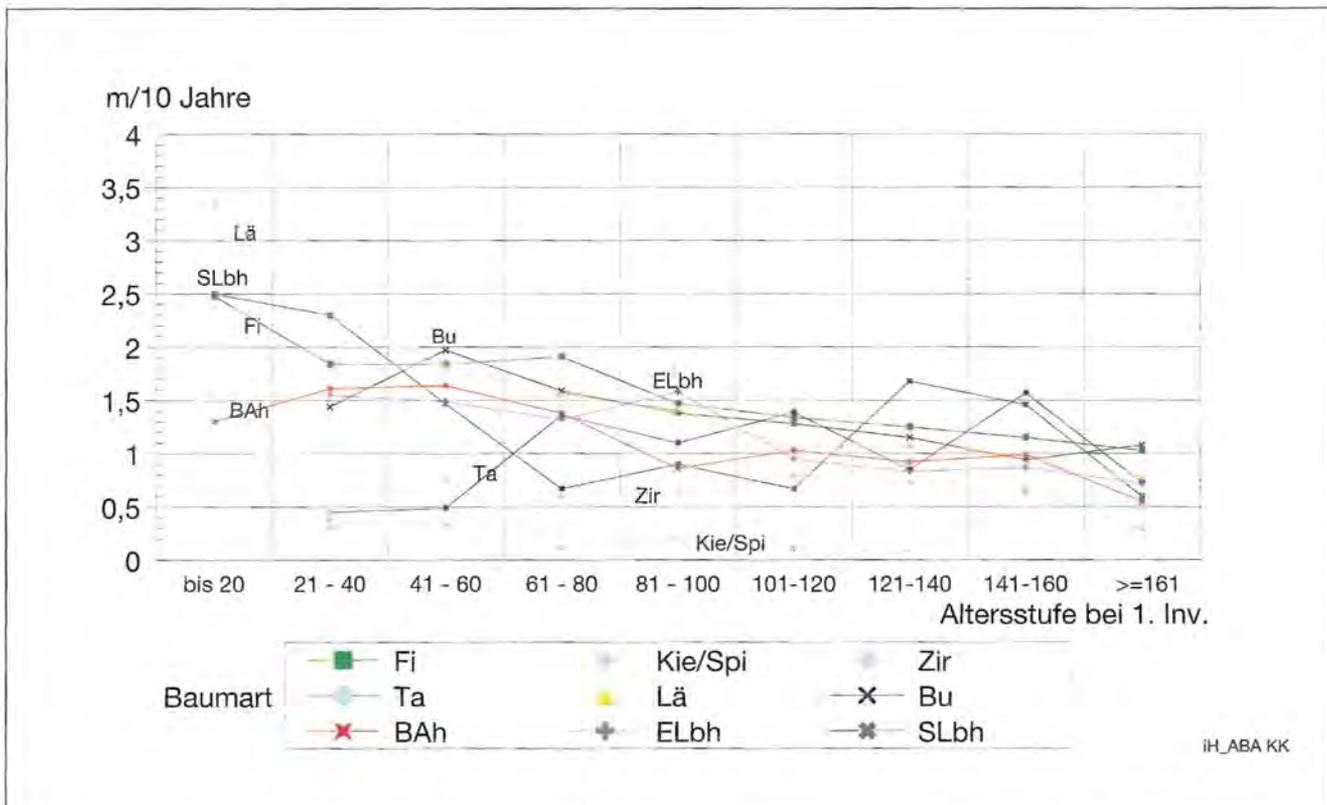


Abb. 3.5: Durchschnittlicher 10-jähriger Höhenzuwachs der Probebäume nach Baumartengruppen und Altersstufen.

Diese Entwicklung beinhaltet neben den periodischen Zuwächsen auch die rechnerischen Verschiebungen, die durch das Ausscheiden und Einwachsen der Bäume zwischen den Inventuren stattgefunden haben.

Der  $d_{mg}$  steigt mit dem Alter stetig an, ohne daß eine Stagnation seiner Zunahme zu erkennen ist. Die Zunahme ist zwischen 40 und 100 Jahren mit 2,9 cm am größten.

### Höhenzuwachs der „Höhenbäume“

Nach der Inventurmethode der Bayerischen Staatsforstverwaltung werden die Höhen der Probestämme anhand von Einheitshöhenkurven ermittelt (KENNEL, 1973). Für das „Einhängen“ dieser Kurven werden in den Probestflächen für jede Baumart und Altersstufe je 1–2 Höhen aus dem oberen Durchmesserbereich gemessen (siehe



Die Veränderungen zwischen den Luftaufnahmen von 1982 (oben) und 1997 (unten) widerspiegeln die Waldentwicklung zwischen den beiden Inventuren (Ausschnitt Schapbach-Roitt).

Tab. 3.2: Regressionskoeffizienten für den 10-jährigen Höhenzuwachs nach Baumartengruppen.

Baumartengruppe	c0	c1	c2	c3
Fichte	4.210350	-0.0002835	-0.1544135	0.07048439
Kiefer (Spir, Zir, Kie)	2.697746	-0.0003853	0.04396835	0.15167910
Tanne (Ta, Eib)	1.652360	-0.0030963	0.38880115	0.12237535
Lärche (Lae, JLae)	4.869537	0.00072180	-0.3120697	0.05802640
Buche (Bu, HBU, Li, Kir)	4.011632	0.00029706	-0.1611315	0.10888771
Bergahorn (BAh, SAh, Es)	4.113834	-0.0000040	-0.1768151	0.09386633
Sonstige Laubbaumarten	3.957788	0.00146159	-0.3451538	0.24002392

auch Abschnitt 2.4.5). Vordringlich wurden die „Höhenbäume“ der Erstinventur auch bei der Folgeinventur gemessen (insgesamt 13.011 Bäume). Die durchschnittlichen 10-jährigen Höhenzuwächse nach Baumartengruppen und Altersstufen sind in Abbildung 3.5 dargestellt. Die Baumarten haben besonders im jungen Alter eine unterschiedliche Höhendynamik. Die Lärche und Fichte haben sehr früh (bis 40 Jahre) ein intensives Höhenwachstum. Die Tanne hat erst bei 50 bis 70 Jahren ein deutlicheres Höhenwachstum, das jedoch nachher dem der Fichte in groben Zügen entspricht. Ab 160 Jahre geht ihr Höhenwachstum deutlich zurück. Die Spirke verzeichnet die kleinsten Höhenzuwächse und setzt sich dadurch als eigenständige Gruppe von den restlichen Baumarten ab.

#### Schätzung des 10-jährigen Höhenzuwachses der „Höhenbäume“

Für die bei der Folgeinventur hinzugekommenen Probestflächen sowie für alte Probestflächen, wo neue Baumarten oder Altersstufen eingewachsen oder wo „Höhenbäume“ ausgefallen oder nicht mehr repräsentativ waren (Kronenbruch), wurden an neuen Bäumen Höhen

gemessen. Um die Höhe dieser Bäume z.Z. der Erstinventur zu ermitteln, wurde anhand der „Höhenbäume“ mit zwei gemessenen Höhen (13.011 Bäume) der 10-jährige Höhenzuwachs in Abhängigkeit vom Alter z.Z. der Folgeinventur und der Höhe im Alter 100 (H100), nach Baumartengruppen nach einer Funktion der Form:

$$zh = (\exp(\log zh) - 30) / 10, \text{ wo}$$

$$\log zh = c_0 + c_1 \cdot \text{alter} + c_2 \cdot \log(\text{alter}) + c_3 \cdot \log(h100)$$

geschätzt.

Die Regressionskoeffizienten c0 bis c3 sind in Tabelle 3.2 enthalten. Auch diese berechneten Regressionskoeffizienten sind alle statistisch auf hohem Niveau abgesichert.

Über diese Funktion wird der 10-jährige Höhenzuwachs in m geschätzt.

Die Höhe der „Höhenbäume“ z. Z. der Erstinventur wurde anschließend über die Beziehung:

$$h_1 = h_2 - (zh / 10 \cdot \text{Periodenlänge}) \text{ berechnet und auf dm gerundet.}$$

Über die Einheitshöhenkurven, die auf der Funktion von Petterson basieren (KENNEL, 1978), erhalten anschließend alle Probestämme Höhen zugeordnet.

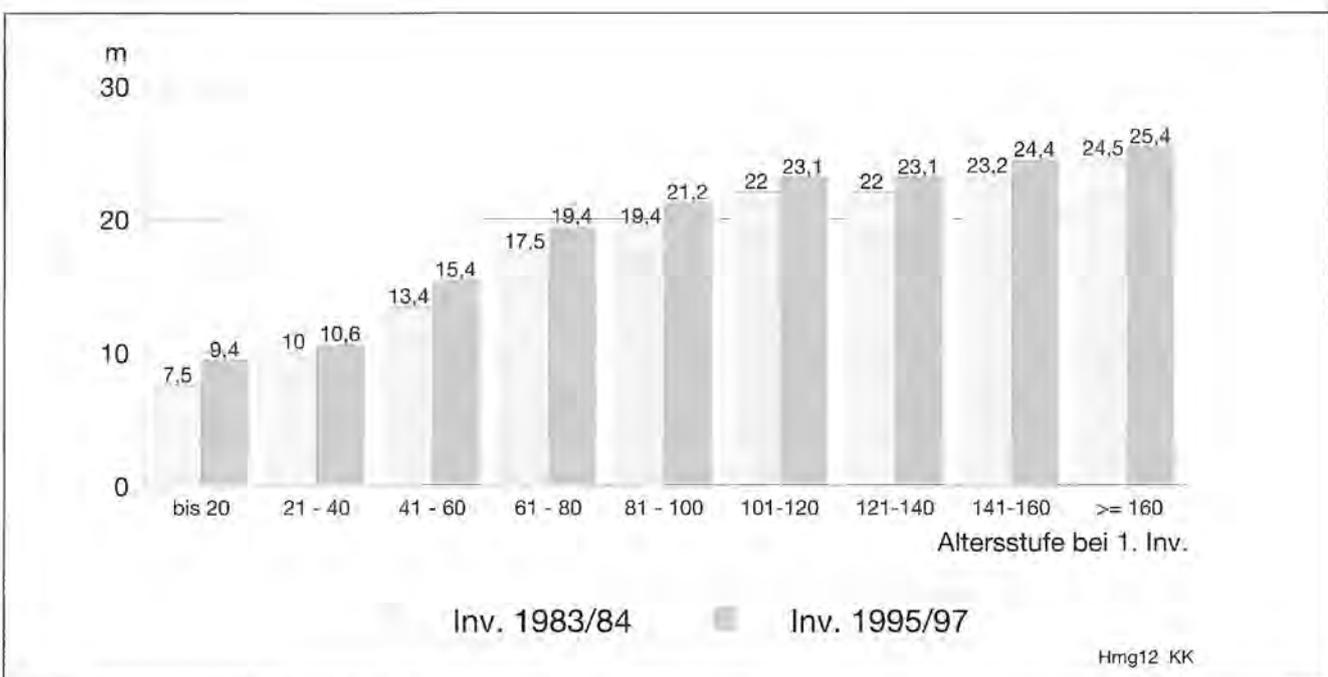


Abb. 3.6: Entwicklung der Mittelhöhe (h<sub>m</sub>) zwischen Erst- und Folgeinventur nach Altersstufen.

### Entwicklung der Mittelhöhe nach Altersklassen

Die Mittelhöhen entsprechend dem Grundflächenmitteldurchmesser ( $h_{mg}$ ) der Erst- und Folgeinventur nach Altersstufen z.Z. der Erstinventur sind in Abbildung 3.6 dargestellt. Die Mittelhöhe steigt zunächst in den beiden jüngsten Altersstufen (bis 40 Jahre) nur mäßig an. Zwischen 40 und 100 Jahren verstärkt sich der Anstieg um nachher wieder abzuflachen, ohne jedoch ganz zu stagnieren.

### Maximalhöhen nach Baumarten (gemessene Baumhöhen)

Die größten Höhen erreichen im Nationalpark Berchtesgaden mit über 46 m die Baumarten Lärche, Fichte und Tanne, gefolgt mit 41 m von Buche und Ulme, und mit 35 m bis 36 m von Esche und Bergahorn (Tabelle 3.3).

Die Höhenlage über NN der jeweils höchsten Bäume ist ein Hinweis auf die Höhenzone, wo die Umweltbedingungen den ökologischen Erfordernissen des Wachstums der Baumarten am besten entsprechen. So ist ersichtlich, daß die Zirbe an die subalpinen Hochlagen, die Lärche an die montanen, die Fichte an die mittelmontanen und die Tanne und Buche an die submontanen Lagen am besten angepaßt sind. Auf dem Schwemmkegel von St. Bartholomä (Distrikt XVII Eis) erreichen gleich 5 Baumarten ihre maximale Höhe, was sicherlich ein Hinweis auf die besondere Standortsgüte ist.

### Schlankheitsgrad ( $h/d$ – Verhältnis)

Der Schlankheitsgrad oder das  $h/d$  – Verhältnis ist ein Stabilitätszeiger für Bäume und Bestände. Aus praktischen Erfahrungen heraus zeigt ein Schlankheitsgrad über 80 eine Gefährdung durch Schneebruch oder Windwurf an. Dagegen gelten Bestände mit einem Schlankheitsgrad unter 80 als relativ stabil.

In Abbildung 3.7 ist der mittlere Schlankheitsgrad der Probestämme nach Altersstufen und in Abbildung 3.8 nach Meereshöhenstufen dargestellt. Aus beiden Abbildungen geht hervor, daß der Schlankheitsgrad mit dem Alter und mit der Meereshöhe abnimmt. Danach sind Bestände bis zu einem Alter von 80 Jahren besonders in unteren bis mittleren Lagen am stärksten gefährdet. Die älteren und lichter Bestände der Hochlagen sind durch Wind- und Schneeschäden am wenigsten gefährdet. Die Entwicklung des mittleren Schlankheitsgrades in der Periode zwischen den Inventuren zeigt eine positive Tendenz an. In allen Fällen, sowohl nach dem Alter als auch nach der Höhenlage, hat das  $h/d$  – Verhältnis abgenommen bzw. hat sich das Bruch- und Wurfisiko verkleinert.

### 3.4 Baumarten und Baumartengruppen

Bei den Inventuren wurden insgesamt 25 Baumarten registriert. Davon haben aber nur 5 Baumarten einen größeren Flächenanteil als 3 % (Fichte, Lärche, Buche,

Tab. 3.3: Maximalhöhen der Probestämme im Nationalpark z.Z. der Folgeinventur 1995/97.

Baumart	Höhe (m)	Distrikt	Seehöhe ü. NN
Lärche	47,0	XX Schapbach	1200
Fichte	46,4	XXI Wimbach	870
Tanne	46,0	XVIII Eis	620
Buche	41,6	XVIII Eis	620
Ulme	41,0	XVIII Eis	615
Esche	36,8	XVIII Eis	615
Bergahorn	34,5	XVIII Eis	640
Linde	30,0	XVII Schrainbach	685
Birke	26,0	XXI Wimbach	1015
Kiefer	25,0	XXIV Hintersee Sonnseite	1130
Zirbe	24,0	XVI Sagereck	1660
Mehlbeere	23,5	XXI Wimbach	1060
Weisserle	23,0	XXI Wimbach	700
Pappel	21,5	XXIII Hintersee Schattseite	840
Schwarzerle	21,0	XXIII Hintersee Schattseite	795
Vogelbeere	20,6	VII Jenner	890
Spirke	20,0	XXI Wimbach	1070
Grünerle	17,4	XX Schapbach	820
Eiche	16,0	VII Jenner	630
Weide	15,2	XXIII Hintersee Schattseite	845
Eibe	13,5	VII Jenner	1000

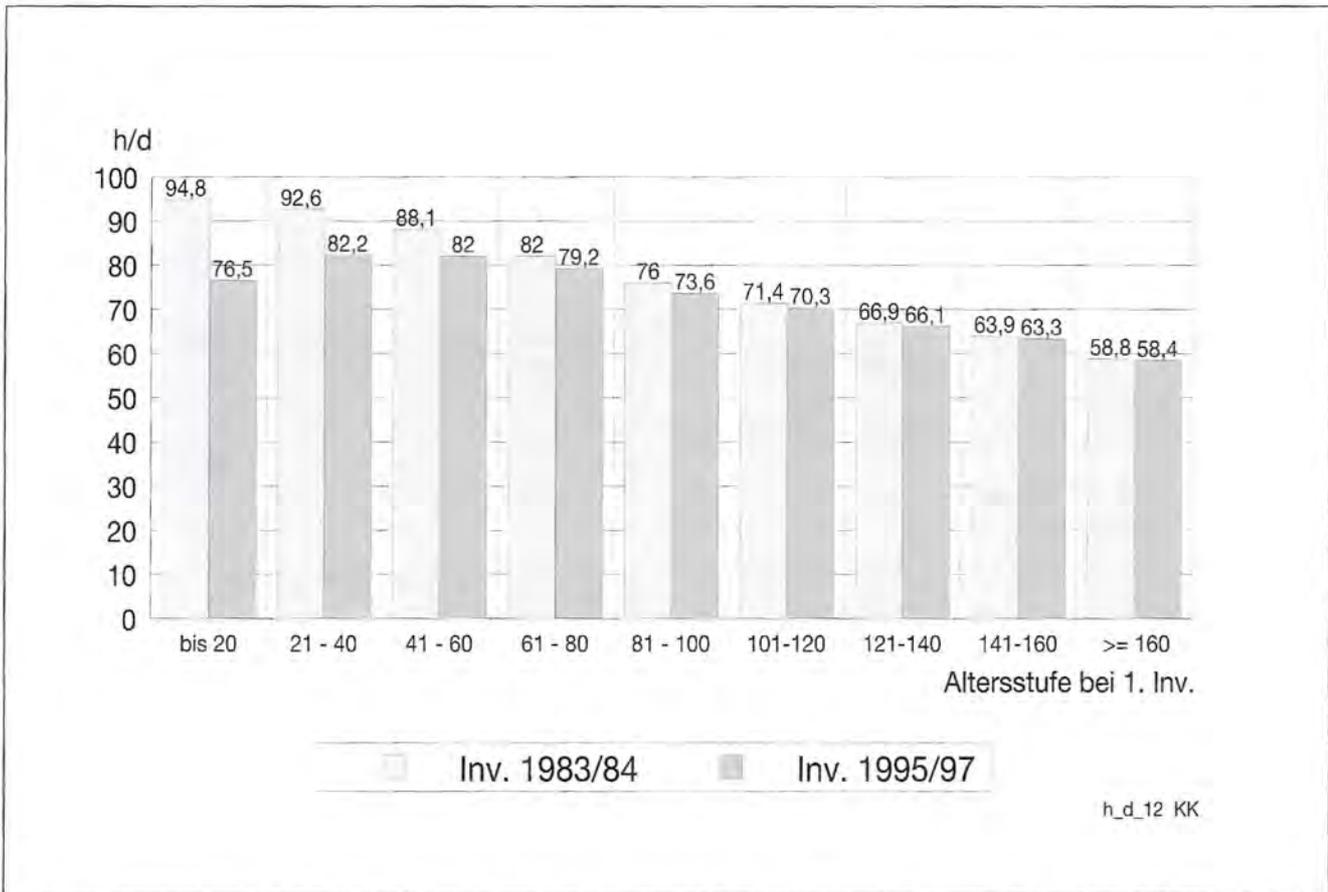


Abb. 3.7: Entwicklung des Schlankheitsgrades (h/d – Verhältnis) zwischen Erst- und Folgeinventur nach Altersstufen.

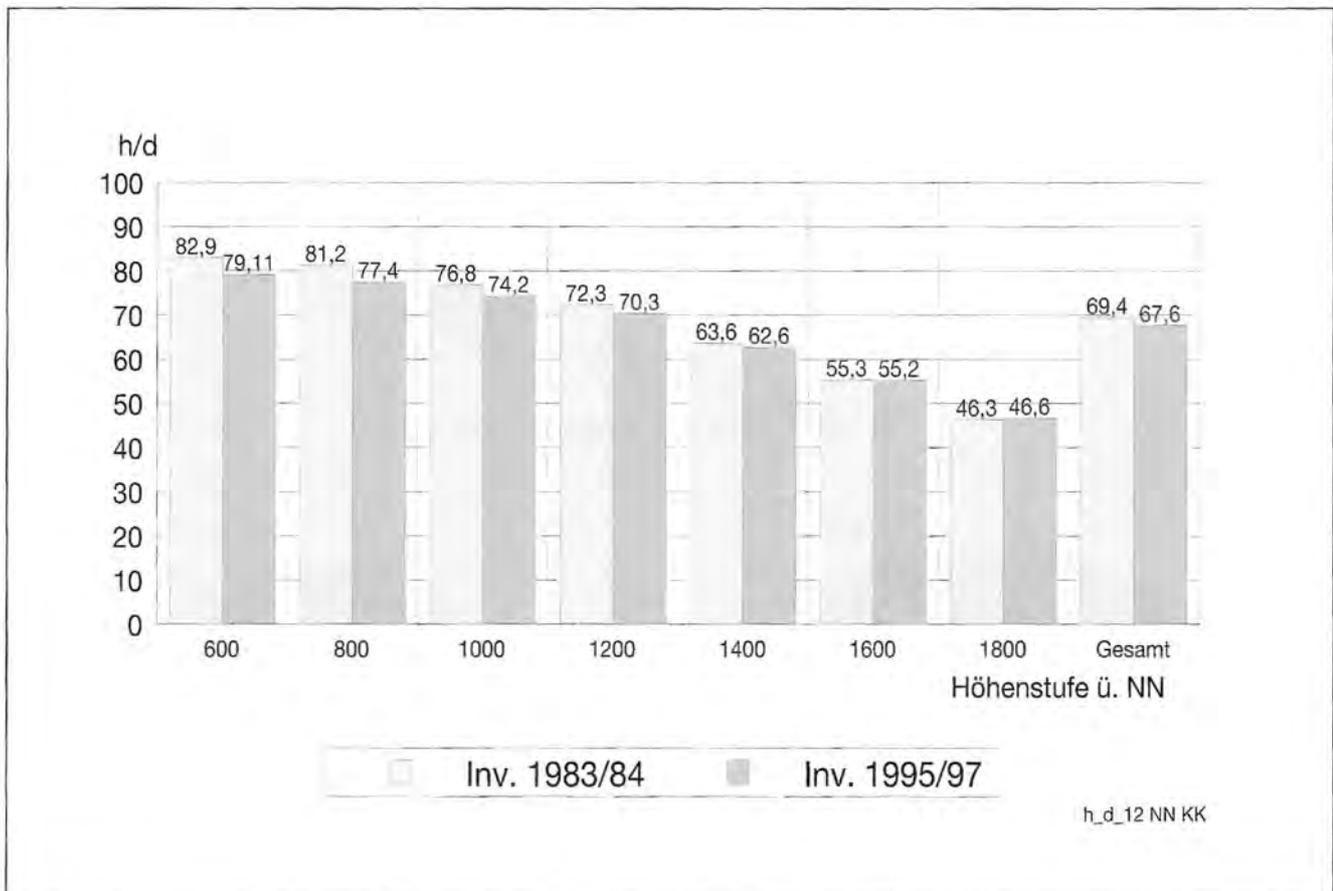


Abb. 3.8: Entwicklung des Schlankheitsgrades (h/d – Verhältnis) zwischen Erst- und Folgeinventur nach Höhenstufen über NN.

Zirbe, Bergahorn). Der besseren Übersichtlichkeit halber wurden deshalb bei der Auswertung verwandte Baumarten zu Baumartengruppen zusammengefasst:

Baumart	Baumartengruppe
Fichte	Fichte
Lärche, Jap. L.	Lärche
Tanne, Eibe	Tanne
Zirbe	Zirbe
Spirke, Kiefer, Sonst. Ndh.	Spirke
Buche	Buche
Bergahorn	Bergahorn
Li, Es, SpAh, Kir, Ei, UI	Edellaubholz
MeBe, Bi, VoBe, Erl, Pa, Wei	Sonst. Laubholz

### Baumartenanteile nach Behandlungszonen und Nationalpark gesamt

Die Wälder des Nationalparks Berchtesgaden sind, und werden noch lange, von den vergangenen Bewirtschaftungsformen geprägt bleiben, wo die Fichte die bevorzugte Baumart darstellte. Vor allem in den zugänglicheren unteren Lagen des Nationalparks, wo natürlicherweise überwiegend laubholzreiche Mischwälder und Bergmischwälder mit Fi-Ta-Bu stocken sollten, ist der Fichtenanteil besonders hoch (73%) (Abb. 3.9). Diese große Abweichung von der natürlichen Baumartenzusammensetzung war und ist der Hauptgrund für die Einrichtung eines Waldpflegebereichs in diesem Teil des Nationalparks.

In der Kernzone, wo die Bewirtschaftung extensiver oder nur gelegentlich stattgefunden hat, entspricht die Baumartenzusammensetzung in großen Zügen der natürlichen. Die jahrhundertlang praktizierte extensive Waldweide hat hier zu einer Begünstigung der Lärche beigetragen, die mit 34 % einen sehr hohen Flächenanteil inne hat.

Die Tanne nimmt mit 1 % einen sehr kleinen Flächenanteil ein.

Die Veränderungen in den Flächenanteilen während der 13-jährigen Periode zwischen der Erst- und Folgeinventur sind sehr klein und statistisch nicht abgesichert. Die größte Differenz beträgt 0,9 % (Abnahme des Fichtenanteils). Auf eine graphische Gegenüberstellung der Flächenanteile wird daher verzichtet.

### Durchschnittliche Vorräte/ha nach Baumartengruppen

In Abbildung 3.10 sind die durchschnittlichen Vorräte der Baumartengruppen pro ha bei Erst- und Folgeinventur dargestellt. Insgesamt hat der Vorrat/ha in der Zeitspanne zwischen den Inventuren von 164 Efm/ha auf 185 Efm/ha zugenommen.

Nach Baumartengruppen liegen die Vorräte von 1997 zwischen 31 Efm/ha (Fichte) und 1 Efm/ha (Spirke) höher als 1984. Die Tanne, Fichte und Buche haben gegenüber ihren zonalen Mischbaumarten (Bergahorn,

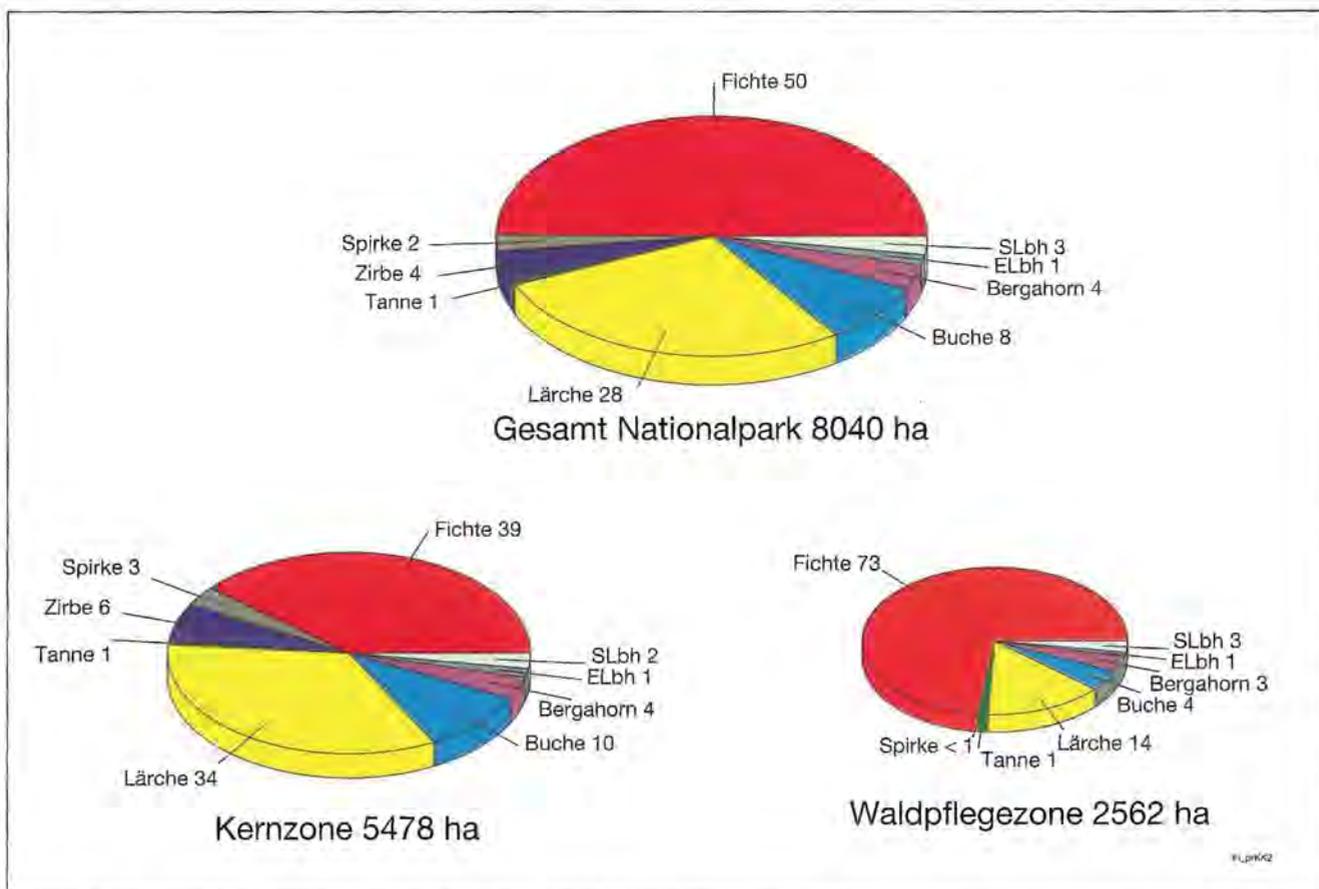


Abb. 3.9: Flächenanteile der Baumarten bei Folgeinventur (1997).

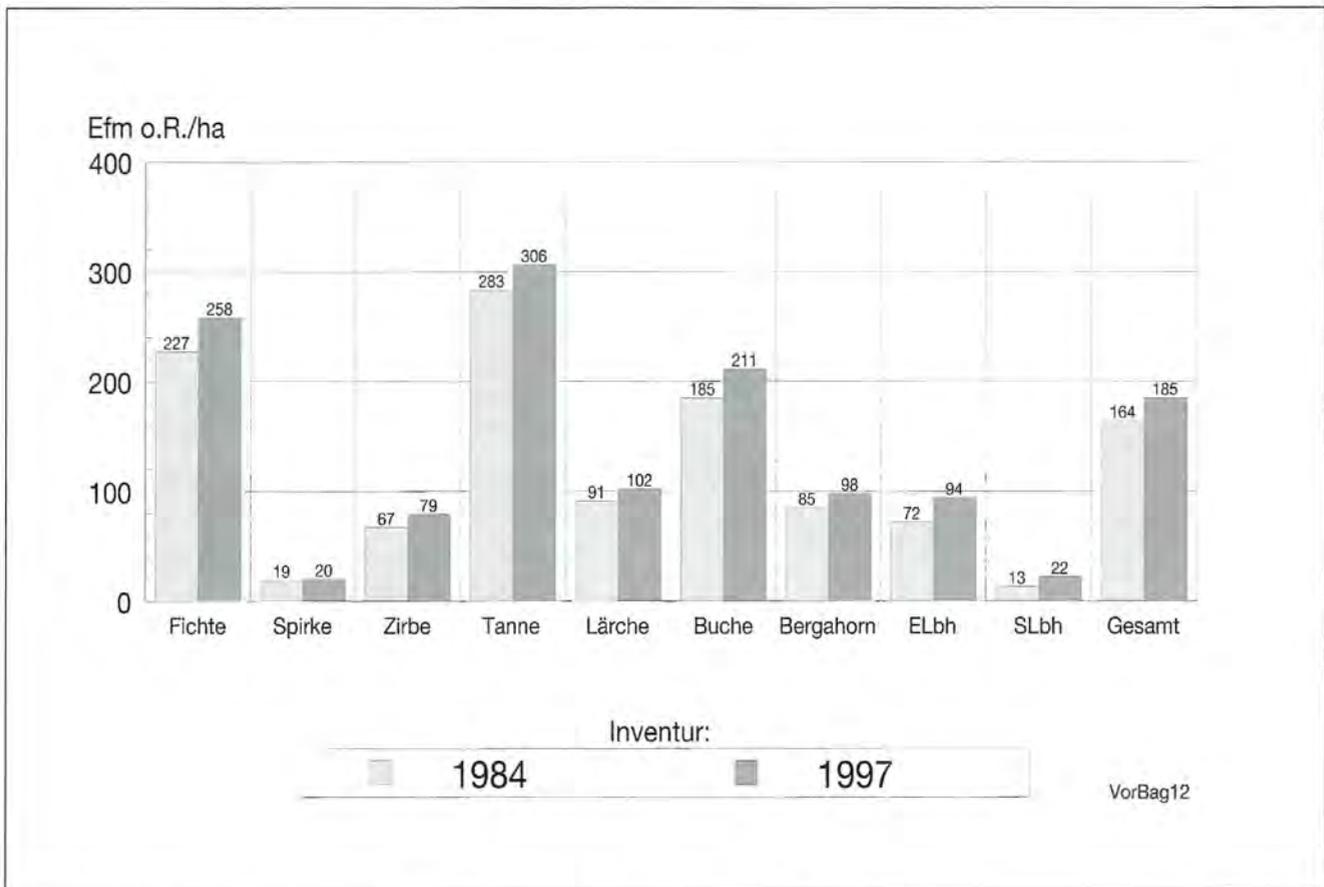


Abb. 3.10: Vorrat/ha bei Erst- und Folgeinventur (bzw. 1984 und 1997) nach Baumartengruppen.

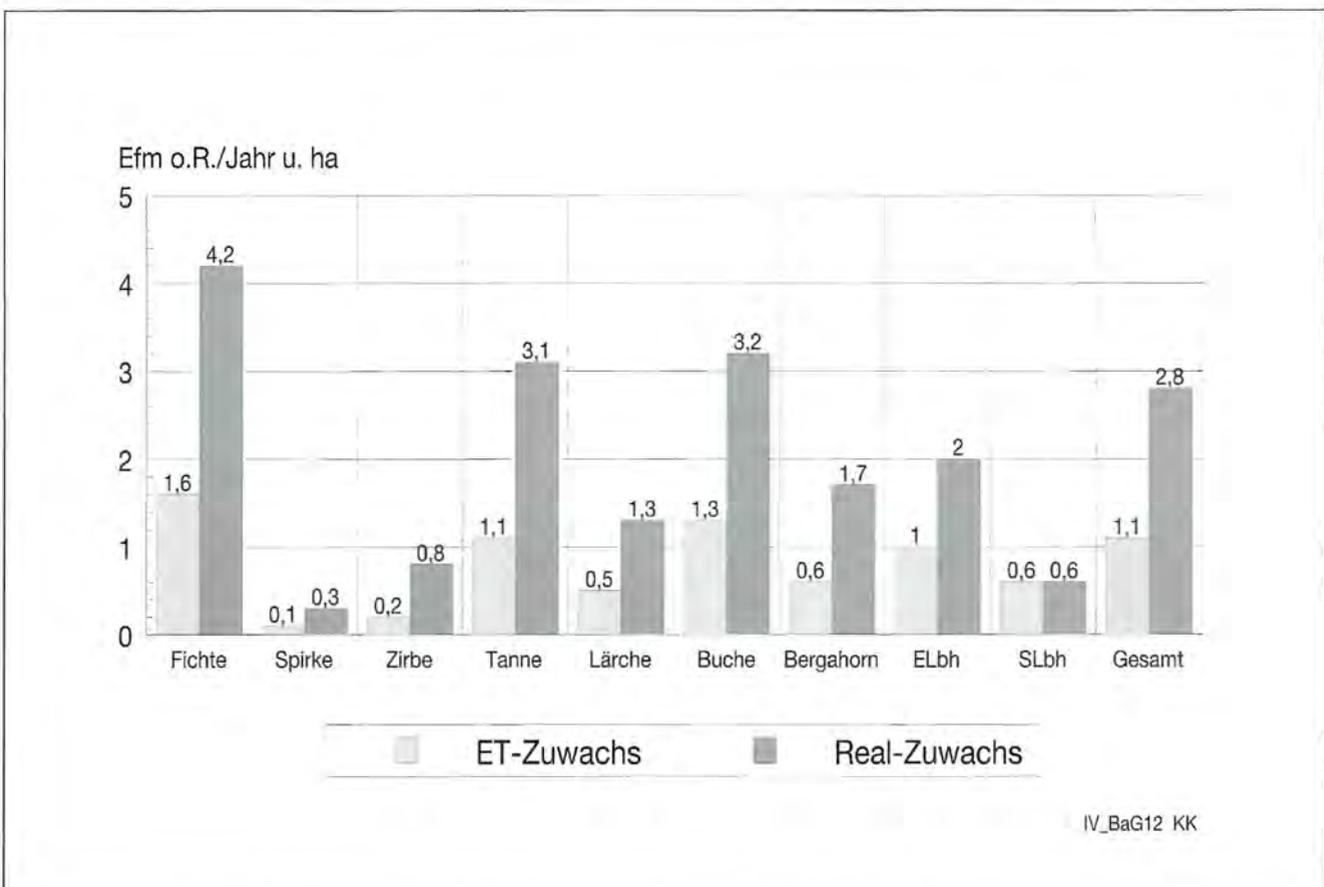


Abb. 3.11: Vorratszuwachs/Jahr und ha zwischen den Inventuren nach Baumartengruppen.

Edellaubholz, sonstiges Laubholz) sowohl doppelt bis dreifache Vorräte pro ha als auch die größten Vorratzzunahmen zwischen den Inventuren. Aus diesem Vergleich ist auch der hohe Ertrag, der von der Tanne erzielt werden kann, klar ersichtlich. Die Schwierigkeiten, die mit ihrer natürlichen Ausbreitung verbunden sind (Kahlhiebe, hohe Schalenwildbestände), haben jedoch zu einer stetigen Abnahme ihrer Anteile im Laufe der Zeit geführt.

Die Lärche und Zirbe haben gegenüber der Tanne, Fichte und Buche sowohl kleinere Vorräte (102 bzw. 79 Efm/ha) als auch bescheidene Vorratzzunahmen (11 bzw. 12 Efm/ha). Die Spirke hat einen noch kleineren Vorrat (20 Efm/ha) und eine Vorratzzunahme von nur 1 Efm/ha zwischen 1984 und 1997, was sowohl mit ihrer Sonderstellung zwischen Bäumen und Sträuchern als auch mit ihrer Lage auf dem Grenzstandort des Schuttstromes des Wimbachtales zu erklären ist.

### Durchschnittliche Zuwächse/ha nach Baumartengruppen

Die in Abbildung 3.11 dargestellten Zuwächse zwischen den Inventuren heben in erster Linie die große Differenz zwischen dem realen Zuwachs und dem Ertragstafelzuwachs hervor.

Diese großen Differenzen können über eine ganze Palette von Faktoren erklärt werden (ohne jedoch eine Gewichtung einzelner Faktoren vornehmen zu können). Diese lassen sich in drei große Gruppen einteilen:

#### a) Methodenspezifische Faktoren:

- Die Ertragstafeln sind nicht speziell für Steil- und Hochlagen erstellt (es fehlen gebietsspezifische Ertragstafeln);
- Ein Großteil der Nationalpark-Bestände sind aufgelockert oder haben Rottenstrukturen; in den Steil-

lagen bilden sich häufig sehr lange, einseitige Kronen aus. Somit haben die Bestände längere Kronen als typische Bestände der Tief- u. Mittellagen, auf denen die Ertragstafeln größtenteils basieren;

- Die Mehrheit der Bestände (54% älter als 160 Jahre) haben Alter, die jenseits der Höchstalter der Ertragstafeln liegen. Eine Einordnung in die Ertragstafeln ist für diesen Teil der Bestände nur über Extrapolierungen möglich, was in den meisten Fällen mit einer Unterschätzung verbunden ist.

#### b) Faktoren wirtschaftlicher Natur:

- Die Streunutzung in den Wäldern des Nationalparks ist seit ca. 50 Jahren gänzlich aufgegeben;
- Gleichzeitig ist die Holznutzung, besonders in der Nationalparkzeit, stark zurückgegangen;
- Die Weidebelastung hat in großen Teilen der Nationalparkfläche stark abgenommen.

#### c) Faktoren klimatischer und standörtlicher Natur

- Erhöhte Stickstoffeinträge (obwohl das Berchtesgadener Land einen niederen Eintrag gegenüber anderen Teilen Bayerns und Deutschlands aufweist);
- Der allgemeine Temperaturanstieg der letzten 100 Jahre um ca. 1°C wirkt sich besonders in den Hochlagen (Temperatur im Minimum) „vorteilhaft“ aus;
- Mit dem Temperaturanstieg ist auch die Vegetationsperiode um ca. 10 bis 14 Tage länger geworden.

Jeder dieser Einzelfaktoren trägt mit einem größeren oder kleineren Effekt zu einer Steigerung des Wachstums bei. In ihrem Zusammenspiel kann es dabei zu Synergieeffekten kommen.

Im weiteren werden die Realzuwächse der Baumarten miteinander verglichen. Insgesamt ist der jährliche lau-

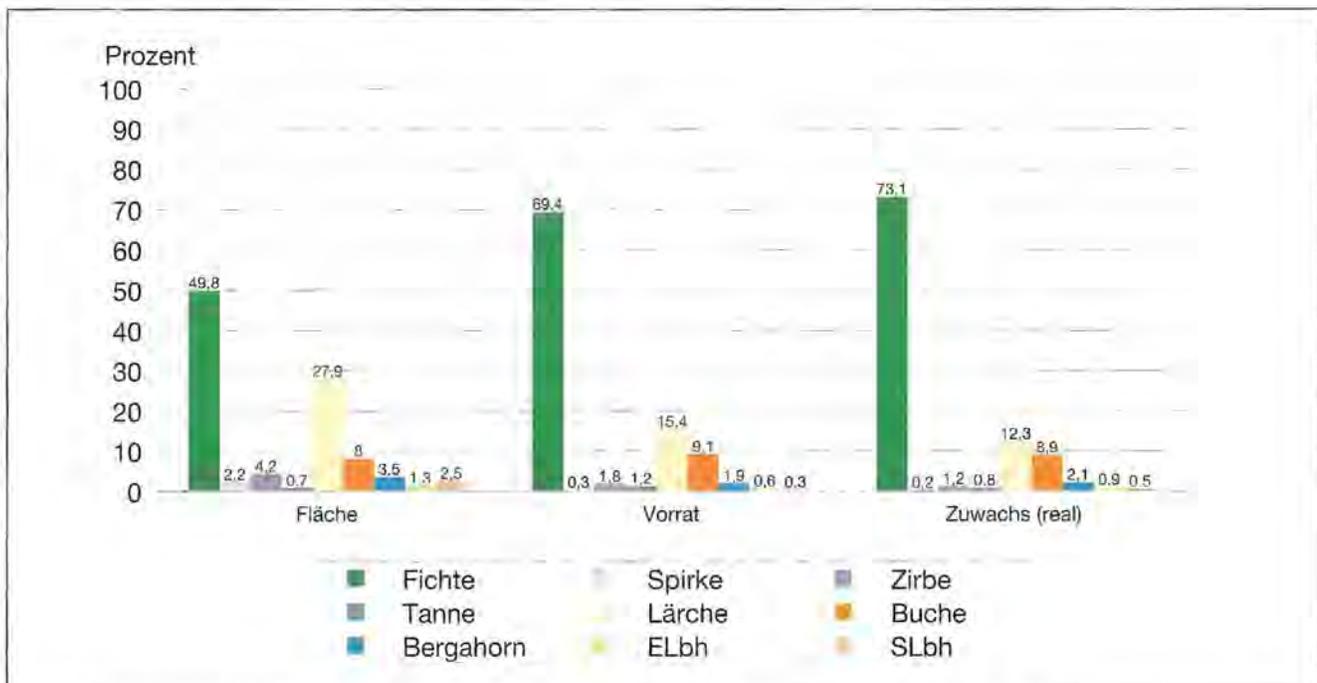


Abb. 3.12: Verteilung von Fläche, Vorrat und Zuwachs (1997) nach Baumartengruppen, Nationalpark gesamt.

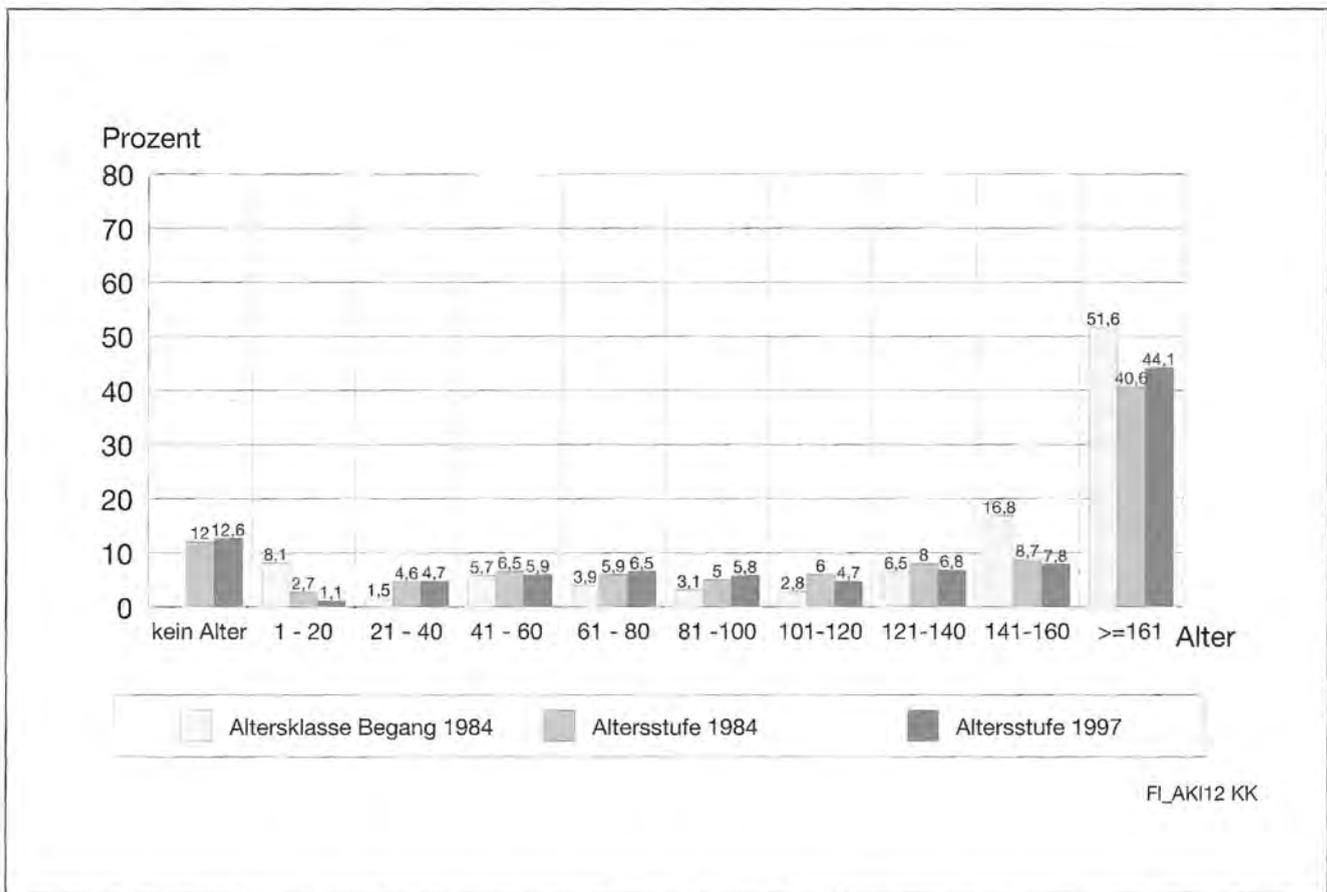


Abb. 3.13: Flächenanteile nach Altersklassen (Begang 1984) und Altersstufen (1984 und 1997), Nationalpark gesamt.

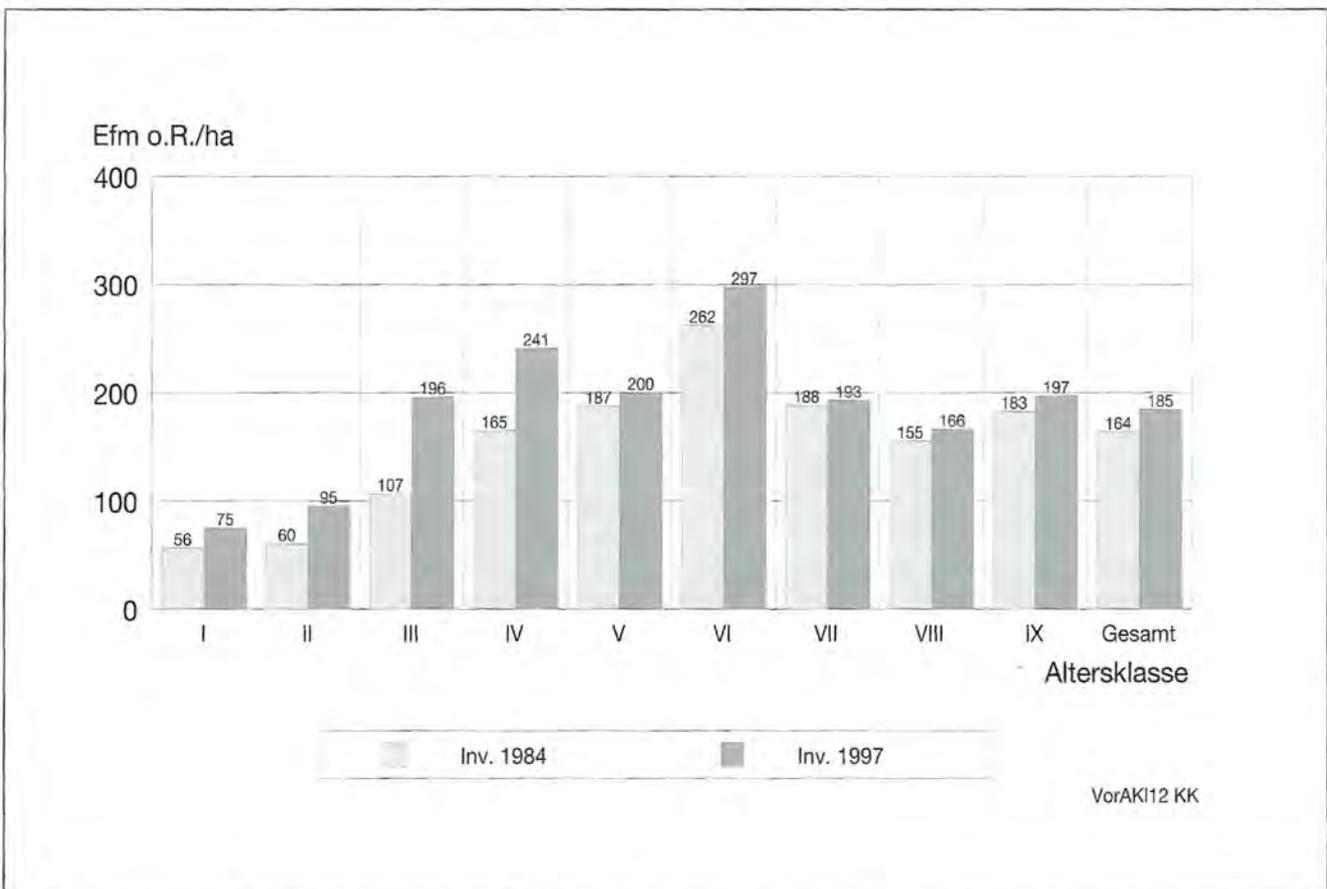


Abb. 3.14: Vorrat/ha nach Altersklassen (Begang 1984) und Inventuren, Nationalpark gesamt.

fende Zuwachs mit 2,8 Efm pro Jahr und ha, verglichen mit anderen Tief- und Mittellagen, doch sehr bescheiden. Die vielen Probeflächen, die auf ideelle Teilflächen, ohne Forstvegetation fallen (1306 Probeflächen), tragen auch zu diesem kleinen Mittelwert bei.

Zwischen den Baumarten gibt es große Unterschiede in ihrem laufenden Zuwachs. Dieser schwankt zwischen 4,2 Efm pro Jahr und ha bei Fichte und 0,3 Efm pro Jahr und ha bei Spirke. Der laufende Zuwachs der Baumarten Fichte, Tanne und Buche ist dem der anderen Baumarten weit überlegen.

### Vergleich der Baumartenanteile nach Fläche, Vorrat und Zuwachs

In Abbildung 3.12 werden die Anteile berechnet nach Fläche, Vorrat und Zuwachs gegenübergestellt.

Die Fichte, mit flächenmäßig 50 %, hat einen Vorratsanteil von 69 % und einen Zuwachsanteil von 73 %. Demgegenüber leistet die Lärche, die flächenmäßig 27 % einnimmt, nur 15 % an Vorrat und 12 % an Zuwachs. Die Buche hat mit 8 % bis 9 % bei allen 3 Maßzahlen ausgeglichene Anteile. Die Zirbe mit 4 % Flächenanteil hat nur 2 % an Vorrat und 1 % an Zuwachs.

Dieser Vergleich hebt die Vorteile des Fichtenanbaus, aus den Zeiten, wo die verfügbare Holzmasse der entscheidende wirtschaftliche Faktor für die Salzproduktion darstellte, deutlich hervor. Gleichzeitig kommt aus diesem Vergleich die spezifische Eigenart der Baumarten Bestände zu bilden zum Ausdruck: dichte, dunkle, stammreiche Fichtenbestände und im Gegensatz lichte, lockere Lärchen- oder Zirbenbestände.

Alle dargestellten Anteile der Tanne sind mit ca. 1 % sehr klein. Die Anstrengungen, die in den beiden letzten Jahrzehnten für ihre Anteilssteigerungen unternommen wurden, werden aus diesen Zahlen noch nicht ersichtlich, da ein Großteil der Tannen noch nicht die Kluppschwelle von 6 cm BHD erreicht haben.

### 3.5 Alter, Altersklassen und Altersstufen

Bei den Waldinventuren im Nationalpark wurde für alle Probebäume nach Altersbereichen das Alter bestimmt (siehe 2.4.4). Die Zusammenfassung dieser Alter in Gruppen von je 20 Jahren bilden die **Altersstufen**. Sie können für jede Inventur anhand der aktualisierten bzw. neu bestimmten Alter neu berechnet werden.

Den bei der Forsteinrichtung ausgeschiedenen Beständen werden Durchschnittsalter zugeordnet. Die **Altersklassen** sind die Zusammenfassung dieser Bestandesalter in Gruppen von je 20 Jahren. Da kein neuer Begang in den Wäldern des Nationalparks stattgefunden hat, werden die Bestandesalter und Altersklassen der letzten Einrichtung (1984) bei der Auswertung verwendet.

### Verteilung der Fläche nach Altersklassen und Altersstufen

Wie aus Abbildung 3.13 ersichtlich, ist die Altersverteilung der Flächen sehr unausgeglich. Es dominieren

Tab. 3.4: Maximalalter der Probebäume im Nationalpark z.Z. der Folgeinventur 1995/97.

Baumart	Maximal Alter	Distrikt
Lärche	47,0	XX Schapbach
Fichte	46,4	XXI Wimbach
Zirbe	782	XXIII Hintersee Schattseite
Lärche	611	XXIII Hintersee Schattseite
Tanne	462	XXIV Hintersee Sonnseite
Fichte	461	XVI Sagereck
Buche	445	XXIII Hintersee Schattseite
Ulme	332	XXIII Hintersee Schattseite
Bergahorn	328	XVII Schrainbach
Spirke	302	XXI Wimbach
Kiefer	275	XXIV Hintersee Sonnseite
Birke	247	XXIV Hintersee Sonnseite
Mehlbeere	200	XXIV Hintersee Sonnseite
Vogelbeere	183	XXI Wimbach

eindeutig die sehr alten Bäume und Bestände. Die ältesten Bäume erreichen dabei sehr hohe Alter. Für einige Baumarten sind in Tabelle 3.4 die höchsten ermittelten Alter angegeben.

Die ältesten (Probe-) Bäume sind, mit einigen Ausnahmen, an den beiden Hängen des Klausbachtals (Distrikte XXIII und XXIV) zu finden.

Die Altersklassen- und Altersstufen-Verteilungen von 1984 stimmen in großen Zügen überein (wenn auch die Einzelflächen der jeweiligen Verteilungen unterschiedlich sind). Die Teilfläche ohne Alter (Altersstufe) ist größtenteils auf die Probeflächen, die auf ideelle Sonderflächen (SF) fallen, zurückzuführen. In der Altersklassenverteilung sind diese Flächen in den unzugänglichen Hochlagen mit Altbeständen enthalten (Altersklasse VIII 141–160 Jahre und Altersklasse IX über 160 Jahre).

Aus den beiden Abbildungen kommt die unterschiedliche Zuordnung der Einzelflächen zum Ausdruck. In Abbildung 3.14 ist die Fläche immer die z. Z. der Erstinventur, die Differenzen sind somit Vorratsänderungen auf der gleichen Flächenbasis. Die größten Zunahmen sind bei den Altersklassen III, IV und VI zu verzeichnen. Die nur geringfügige Steigerung bei Altersklasse V geht auf die vermehrten Flächenwürfe aus dieser Altersklasse zurück. In den Altersklassen VII und älter sind die Vorratszunahmen sehr gering.

Aus der Abbildung 3.15 ist die Vorratszunahme auf der gleichen Flächenbasis die Differenz zwischen dem linken und dem mittleren Balken. Der rechte Balken ist nach den Altersstufen der Folgeinventur berechnet und stellt für die nächste Inventur die Vergleichsbasis dar. Die mittleren Vorräte steigen bis zu einem Alter von 120 Jahren relativ steil an um sich anschließend nur noch sehr wenig zu vergrößern. Die größten Steigerungen werden zwischen 40 Jahren und 100 Jahren verzeichnet (bis zu 72 Efm o.R./ha).

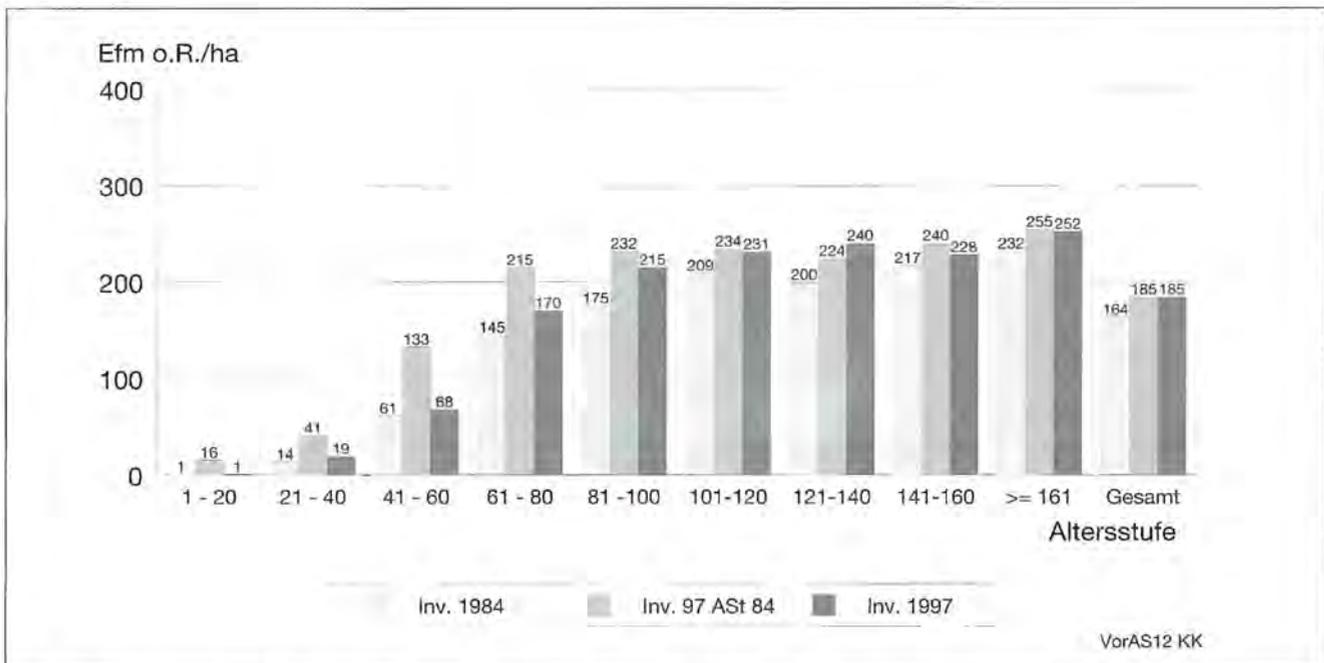


Abb. 3.15: Vorrat/ha nach Altersstufen und Inventuren, Nationalpark gesamt.

### Durchschnittlicher Realzuwachs nach Altersklassen und Altersstufen

In Abbildung 1.16 ist der durchschnittliche (Real-) Zuwachs zwischen den beiden Inventuren nach Altersklassen und Altersstufen dargestellt.

Nach Altersstufen ist der Zuwachs (an Derbholz) zunächst sehr klein (0,7 bis 1,7 Efm o.R./ha). Ab 40 Jahren steigt er steil an und erreicht bei 60 bis 80 Jahren sein Maximum (5,7 Efm o.R./ha). Anschließend wird eine

stetige Abnahme des Zuwachses bis auf 2,8 Efm o.R./ha verzeichnet.

Der Zuwachsgang nach Altersklassen ist nicht so regelmäßig wie der nach Altersstufen was mit der Schwierigkeit der Einordnung von ungleichaltrigen Beständen und plenterwaldähnlichen Beständen in das System der Altersklassen zusammenhängt. Nach der Altersverteilung der Flächen und den entsprechenden Zuwächsen zu urteilen wird sich der durchschnittliche Zuwachs langfristig verkleinern. Die mittleren Vorräte werden hingegen auch weiterhin leicht ansteigen.

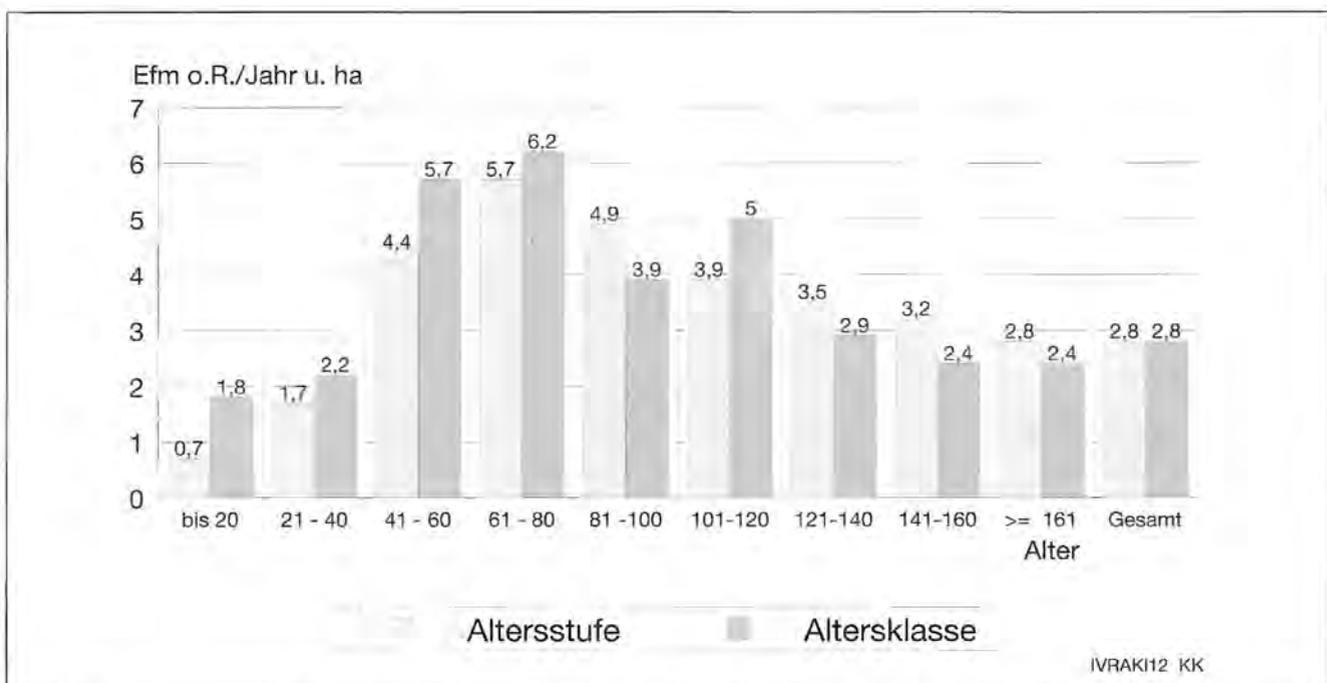


Abb. 3.16: Real-Zuwachs/Jahr und ha nach Altersklassen (Begang 1984) und Altersstufen (Bäume der Erstinventur 1984), Nationalpark gesamt.

### 3.6 Vorrat nach BHD-Stufen und Baumartengruppen

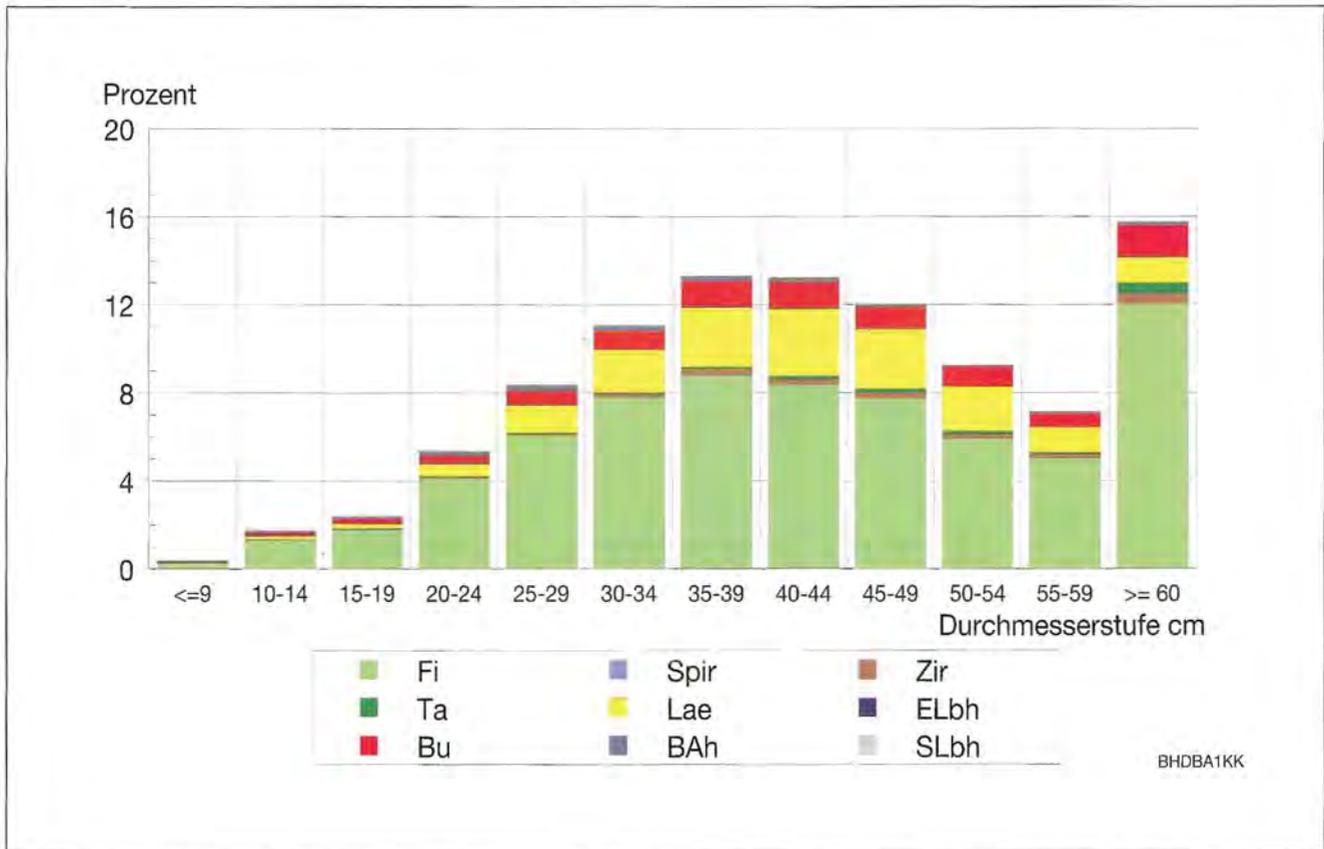


Abb. 3.17: Inventur 1984. Verteilung des Vorrats nach BHD-Stufen und Baumartengruppen, Nationalpark gesamt.

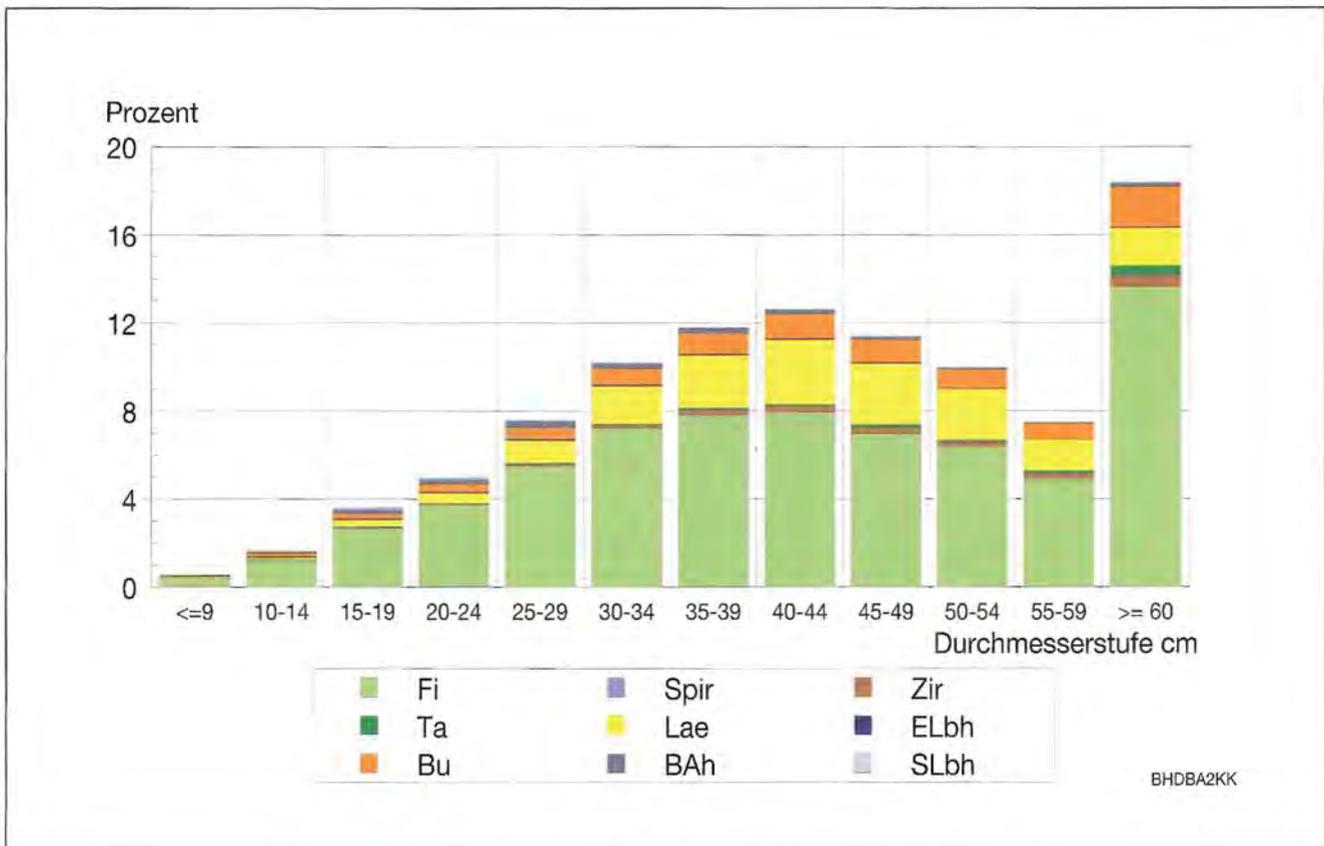


Abb. 3.18: Inventur 1997. Verteilung des Vorrats nach BHD-Stufen und Baumartengruppen, Nationalpark gesamt.

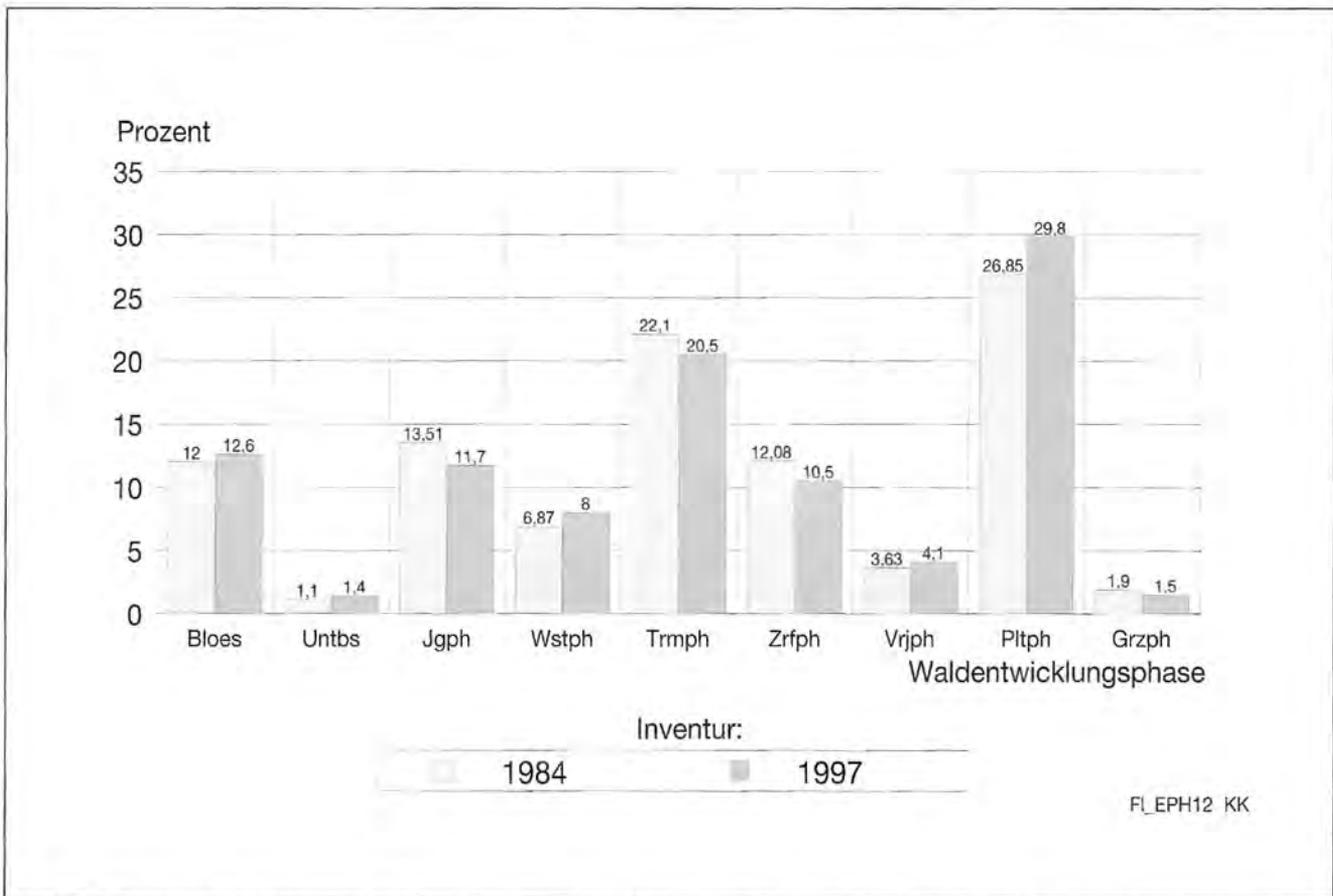


Abb. 3.19: Flächenverteilung nach Waldentwicklungsphasen und Inventuren, Nationalpark gesamt.

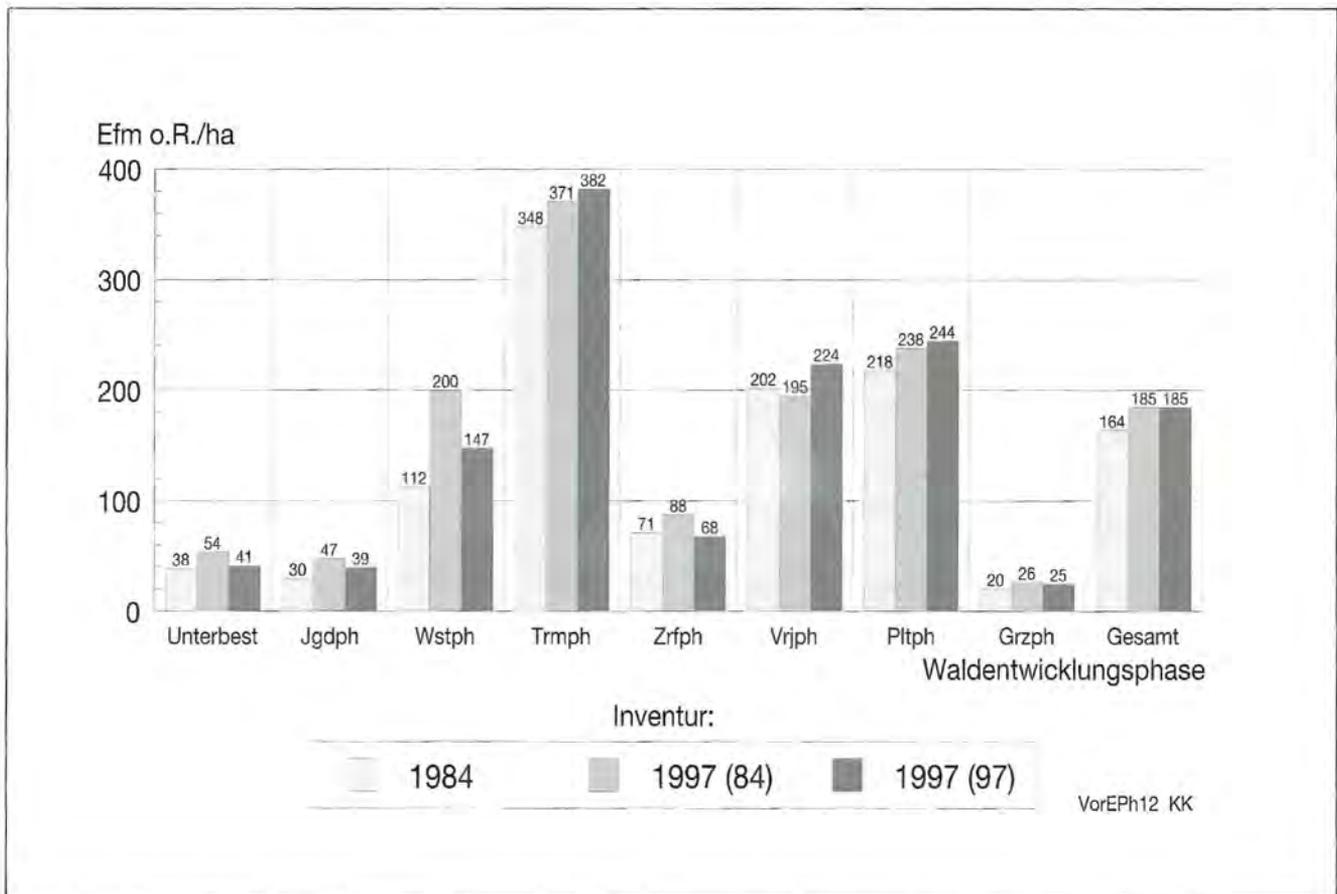
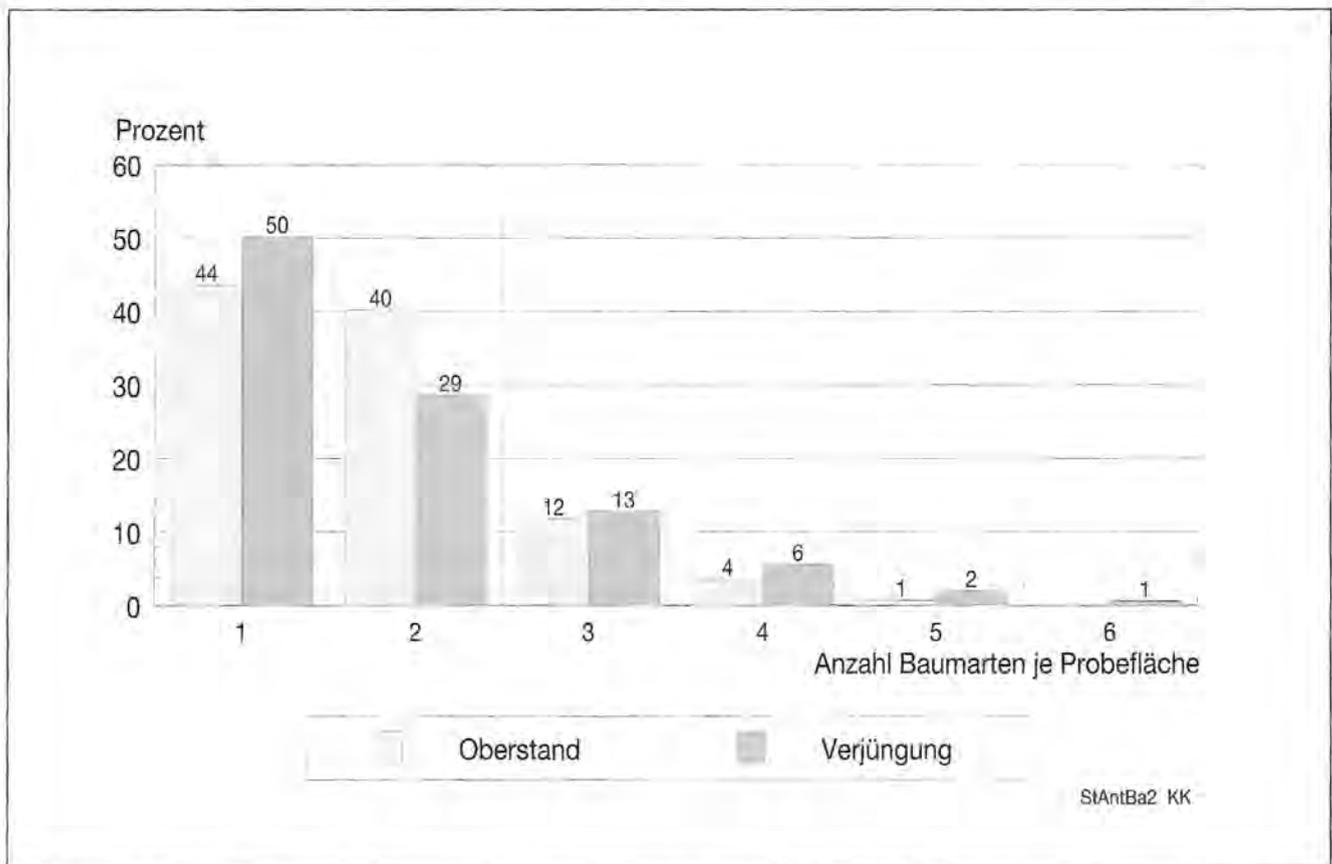


Abb. 3.20: Durchschnittlicher Vorrat/ha nach Waldentwicklungsphasen und Inventuren.



**Abb. 3.21:** Relative Häufigkeiten der Probeflächen bei Folgeinventur mit unterschiedlichen Baumartenanzahlen in Oberstand und Verjüngung.

Je größer ein Baum ist, um so mehr steigt auch seine Eignung als Habitat für eine ganze Reihe von Tierarten und anderen Organismen. Die Verteilung des Holzvorrates auf Durchmesserstufen eignet sich gut, um eine Vorstellung über die Größenverteilung der Bäume zu erhalten. Die vergleichende Darstellung dieser Verteilungen bei der Erst- und bei der Folgeinventur kann auch die Entwicklungstendenz aufzeigen.

Die Verteilung weist die größten Vorratsanteile in den mittleren Durchmesserstufen auf, was sicherlich auf die Entnahmen aus der Vergangenheit zurückzuführen ist. Zwischen der Verteilung der Erst- und Folgeinventur ist eine Verschiebung des Höchstanteils von der BHD-Stufe 35 cm bis 39 cm zu der nächst höheren zu verzeichnen. Der Anteil der stärksten BHD-Stufe (die Durchmesser von 61 cm bis 142 cm beinhaltet) hat zwischen den Inventuren von 16 % auf über 17 % zugenommen.

Die Darstellungen zeigen auch die Baumartenanteile sehr deutlich. Die Fichte, Lärche und Buche stellen die Hauptbaumarten dar; die übrigen Baumarten spielen mengenmäßig nur eine untergeordnete Rolle.

### 3.7 Entwicklungsphasen

Eine strukturell deutlich unterscheidbare Entwicklungsstufe von Waldbeständen wird als Entwicklungsphase bezeichnet (MAYER, 1976).

Bei der Erstinventur von 1984 wurden für die Bestände des Nationalparks sieben Entwicklungsphasen anhand

von mehreren Parametern der Probefläche numerisch definiert (RALL, 1990). Die Definitionen wurden bei der Folgeinventur unverändert übernommen und in die Auswertungsprogramme eingebaut.

#### Flächenanteile der Entwicklungsphasen

Die Plenterphase (Abbildung 3.19) hat 1997 mit 30 % den größten Anteil gefolgt von der Terminalphase mit 21 %. Die Jugend-, Wachstums- und Zerfallsphase nehmen Anteile von 8 % bis 11 % ein, die Verjüngungsphase 4 % und die Grenzphase 1,5 %. Außer diesen strukturdefinierten Entwicklungsphasen sind noch Blößen mit 12 % und unterbestockte Flächen mit 1 % vertreten. Die Plenterphase stellt die stärkstrukturierte Entwicklungsphase dar, die auch die größte Stabilität gegenüber biotischen und abiotischen Faktoren erwarten lässt. Der Anstieg dieser Phase von 27 % auf 30 % im Zeitraum 1984 bis 1997 ist daher positiv zu bewerten.

Der Anstieg der Blößen und unterbestockten Flächen um ca. 1 % geht auf die Stürme von 1990 sowie die Bestrebungen der Nationalparkverwaltung, die Waldflächen mit Waldweiderechten zu reduzieren (Wald-Weide-Trennungen), zurück.

#### Vorrat/ha nach Entwicklungsphasen

Den größten Vorrat/ha (ca. 380 Efm/ha) hat erwartungsgemäß die Terminalphase gefolgt von der Plenter- und Verjüngungsphase mit 220 bis 240 Efm/ha; die kleinsten

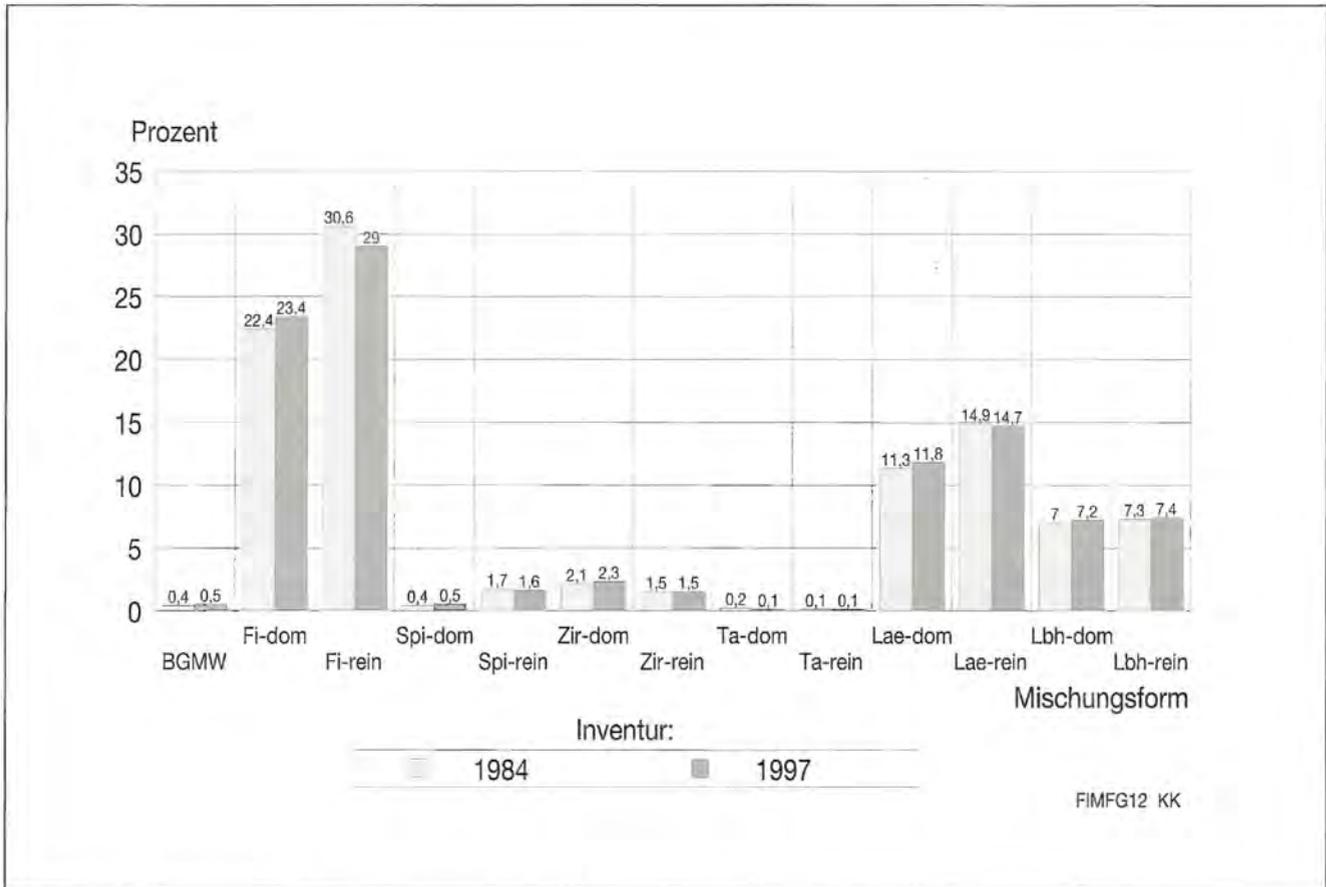


Abb. 3.22: Flächenverteilung nach Mischungsformen und Inventuren.

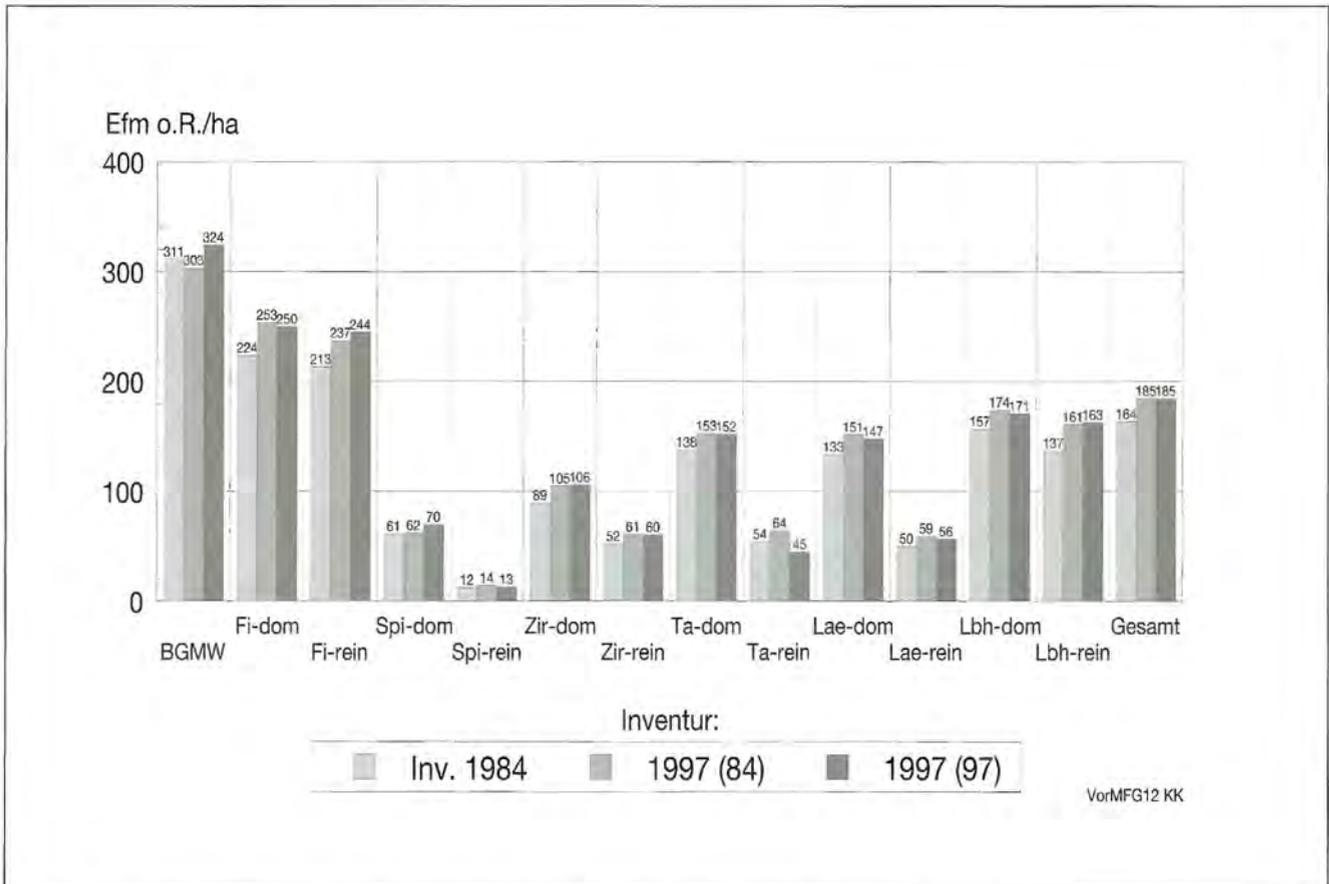
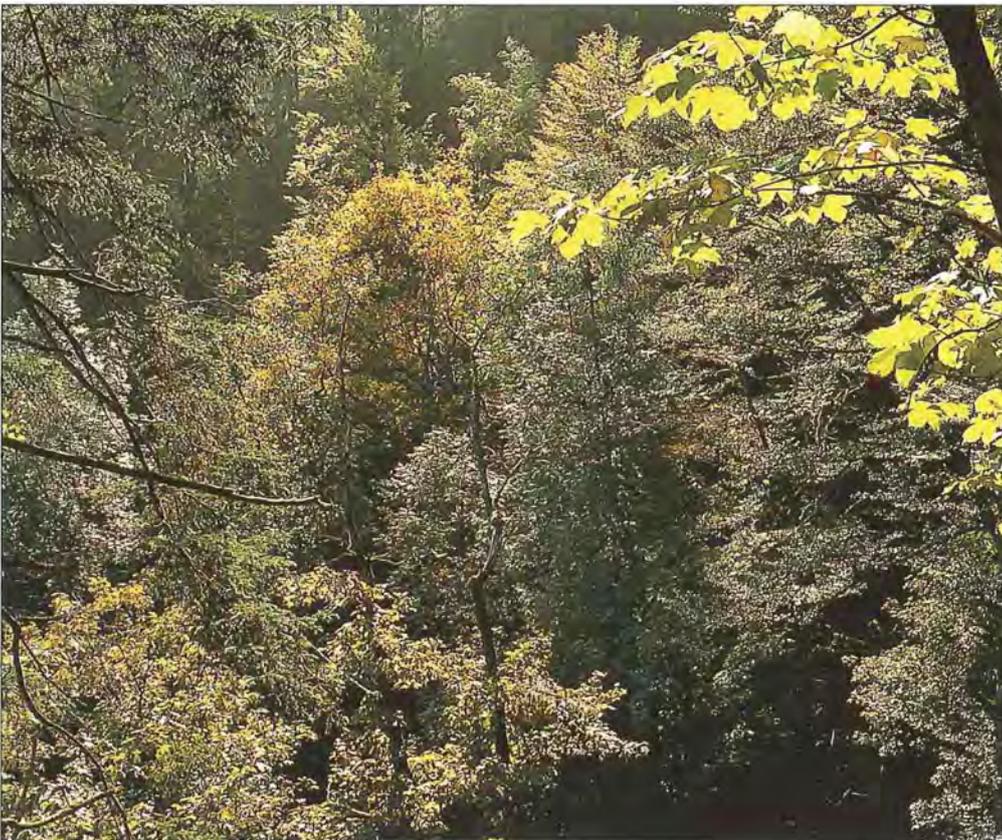


Abb. 3.23: Durchschnittlicher Vorrat/ha nach Mischungsformen und Inventuren.



Neben den z.Z. noch vorhandenen Fichtenforsten in den Tief- und Mittellagen, sind im Nationalpark viele naturnahe und natürliche Mischungsformen verbreitet:

- a) Oben:**  
Lärchenwald im Watzmannkar,
- b) Mitte links:**  
Spirkenbestand im Wimbachtal,
- c) Mitte rechts:**  
Zirben auf der Reiteralm,
- d) Links:**  
Laubholzreicher Bergmischwald am Steinberg (Eckau).

Vorräte haben die Grenzphase mit 25 Efm/ha, die Jugendphase mit 39 Efm/ha und die Zerfallsphase mit 68 Efm/ha.

Der Anstieg des Vorrats zwischen den Inventuren auf der einheitlichen Flächenbasis von 1984 ist die Differenz zwischen dem mittleren und linken Balken. Der rechte Balken stellt die Mittelwerte für den Zeitpunkt der Folgeinventur auf der Flächenverteilung von 1997 dar und bildet somit die Vergleichsbasis für die nächste Inventur. Den größten Anstieg an Vorrat in der Zeitspanne zwischen den Inventuren verzeichnet die Wachstumsphase mit 88 Efm/ha. Leicht abnehmende Vorräte verzeichnet die Verjüngungsphase (-7 Efm/ha).

### 3.8 Mischungsformen

#### Anzahl der Baumarten und Altersstufen in den Probeflächen

Auf 44 % der Probeflächen wird in der Oberschicht nur eine Baumart angetroffen, auf den restlichen sind es hingegen zwei bis sechs Baumarten, bzw. auf 56 % der Fläche gibt es Baumartenmischungen. Ähnlich ist es in den Verjüngungskreisen, wo auf 50 % der Fläche Baumartenmischungen vorhanden sind (Abbildung 3.21).

Für die Ausscheidung von Mischungsformen wurden bei der Erstinventur Rechenvorschriften entwickelt (RALL, 1990), die auch bei der Folgeinventur verwendet wurden. Danach gelten als Reinbestände jene Probeflächen, wo eine Baumart minimum 85 % der Grundfläche inne hat. Die Mischungsform Bergmischwald hat einen Fichtenanteil größer als 15 %, Tannenanteil über 10 % und Laubholzanteil über 15 %. Für den Rest der Mischungsformen gilt: die erstgenannte Baumart hat den größten Grundflächenanteil, die zweitgenannte den zweitgrößten Grundflächenanteil, die restlichen werden

im Namen nicht berücksichtigt.

#### Flächenanteile nach Mischungsformgruppen

In Abbildung 3.22 sind die Flächenanteile nach Mischungsformen dargestellt. Vorherrschend sind die Mischungsformen Fi-rein mit 29 % und Fi-dom mit 23 %. Es folgen LÄ-rein (15 %), LÄ-dom (12 %), LBh-dom sowie die Mischungsformgruppe LBh-rein mit jeweils 7 %. Kleine Anteile nehmen die Mischungsformgruppen mit Zirbe und Spirke ein. Die Mischungsform Bergmischwald (BGMW) sowie jene mit Tanne haben verschwindend kleine Flächenanteile.

Gegenüber der Erstinventur hat der Anteil der Mischungsform Fi-rein von 30,6 % auf 29 % abgenommen und die Anteile der Mischungsformen Fi-dom, Zir-dom, LÄ-dom und LBh-dom leicht zugenommen. Dieses sind, wenn auch noch nicht statistisch abgesichert, erste Indizien einer Entwicklung von reinen Fichtenbeständen zu mehr Mischbeständen hin.

#### Durchschnittliche Vorräte/ha nach Mischungsformgruppen

In Abb. 3.23 ist der durchschnittliche Vorrat nach Mischungsformen und Inventuren dargestellt. Der linke Balken ist der Vorrat bei der Erstinventur 1984, der mittlere Balken der Vorrat bei der Folgeinventur 1997 bezogen auf die Flächenanteile von 1984 (Vergleich derselben Fläche zu 2 verschiedenen Zeitpunkten). Der rechte Balken ist der Vorrat berechnet für den Flächenanteil der Mischungsform von 1997 und stellt den Referenzwert für die nächste Inventur dar.

Die Vorratsakkumulation zwischen 1984 und 1997 beträgt im Mittel 21 Efm/ha und schwankt zwischen 29 Efm/ha (Fi-dom) und -8 Efm/ha bei BGMW (Windwürfe).

Tab. 4.5: Durchschnittliche Maßzahlen für die Distrikte bei der Folgeinventur 1997.

Distrikt	Alter	N	G	V	iV	BG
	Jahre	/ha	m <sup>2</sup> /ha	Efm o.R./ha	Efm o.R./a/ha	
V Scharitzkehl	119.0	410.37	18.67	155.74	2.88	0.534
VII Jenner	149.2	423.97	27.47	244.18	3.80	0.742
VIII Seewände	179.2	331.61	25.78	233.94	3.32	0.749
IX Priesberg	155.1	352.99	22.82	194.16	2.96	0.675
X Gotzen	180.9	263.48	34.26	292.23	3.45	0.976
XI Laafeld	173.2	324.17	47.73	466.55	5.72	1.040
XII Obersee	139.7	322.41	19.03	184.82	3.14	0.535
XIII Landtal	215.7	224.77	28.58	321.76	3.56	0.750
XIV Röht	198.6	166.35	22.02	204.06	2.23	0.576
XV Funtensee	190.6	68.86	6.61	36.68	0.44	0.326
XVI Sagerock	200.7	162.87	20.74	178.94	1.78	0.584
XVII Schrainbach	184.3	184.19	13.91	128.97	1.70	0.449
XVIII Eis	127.9	428.54	17.54	176.72	2.90	0.575
XIX Roint	138.3	422.55	23.38	205.63	3.44	0.647
XX Schapbach	136.9	548.32	26.18	222.03	3.93	0.753
XXI Wimbach	151.2	326.45	14.73	118.57	1.89	0.455
XXII Steinberg	122.1	735.41	27.05	222.61	4.50	0.810
XXIII Hintersee Schatts.	158.8	473.32	24.27	196.83	3.16	0.725
XXIV Hintersee Sonnseite	152.3	364.09	18.77	153.39	2.25	0.569
XXV Reiteralm	215.2	130.04	15.09	94.10	1.20	0.662
Nationalpark gesamt	159.2	368.84	21.61	184.58	2.84	0.643

Die größten Vorräte (ca. 300 Efm/ha) werden bei den Mischungsformgruppe BGMW registriert, gefolgt mit ca. 250 Efm/ha bei den Mischungsformen Fi-dom und Fi-rein; die kleinsten Vorräte verzeichnen die Mischungsformen Spi-rein, Zir-rein und Lä-rein (unter 60 Efm/ha). Die Tatsache, daß die Mischungsformen der Reinbestände von Spirke, Zirbe, Tanne und Lärche Vorräte/ha aufweisen, die weit unter den jeweiligen Vorräten der Bestände mit Beimischungen liegen, läßt sich dadurch erklären, daß die Fichte als Mischbaumart dieser Bestände zu der Vorratssteigerung beiträgt.

### 3.9 Durchschnittliche Maßzahlen für die Distrikte bei der Folgeinventur

Zwischen den Distrikten des Nationalparks bestehen hinsichtlich ihrer mittleren Maßzahlen große Unterschiede. Die höchsten durchschnittlichen Alter, über 190 Jahre, haben die entlegenen Distrikte XXV Reiteralm, XIII Landtal, XVI Sagereck, XIV Röhrt und XV Funtensee; die jüngsten, mit Alter unter 130 Jahren, sind die Distrikte V Scharitzkehl, XXII Steinberg und XVIII Eis.

Hohe Vorräte sind in den Distrikten XI Laafeld (467 Efm o.R./ha), XIII Landtal (322 Efm o.R./ha) und X Gotzen (292 Efm o.R./ha) vorhanden, sehr kleine dagegen in den Distrikten XXV Reiteralm (94 Efm o.R./ha) und XV Funtensee (37 Efm o.R./ha).

Die mittleren Grundflächen pro ha schwanken zwischen 48 m<sup>2</sup>/ha (Distrikt XI Laafeld) und 7 m<sup>2</sup>/ha (Distrikt XV Funtensee) und sind eng mit den durchschnittlichen Vorräten korreliert.

Die mittlere Stammzahl pro ha ist in den jüngsten Distrikten erwartungsgemäß am höchsten: 735 N/ha in Distrikt XXII Steinberg und 548 N/ha in Distrikt XX Schapbach. In den Distrikten der subalpinen Hochlagen ist die durchschnittliche Stammzahl pro ha sehr klein: 130 N/ha in Distrikt XXV Reiteralm und 69 N/ha in Distrikt XV Funtensee.

Der durchschnittliche Volumenzuwachs zwischen den Inventuren ist in Distrikt XI Laafeld mit 5,7 Efm o.R./a/ha am höchsten; es folgen die Distrikte XXII Steinberg mit 4,5 Efm o.R./a/ha und XX Schapbach mit 3,9 Efm o.R./a/ha. Die kleinsten Volumenzuwächse registrieren wieder die Distrikte XV Funtensee mit 0,4 Efm o.R./a/ha und XXV Reiteralm mit 1,2 Efm o.R./a/ha. Die hohen Zuwächse sind teilweise auf das jüngere Alter (Distrikte XX Schapbach und XXII Steinberg) und teilweise auf den hohen Bestockungsgrad (Distrikte X Gotzen und XI Laafeld) zurückzuführen. Die sehr kleinen Zuwächse sind sowohl auf das hohe Alter als auch auf den geringen Bestockungsgrad und vor allem auf die subalpine Höhenlage der Distrikte XV Funtensee und XXV Reiteralm zurückzuführen.

## 4 Vergleich der Inventurmethode

Die gleichzeitige Aufnahme nach der Methode der konzentrischen Kreise (KK-Methode) und der Methode der Winkelzählprobe (WZP-Methode) erlaubt einen zeitgleichen Vergleich der beiden Inventurverfahren für die Folgeinventur 1995–1997.

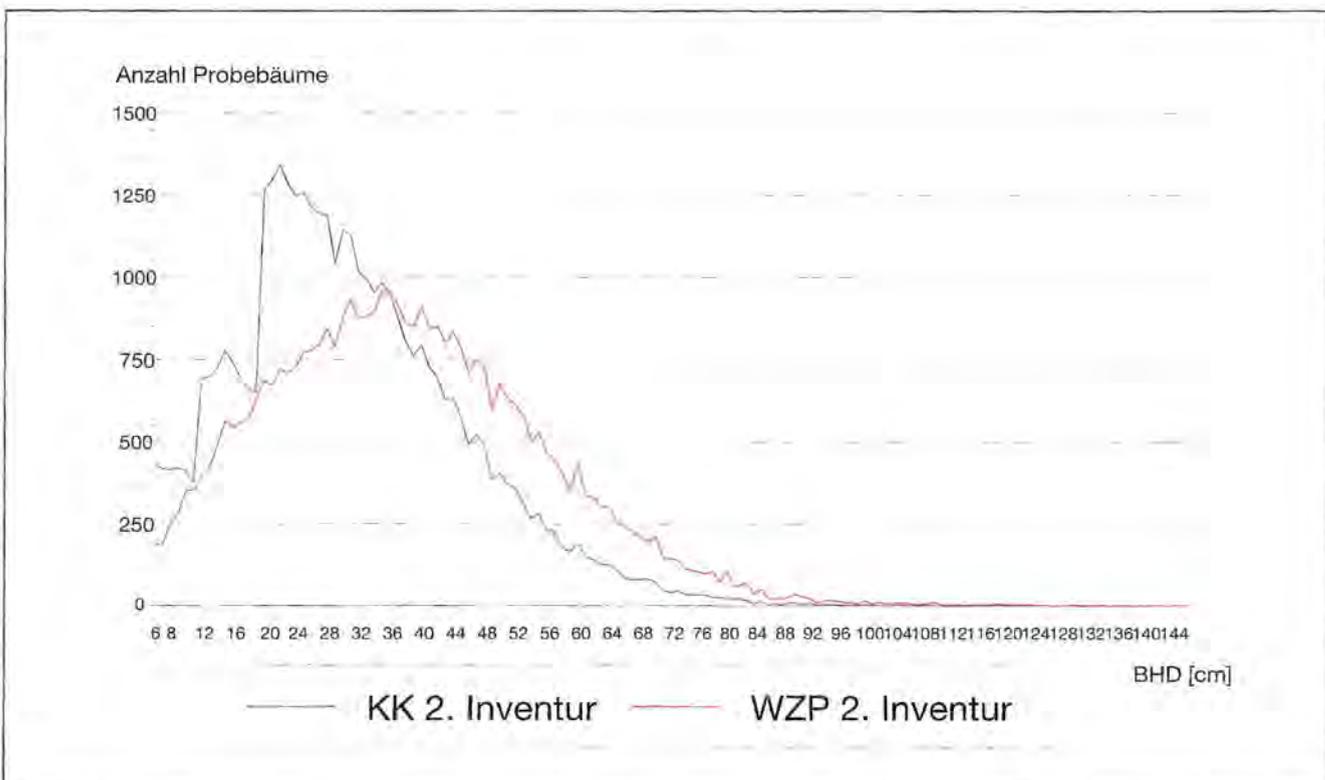


Abb. 4.1: Anzahl der Probebäume bei 2. Inventur über dem BHD nach den Methoden der konzentrischen Kreise und der Winkelzählprobe.

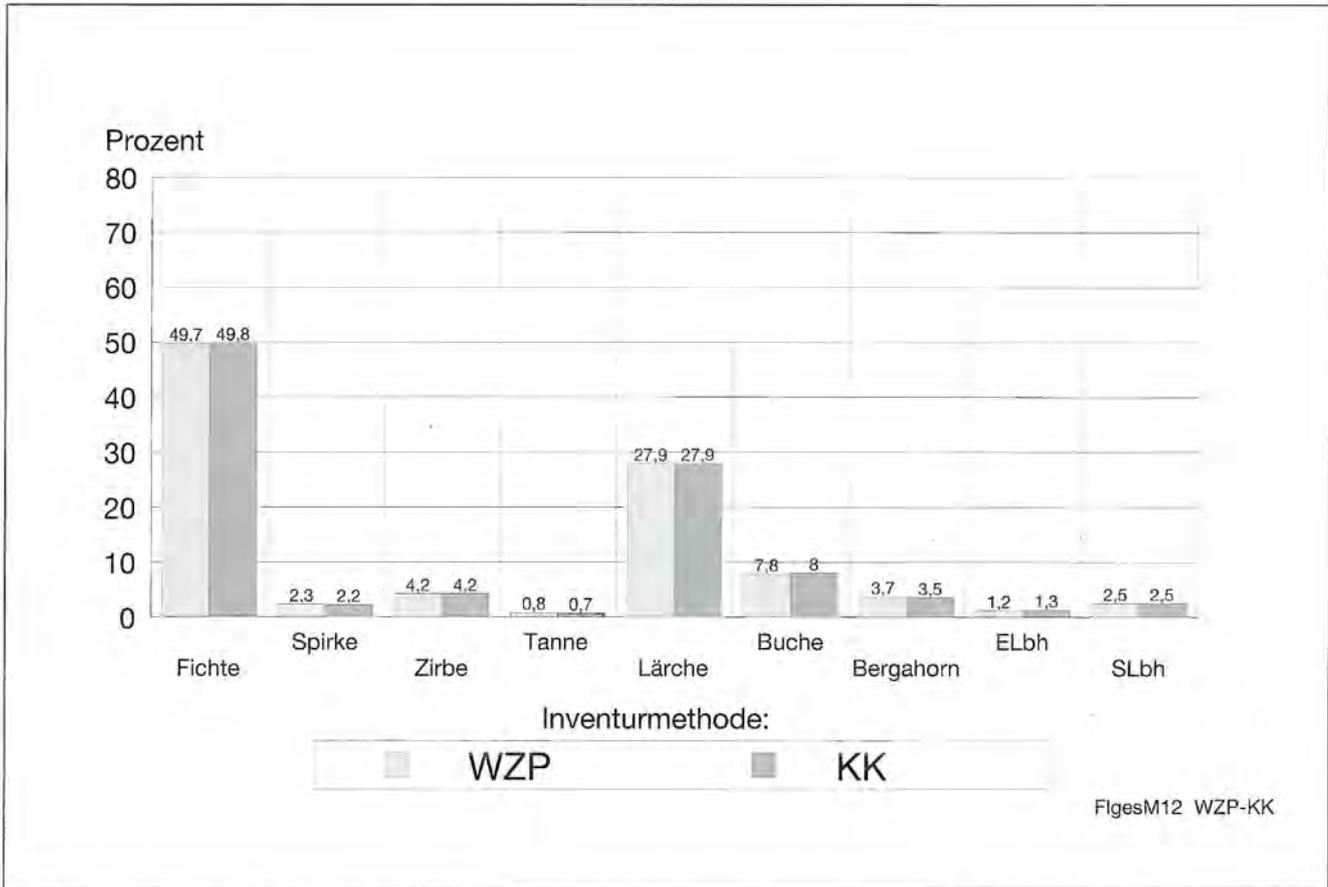


Abb. 4.2: Vergleich der Flächenanteile 1997 nach Inventurmethode und Baumartengruppen, Nationalpark gesamt.

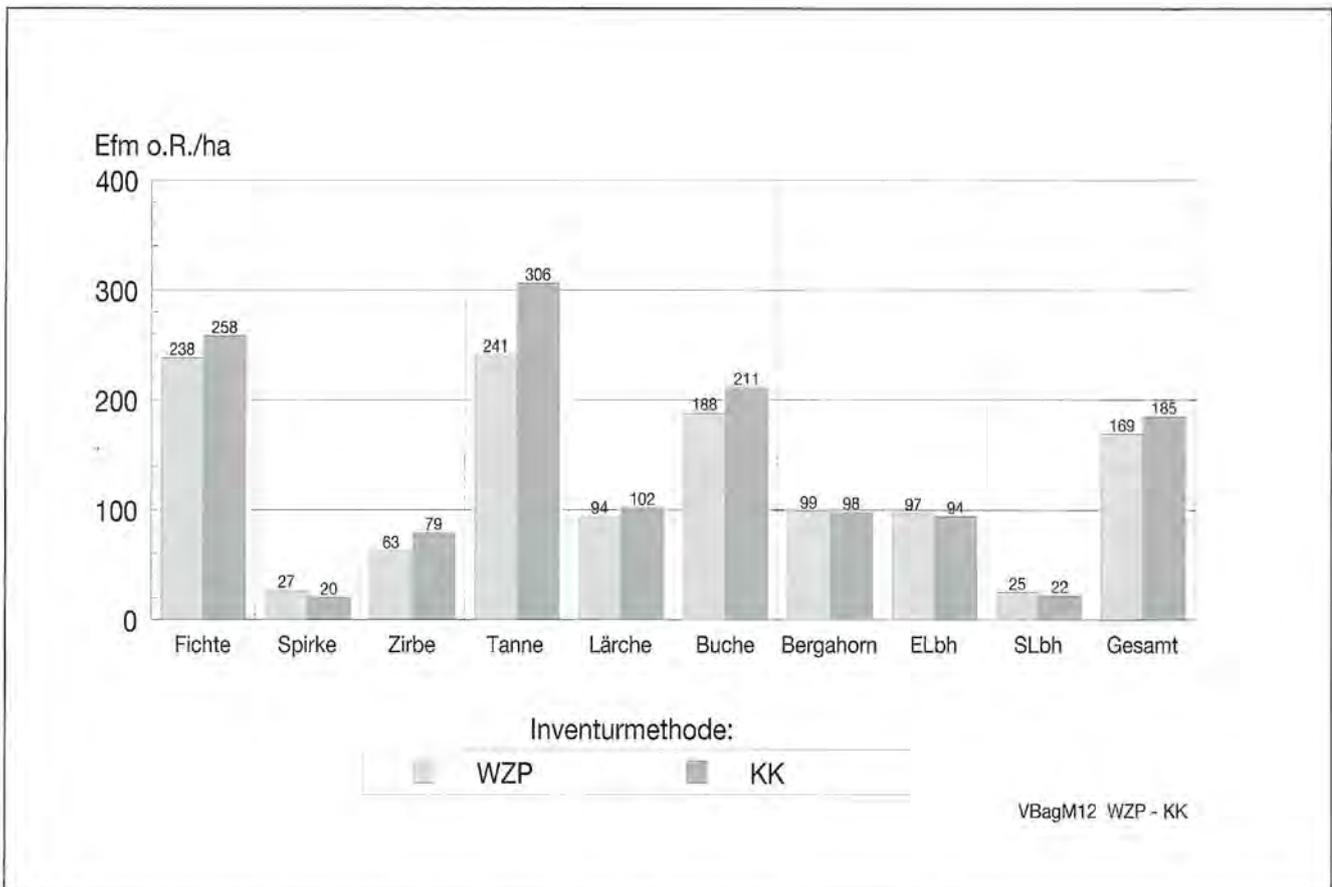


Abb. 4.3: Durchschnittlicher Vorrat/ha 1997 nach Inventurmethode und Baumartengruppen.

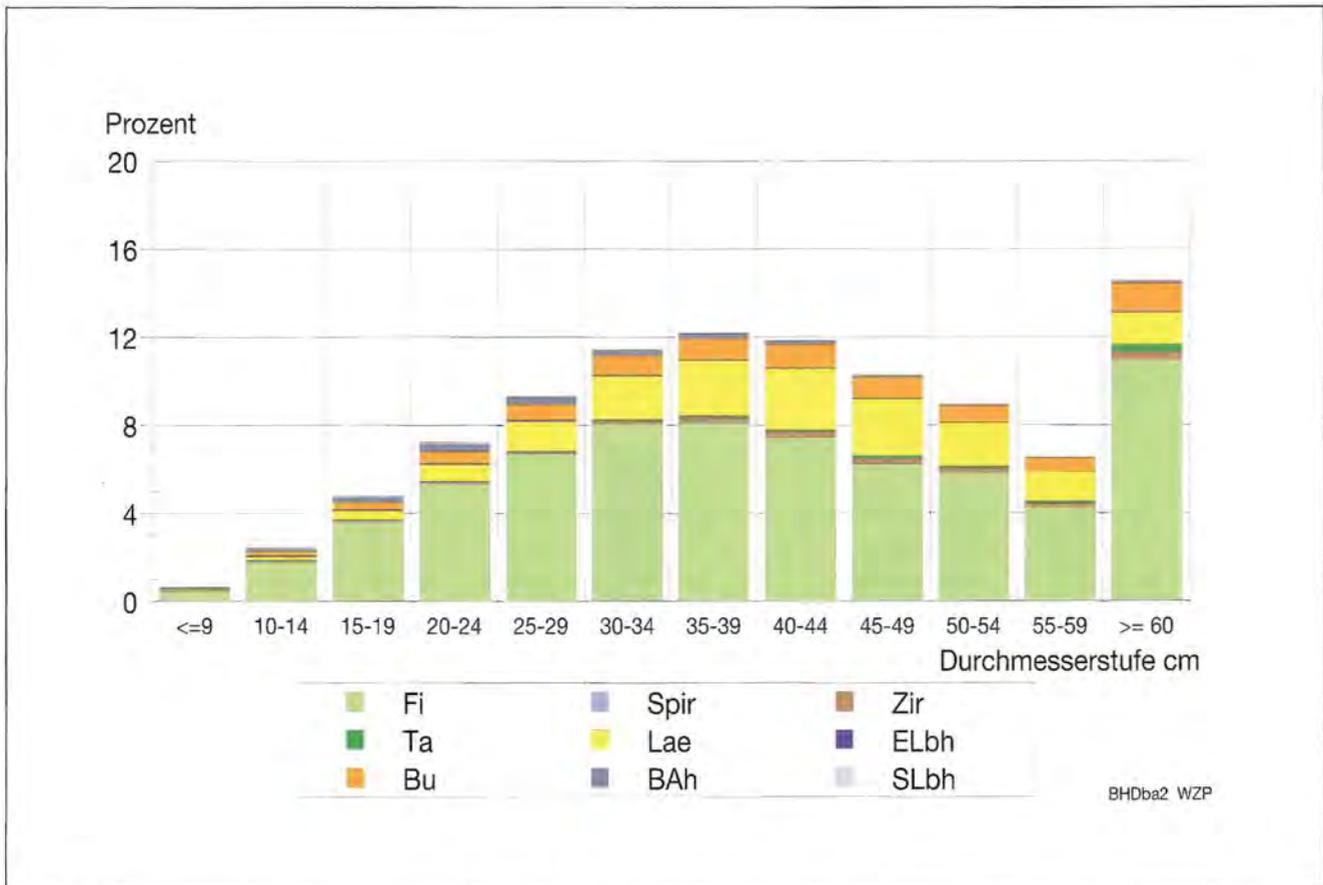


Abb. 4.4: WZP-Inventur 1997. Verteilung des Vorrats nach BHD-Stufen und Baumartengruppen, Nationalpark gesamt.

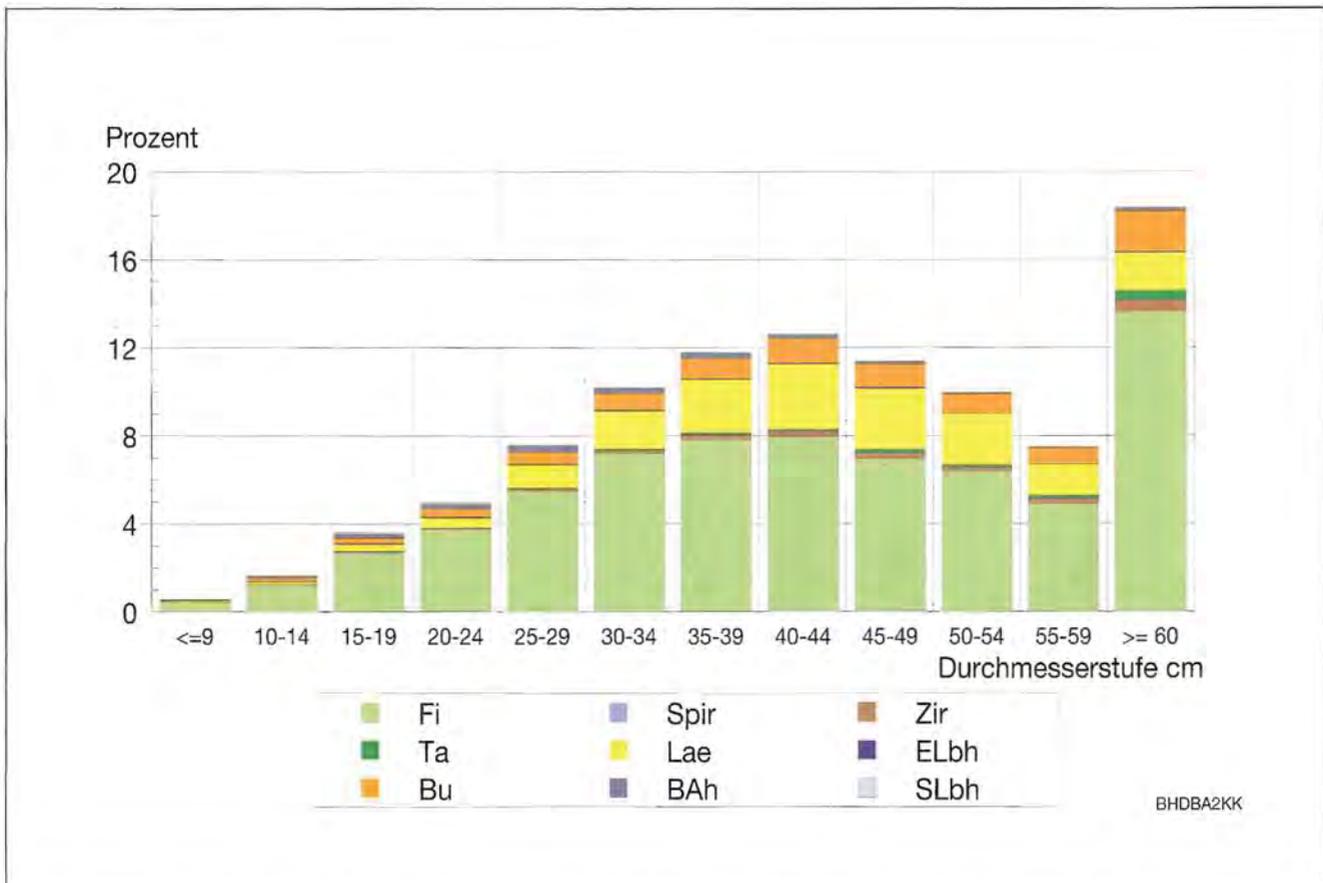


Abb. 4.5: KK-Inventur 1997. Verteilung des Vorrats nach BHD-Stufen und Baumartengruppen, Nationalpark gesamt.

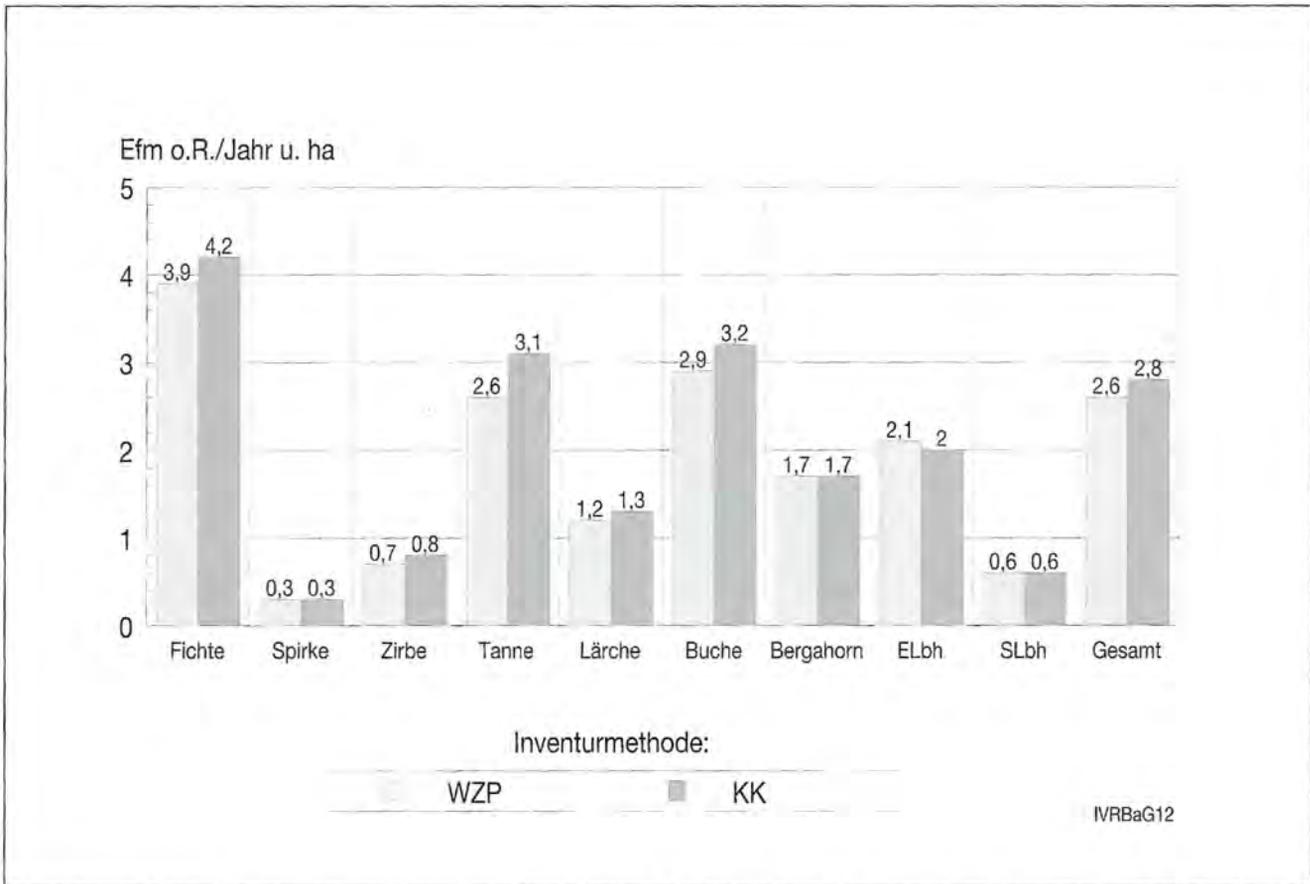


Abb. 4.6: Realzuwachs/Jahr und ha zwischen den Inventuren 1984 und 1997 nach Inventurmethode und Baumartengruppen.

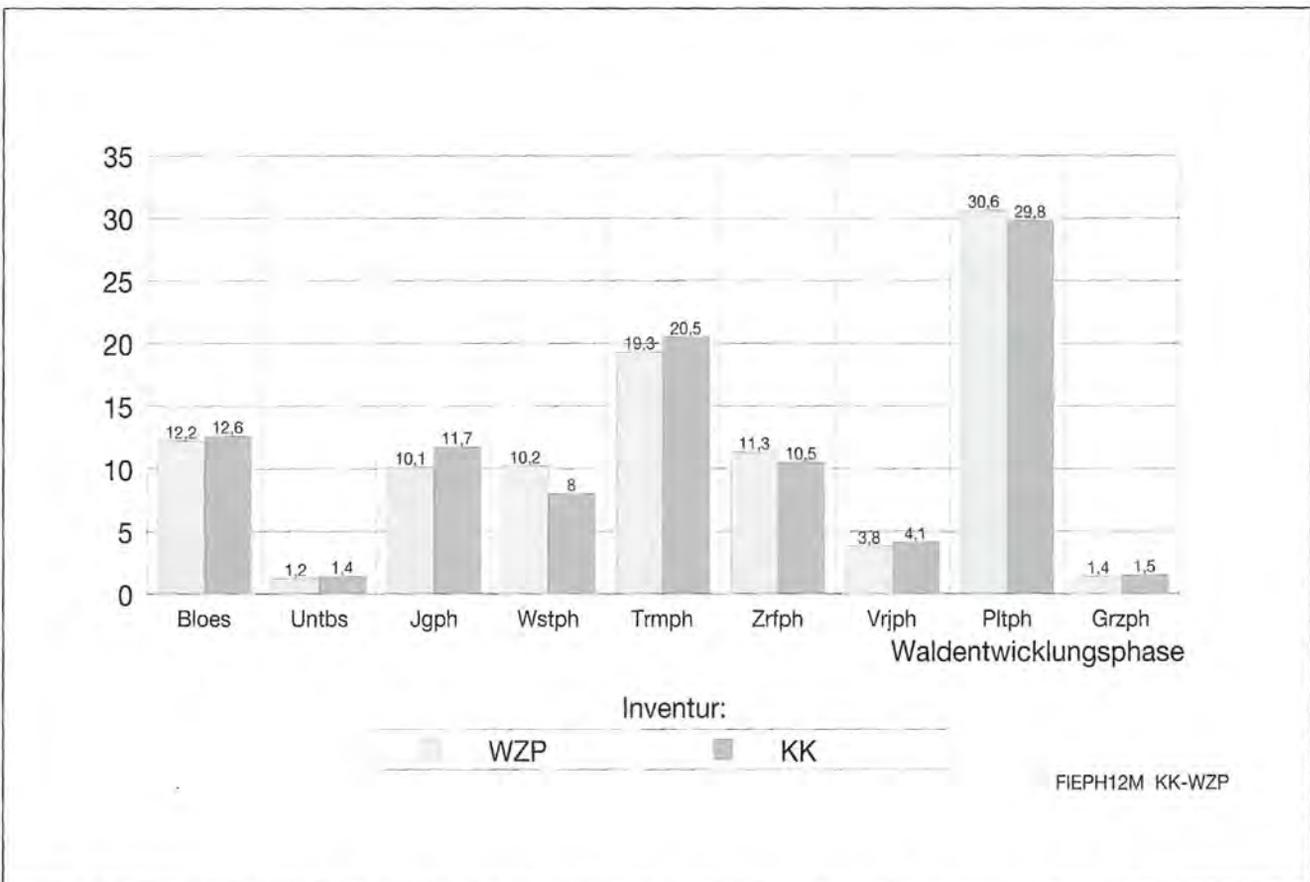
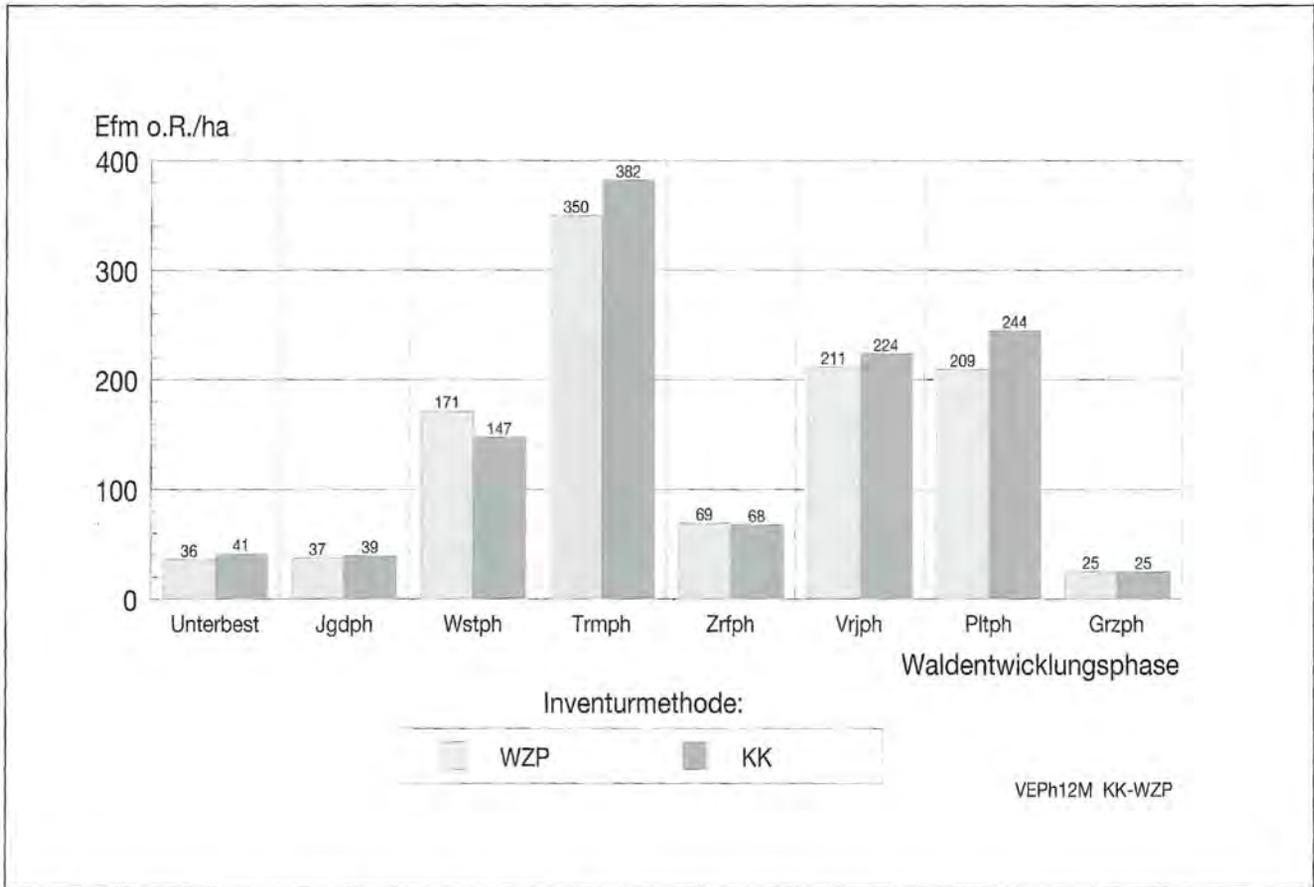
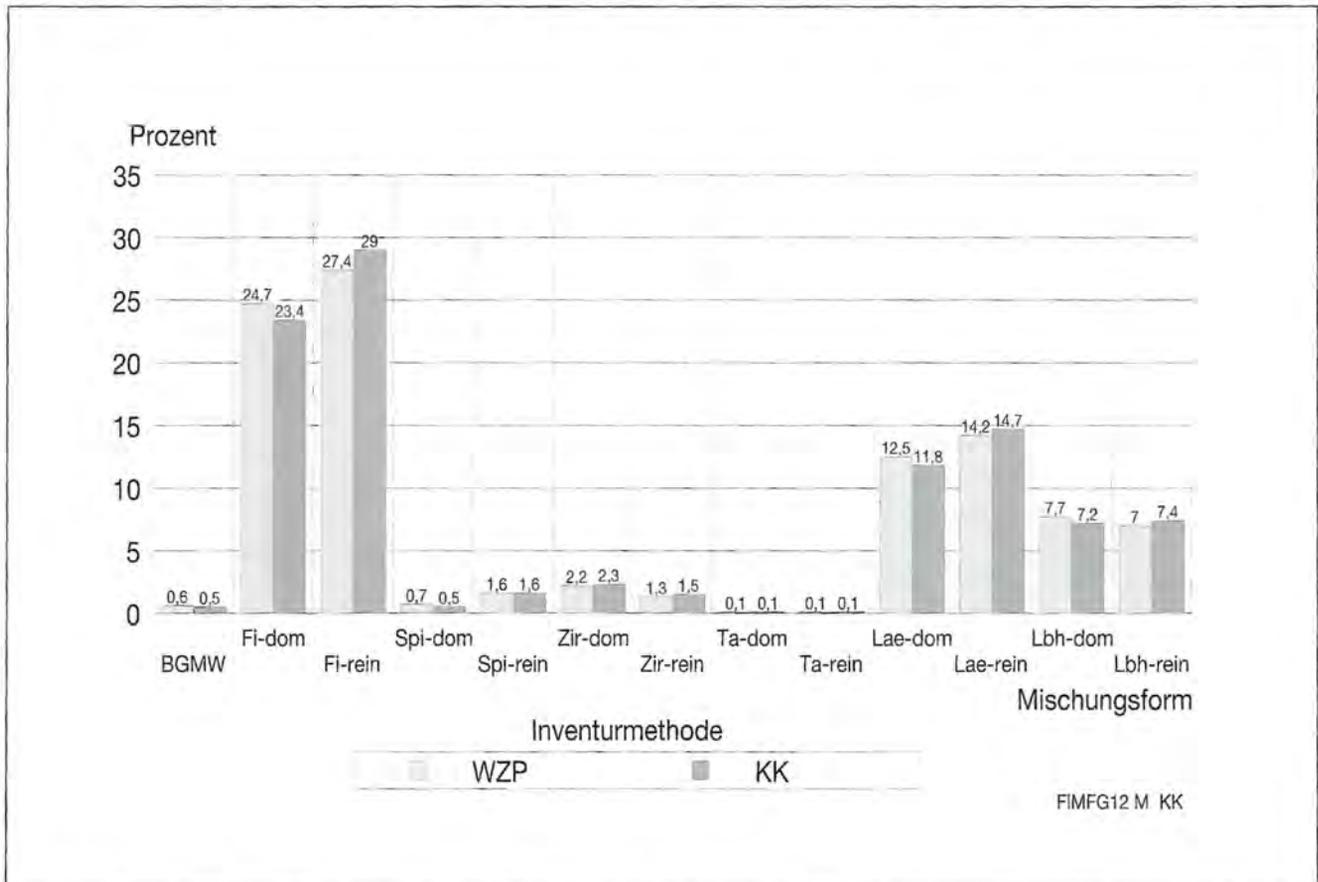


Abb. 4.7: Flächenverteilung 1997 nach Waldentwicklungsphasen und Inventurmethode, Nationalpark gesamt.



**Abb. 4.8:** Durchschnittlicher Vorrat/ha 1997 nach Waldentwicklungsphasen und Inventurmethode, Nationalpark gesamt.



**Abb. 4.9:** Flächenverteilung 1997 nach Mischungsformen und Inventurmethode.

#### 4.1 BHD-Verteilung der Probebaumanzahlen

Wie aus Abbildung 4.1 zu sehen ist, beinhaltet das Inventurverfahren der Winkelzählprobe weniger schwache Bäume und mehr starke Bäume im Vergleich zu dem Verfahren der konzentrischen Kreise. Im Nationalpark Berchtesgaden ist es wegen dem Überhang an alten und sehr alten Beständen (mit relativ starken Durchmessern) nicht zu einer übermäßigen Steigerung der Probebäume aus dem schwachen Durchmesserbereich gekommen. Insgesamt sind 40.538 Probebäume in der KK-Stichprobe gegenüber 40.120 Probebäumen in der WZP-Stichprobe enthalten, bzw. die KK-Stichprobe enthält nur 1 % mehr Probebäume als die WZP-Stichprobe. Im jüngsten Distrikt XXII Steinberg sind dagegen 4827 Probebäume in der KK-Stichprobe gegenüber 3808 Probebäume der WZP-Stichprobe und damit 27 % mehr Probebäume.

#### 4.2 Baumarten und Baumartengruppen

##### Flächenverteilung

Die Flächenverteilung nach Baumartengruppen ist nach beiden Inventurmethode praktisch gleich. Die Differenzen, die höchstens 0,2 % betragen, sind alle nur zufälliger Natur (Abbildung 4.2).

#### Durchschnittliche Vorräte

Der durchschnittliche Vorrat auf Nationalparkebene ist nach der Methode der konzentrischen Kreise um 9 % höher als nach der Methode der Winkelzählprobe (185 Efm o.R./ha gegenüber 169 Efm o.R./ha) (Abb. 4.3). Diese statistisch abgesicherte Differenz kann durch das Übersehen von starken, relativ weit entfernten Bäumen in unübersichtlichem Gelände und/oder in mehrschichtigen Beständen bei der Winkelzählprobe teilweise erklärt werden. Der äußerste 500 m<sup>2</sup> Probekreis der Methode der konzentrischen Kreise, mit seinem einheitlichen Radius, ist bei den Außenaufnahmen erfahrungsgemäß leichter einzuhalten als der nach dem BHD schwankende Radius der Winkelzählprobe. Nach Baumartengruppen streuen die Differenzen zwischen +65 (Tanne) und -7 (Spirke). Die Differenzen sind zufälliger Natur bei den Baumartengruppen Spirke, Tanne, Lärche, Bergahorn, Edellaubholz und sonstiges Laubholz und statistisch signifikant bei den Baumartengruppen Fichte, Buche und Zirbe.

##### Vorratsverteilung nach BHD-Stufen und Baumarten

In den Abbildungen 4.4 und 4.5 sind die Vorratsverteilungen der Inventur von 1997 nach den beiden Inventurmethode gegenübergestellt. Die Vorratsverteilung

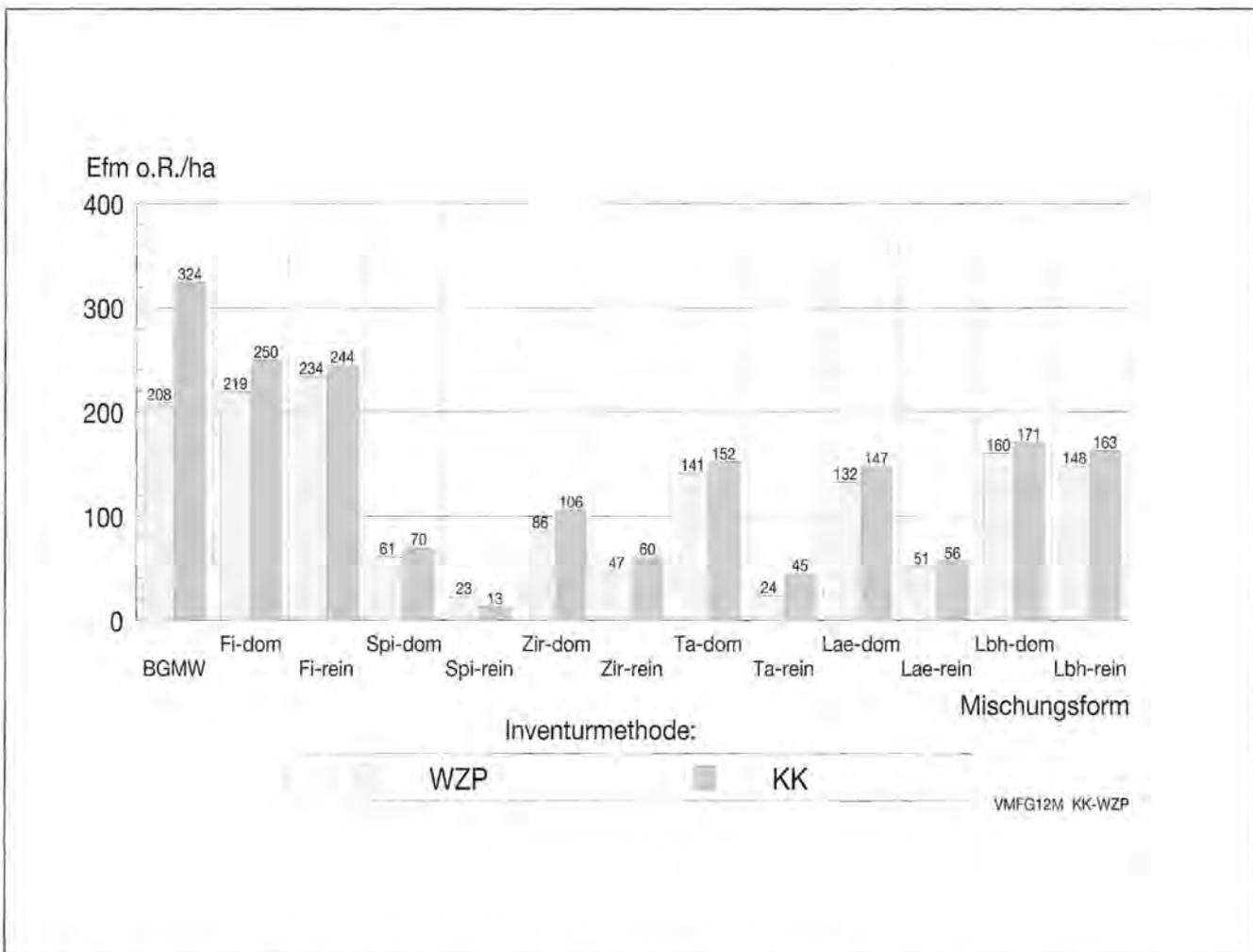


Abb. 4.10: Durchschnittlicher Vorrat/ha 1997 nach Mischungsformen und Inventurmethode.

nach der WZP-Methode hat größere Anteile als die nach der KK-Methode in den BHD-Stufen bis einschließlich 35–39 cm. Die Verteilung nach der KK-Methode hat ab der BHD-Stufe 40–44 cm größere Anteile als jene nach der WZP-Methode. Besonders gut ersichtlich ist die Differenz in der BHD-Stufe  $\geq 60$  cm: ca 18 % nach der KK-Methode gegenüber ca. 14 % nach der WZP-Methode. Diese Unterschiede in den Verteilungen gehen auf die unterschiedlichen Verteilungen der Probebäume nach Inventurverfahren sowie die methodenspezifischen Hochrechnungen der Stammzahlen auf ha Werte zurück.

#### **Durchschnittlicher Real-Zuwachs zwischen den Inventuren**

Der durchschnittliche reale Zuwachs zwischen den Inventuren von 1984 und 1997 (Abbildung 4.6) liegt nach der KK-Methode bei 2,8 Efm o.R./a/ha und bei der WZP-Methode bei 2,6 Efm o.R./a/ha. Nach Baumartengruppen schwankt die Differenz zwischen 0,5 Efm o.R./a/ha (Tanne) und  $-0,1$  Efm o.R./a/ha (Edellaubholz), ist jedoch nur bei der Fichte statistisch abgesichert.

#### **4.3 Entwicklungsphasen und Mischungsformgruppen**

##### **Durchschnittliche Vorräte nach Entwicklungsphasen**

Die Flächenanteile der Waldentwicklungsphasen nach den beiden Inventurmethode (Abbildung 4.7) sind annähernd gleich, die größte Differenz beträgt nur 2,8 % (Wachstumsphase).

Die durchschnittlichen Vorräte pro ha der Entwicklungsphasen nach den Inventurmethode (Abbildung 4.8) weisen, neben einer allgemeinen Gleichläufigkeit, auch statistisch abgesicherte Differenzen bei der Wachstumsphase ( $-24$  Efm o.R./ha), Terminalphase ( $+32$  Efm o.R./ha) und Plenterphase ( $+35$  Efm o.R./ha) auf. Diese Differenzen weisen auf die methodenspezifischen Struktur-differenzen auf den Probeflächen (Anzahl der Baumarten und Altersstufen, Durchmesser- und Höhengspreitung, Stammzahlen/ha u.a.) hin.

##### **Durchschnittliche Vorräte nach Mischungsformen**

Die Flächenanteile der Mischungsform(gruppen) (Abbildung 4.9) berechnet nach den beiden Inventurmethode, weisen eine sehr gute Übereinstimmung auf. Die größte Differenz beträgt nur 1,6 %.

Die Differenz der durchschnittlichen Vorräte pro ha ist bei 9 der 13 Mischungsformgruppen zufälliger Natur. Bei den Mischungsformen Bergmischwald (BGMW), Fichte dominant, Zirbe dominant und Tanne rein werden bei der Methode der konzentrischen Kreise (KK) signifikant höhere Vorräte pro ha gegenüber der Methode der Winkelzählprobe (WZP) ermittelt. Diese Differenzen gehen sowohl auf die unterschiedliche Flächenzusammensetzung der jeweiligen Mischungsformanteile als auch auf die methodenspezifischen Unterschiede bei der Auswahl und Hochrechnung der Probebäume zurück (siehe auch Abschnitt 4.2).

#### **4.4 Genauigkeit der Vorrats- und Zuwachsschätzungen**

Bei einem vorgegebenen permanenten Gitternetz von Probeflächen kann die Genauigkeit der Schätzungen nur festgestellt werden. Eine Verdichtung des Gitternetzes um eine vorgegebene Genauigkeitsschwelle zu unter-schreiten, war bei dieser Folgeinventur nicht vorgesehen. Der durchschnittliche Vorrat pro ha für den ganzen Nationalpark wurde mit einer Genauigkeit von  $\pm 4,9$  Efm o.R./ha (oder  $\pm 2,7$  %) im Falle der KK-Methode und  $\pm 4,2$  Efm o.R./ha (bzw.  $\pm 2,5$  %), bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 %, geschätzt.

Der Vorrat pro ha auf den Probeflächen hat einen Variationskoeffizienten (CV) von 114 % bei der WZP-Methode und einen CV von 121 % bei der KK-Methode. Der jährliche Realzuwachs auf den Probeflächen hat einen CV von 126 % nach der WZP-Methode und einen CV von 124 % nach der KK-Methode. Diese Werte verdeutlichen die sehr große Variabilität der Wälder innerhalb des Nationalparks und Streuungsparameter derselben Größenordnung nach beiden Inventurmethode.

Ohne eine Stratifikation der Wälder in homogenere Schichten wäre für die Bestimmung des Vorrats erst mit 508 bis 562 Probeflächen eine Genauigkeit von 10 %, bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 %, erreicht. Für die Zuwachsschätzung mit derselben Genauigkeit wären sogar 590 bis 610 Probeflächen nötig. Über entsprechende Stratifizierungen, in Distrikte, Entwicklungsphasen und/oder Mischungsformen kann die Genauigkeit der Vorrats- und Zuwachsschätzung in bestimmten Grenzen angehoben werden. Die nachfolgenden Angaben beziehen sich alle auf eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 %.

Nach den beiden Inventurmethode und nach Distrikten (die Bestände aus einem bestimmten Gebiet zusammenfassen) erreichen die Vorrats- und Zuwachsschätzungen eine Genauigkeit von unter  $\pm 10$  % in 10 von insgesamt 20 Distrikten. In weiteren 5 Distrikten liegt die Genauigkeit zwischen  $\pm 10$  % und  $\pm 15$  % und in den restlichen 5 Distrikten zwischen  $\pm 15$  % und  $\pm 20$  %.

Nach Entwicklungsphasen (abgesehen von unterbestockten Flächen und Blößen) wurde für den Vorrat in sechs von sieben Phasen eine Genauigkeit von unter  $\pm 11$  % erreicht, bei der Grenzphase jedoch nur eine Genauigkeit von  $\pm 23$  %. Für den Zuwachs nach Entwicklungsphasen ist die Genauigkeit nur geringfügig kleiner. Nach Mischungsformen liegt die Genauigkeit der Vorratsschätzung für die flächenmäßig gut vertretenen Formen der Fichte, Lärche und des Laubholzes unter  $\pm 10$  %; bei den schwach vertretenen Mischungsformen der Tanne ist die Genauigkeit sehr klein (bis zu  $\pm 45$  %); bei den Mischungsformen der Spirke liegt die Genauigkeit bei  $\pm 20$  % (Spi-rein) und  $\pm 32$  % (Spi-dom) und bei den Mischungsformen der Zirbe bei  $\pm 13$  % (Zir-dom) und  $\pm 30$  % (Zir-rein).

Die Genauigkeit der Zuwachsschätzung für die Mischungsformen der Fichte, Lärche und des Laubholzes liegt bei allen unter  $\pm 10$  %. Für die flächenmäßig

schwach vertretenen Mischungsformen ist die Genauigkeit entsprechend kleiner ( $\pm 15\%$  bis  $\pm 50\%$ ).

### Erfahrungsmäßige Unterschiede bei den Geländeaufnahmen

Die gleichzeitige Aufnahme nach der Methode der Winkelzählprobe und der konzentrischen Kreise im Nationalpark Berchtesgaden hat zwangsläufig auch zu Vergleichen der beiden Aufnahmeverfahren im Gelände geführt.

Bei der Aufnahme in unübersichtlichem Gelände (besonders in der subalpinen Höhenstufe mit Latschen- oder Grünerleengebüschen, in blockübersäten Lagen, in Dickungen und Jungbeständen mit vereinzelt Überhältern) ist die Aufnahme nach der Methode der konzentrischen Kreise einfacher und damit sicherer (weniger übersehene Probepflanzen) gegenüber der Winkelzählprobe. Die Methode der konzentrischen Kreise ist jedoch in dichten Stangenhölzern aufwendiger als die WZP-Methode. In den subalpinen Hochlagen, mit verstreuten, relativ starken Solitärpflanzen, werden nach der WZP-Methode weniger „Blößen“ und mehr „unterbestockte Flächen“ registriert, da der nächste Baum gegenüber dem Mittelpunkt der Probefläche oft schon außerhalb des 500 m<sup>2</sup> Kreises der KK-Methode liegt.

Die Bestimmung oder die Überprüfung der mittleren Neigung der Probeflächen ist bei sehr zerklüftetem Gelände und starken Durchmesser, denen entsprechend große Radien bei der WZP-Methode gegenüber-

stehen, relativ schwierig. Bei dem 12,62 m Radius der KK-Methode bleibt die Probefläche übersichtlicher, zeitkonstant und erleichtert dadurch die Bestimmung.

## 5 Der ausgeschiedene Bestand

Zwischen der Erstinventur (1984) und der Folgeinventur (1997) sind ein Teil der Bäume aus natürlichen Gründen ausgefallen oder durch Pflegemaßnahmen gefällt und teilweise auch verwertet worden. Einer der Vorteile einer permanenten Stichprobeninventur, gegenüber temporären Stichprobeninventuren, ist, dass der ausgeschiedene Bestand aus den beiden zusammenhängenden Aufnahmen geschätzt werden kann. Im Nationalpark Berchtesgaden konnte der Abgang bei der Folgeinventur 1997 auf ca. 90 % der Probekreise registriert werden. Auf 8,5 % der Probekreise konnten die Probepflanzen nicht eindeutig identifiziert werden (keine oder falsche Koordinaten) und 75 Probekreise (1,4 %) wurden erst bei dieser Inventur angelegt (Probekreise die bei der Erstinventur übersehen wurden oder nicht aufgenommen werden konnten; z.B. Verhau). Die Auswertungen des ausgeschiedenen Bestandes beziehen sich daher immer auf die Teilmenge der Probekreise mit zusammenhängenden Aufnahmen von 1984 und 1997.

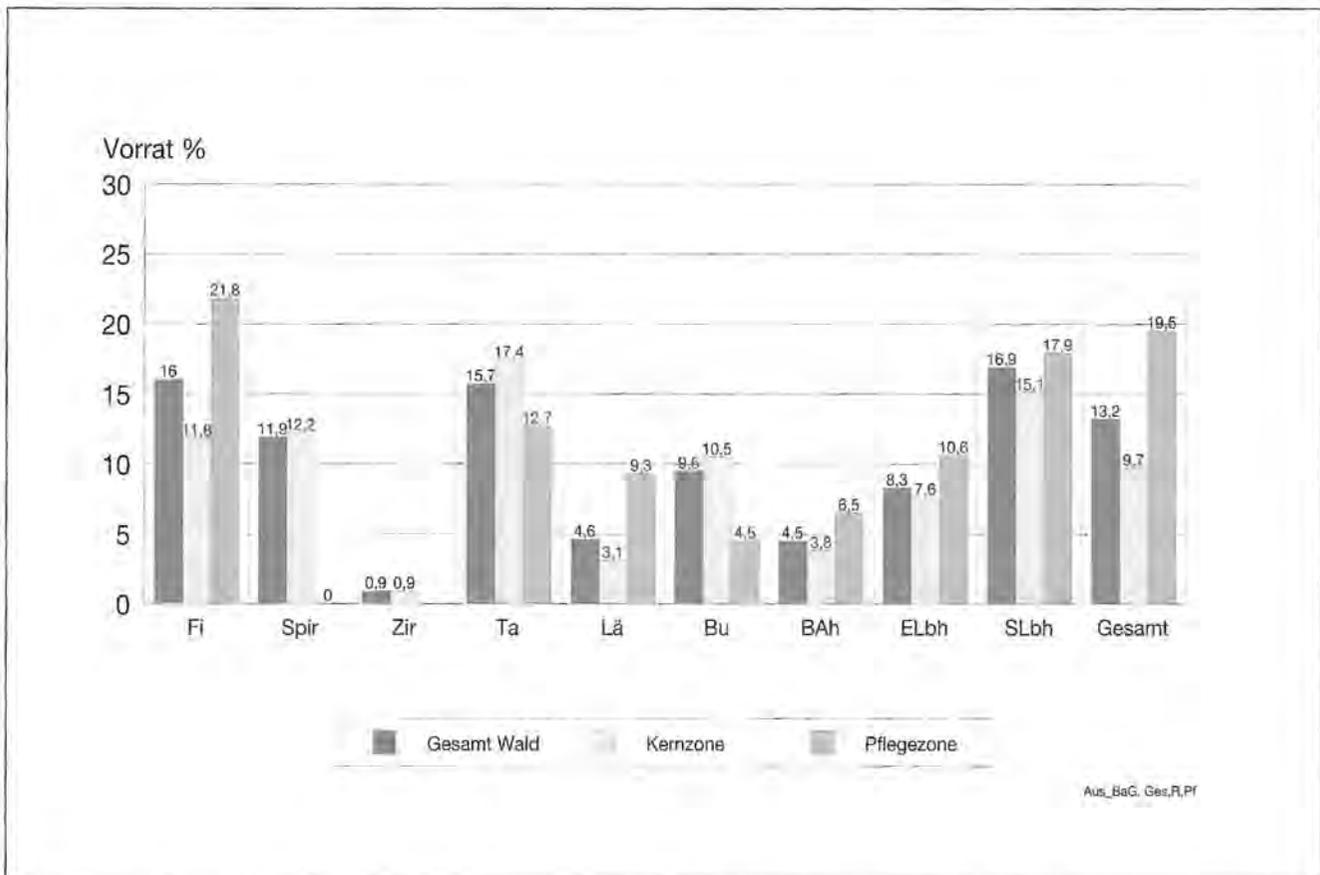


Abb. 5.1: Abgang zwischen 1. Inventur 1984 und 2. Inventur 1997 nach Baumartengruppen, Behandlungszonen und Nationalpark gesamt.

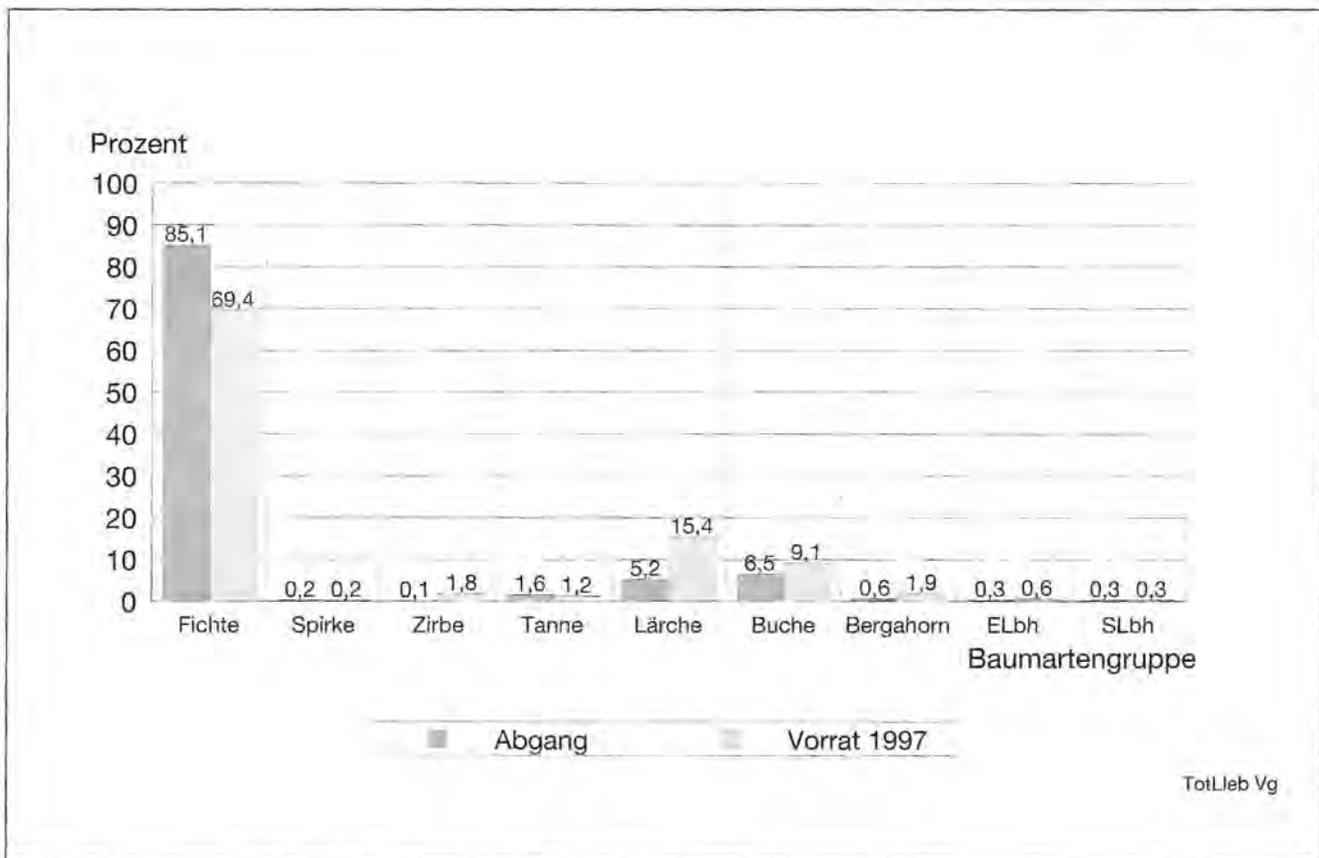


Abb. 5.2: Vergleich der Verteilungen des Abgangvolumens und Lebendholzvorrats nach Baumartengruppen, Nationalpark gesamt.

Da die ausgeschiedenen Bäume zeitlich über die ganze Periode zwischen den Inventuren gestreut sind und ein einzelbaumweiser Ausscheidungszeitpunkt nicht bestimmt werden kann, wird rechnerisch die Periodenmitte als Ausscheidungszeitpunkt festgelegt. Die Stürme von 1990, die im Nationalpark größere zusammenhängende Waldflächen als auch Einzelbäume und Baumgruppen vermehrt geworfen haben, fallen zeitlich ziemlich genau (und damit rechnerisch günstig) in diese Periodenmitte (1983–1984 bis 1995–1997).

Der BHD und die Höhe der ausgefallenen Bäume zum Zeitpunkt der Periodenmitte, wurden nach Baumartengruppen, über Regressionsgleichungen, ausgehend von dem BHD, der Höhe und dem Alter bei der Erstinventur berechnet.

### 5.1 Struktur des Abgangs

Gegenüber dem Vorrat bei der Erstinventur sind insgesamt 13,2 % (164.477 Efm bzw. 26,4 Efm/ha) ausgeschieden; nach der entsprechenden Stammzahl sind es 12,7 % und nach der Grundfläche 12,1 %. Zur Zeit der Erstinventur betrug der Vorrat dieser ausgeschiedenen Bäume 163.439 Efm; er vergrößerte sich bis zum Zeitpunkt des Ausscheidens um 1038 Efm (6,4 %).

#### Baumarten und Baumartengruppen

Nach Baumartengruppen schwankt der Anteil des ausgeschiedenen Bestandes gegenüber dem Vorrat bei Erstin-

ventur zwischen 0,9 % bei Zirbe und 16,9 % bei sonstigem Laubholz (Abbildung 5.1). Drei Hauptfaktoren könnten für diese sehr starken Schwankungen ursächlich sein:

- Die Baumarten haben unterschiedliche, biologisch bedingte Lebenserwartungen: z.B. sehr langlebige Baumarten wie Zirbe, Lärche, relativ kurzlebige wie Vogelbeere, Weiden, Pappel, Birke. Der Zeitraum zwischen den Inventuren (rund 13 Jahre) ist, gemessen an der jeweiligen Lebenserwartung (und der Individuenentwicklung), somit unterschiedlich lang.
- Die differenzierte Anfälligkeit der Baumarten gegenüber jenen Faktoren, die in der betrachteten Periode überdurchschnittlich ins Gewicht fielen (z.B. Fichte sehr anfällig gegenüber Stürmen und Borkenkäfern, Zirbe und Lärche hingegen weitgehend resistent).
- Die unterschiedliche Verteilung der Baumarten auf Behandlungszonen (Pflegezone, Kernzone) und die verfolgten Pflegeziele innerhalb jeder Zone bewirken, dass einige Baumarten (Spirke, Zirbe) von der Pflege ganz ausgeschlossen sind und diese zu Lasten anderer Baumarten (besonders Fichte) stattfindet.

Über die Wechselwirkungen zwischen den aufgezählten Faktoren lassen sich die hohen periodischen Abgänge für sonstiges Laubholz (kurzlebige Baumarten) mit 16,9 %, für Fichte (sehr hohe Anfälligkeit gegenüber Stürmen und Borkenkäfern, bevorzugt entnommene Baumart bei Pflegemaßnahmen) mit 16 % und die sehr niederen Abgänge bei Zirbe mit 0,9 % (sehr langlebige

Baumart, nur in der Kernzone vorkommend, weitgehend resistent), Lärche (4,6 %) und Bergahorn (4,5 %) erklären. Die Tanne hat einen mit der Fichte vergleichbaren, hohen periodischen Abgang (15,7 %), obwohl sie bei Pflegemaßnahmen eher geschont wird, langlebiger ist als die Fichte und auch dem Borkenkäfer gegenüber widerstandsfähiger ist. Dies kann (zumindest zum Teil) über das sehr hohe Durchschnittsalter von 206 Jahren gegenüber der Fichte mit nur 145 Jahren erklärt werden, zum Teil aber auch durch ihr gänzlich Fehlen in den mittleren Altersklassen. Die Spirke, die Buche und das Edellaubholz weisen mittelhohe periodische Abgänge auf.

Die unterschiedlichen periodischen Abgänge der Baumartengruppen können auch gegenüber den jeweiligen Vorratsanteilen analysiert werden (Abbildung 5.2). Die Fichte und die Tanne haben größere Abgangsanteile als Vorratsanteile (85 % des Abgangs zu 69 % des Vorrats bzw. 1,6 % zu 1,2 %). Folglich ist ihr Anteil am Ende der Periode (Folgeinventur) kleiner als an ihrem Anfang. Ist dieser Effekt bei der Fichte, im Hinblick auf die Pflegeziele sehr willkommen, so ist dies bei der Tanne nicht der Fall. Eine Umkehr dieses Trends bei Tanne ist erst in 40 bis 50 Jahren zu erwarten, wenn sich die derzeitigen Tannen der Jugendphase in der Wachstums- oder Terminalphase befinden und den hohen Abgang der sehr alten Tannen vorratsmäßig ausgleichen können.

Bei sonstigem Laubholz ist der Abgangsanteil gleich mit dem Vorratsanteil (0,3 %) und bestätigt somit, dass der sehr hohe Abgang gegenüber dem Vorrat der Erstinventur auf die kürzere Lebenserwartung dieser Baumartengruppe zurückzuführen ist. Gleiche Abgangs- und Vorratsanteile weist auch die Spirke auf (0,2 %). Bei diesen beiden Gruppen ist also der Trend konstant.

Die restlichen Baumartengruppen haben alle kleinere Abgangs- als Vorratsanteile, wobei die Verhältnisse der Anteile zueinander bei Zirbe mit 0,1 % zu 1,8 %, Lärche mit 5,2 % zu 15,4 % und Bergahorn mit 0,6 % zu 1,9 % besonders klein und bei der Buche mit 6,6 % zu 9,1 % und dem Edellaubholz mit 0,3 % zu 0,6 % etwas größer sind. Bei diesen Baumartengruppen ist somit in der Zukunft eine Zunahme ihrer Vorratsanteile zu erwarten (größtenteils zu Lasten der Fichtenanteile), wobei die Lärche, wegen ihres relativ hohen derzeitigen Anteils, am meisten zulegen wird.

### Durchmesserstufen

Die Verteilung des Abgangs nach BHD-Stufen ist der Verteilung der Vorräte bei Erst- und Folgeinventur sehr ähnlich (Abbildung 5.3). Der relative Abgang ist bis zu einem BHD von ca. 34 cm kleiner als der jeweilige Vorratsanteil und somit für diesen aufsteigenden Teil der Verteilung rechnerisch verantwortlich. Von 35 cm bis 49 cm ist der Abgangsanteil größer als der Vorratsanteil und bewirkt somit eine Abnahme des Letzteren. Ein Großteil des Abgangs (44 %) findet in dieser BHD-Spanne statt, die nur 38 % an Vorrat (1984) enthält. Ab 50 cm BHD (und bis 147 cm BHD) sind zwar nur 6,2 % der Bäume (stammzahlmäßig) enthalten, die jedoch 32 % an Vorrat enthalten und deren Abgangsrate auch nur 32 % beträgt.

### Exposition

Nach Expositionen schwankt der periodische Abgang zwischen 8 % auf SO-Expositionen und 18 % auf NW-Expositionen, was mit Sicherheit auf die Dominanz westlicher Stürme zurückzuführen ist (Abbildung 5.4). Noch stärker ist dieser Effekt an den Anteilen des Abgangs durch Wind- und Schnee nach Expositionen zu sehen (von 3,8 % auf SO-Expositionen bis 11,7 % auf NW-Expositionen). Der Ausfall durch Borkenkäfer nach Expositionen zeigt das südliche Expositionen zwar bevorzugt werden (6 %) jedoch die schattseitigen Expositionen nicht verschont bleiben (NO 4,8, N 4,9 %).

### 5.2 Abgangsintensität

In Abbildung 5.5 ist der Flächenanteil über der Abgangsintensität zwischen den Inventuren (Grundflächenausfall gegenüber der Grundfläche der Erstinventur) dargestellt.

Auf 2/3 der Fläche hat kein Ausfall stattgefunden, in der Kernzone sind es 72 %. Zählt man zu diesen Anteilen noch jene mit weniger als 20 % Abgang, so hat auf 85 % (Kernzone 89 %) der Fläche höchstens ein schwacher Ausfall stattgefunden. „Totalausfall“ (über 80 %) ist auf 3,6 % der Fläche (1,8 % aus der Kernzone und 6,9 % aus der Pflegezone) zu verzeichnen.

Die Wälder der Kernzone zeichnen sich gegenüber jenen der Pflegezone durch eine höhere Stabilität aus und liefern so einen entscheidenden Beweis ihrer Angepaßtheit an ihre Standorte. Die erhöhten Ausfälle in der Pflegezone sind ein klarer Hinweis auf die in weiten Teilen überhöhten oder standortfremden Fichtenanteile sowie der noch nicht erreichten optimalen Waldstrukturen und Entwicklungsphasen.

### 5.3 Abgangsursachen

Der anteilmäßige Abgang nach Ursachen ist in Abbildung 5.6 dargestellt. Über die parallele Darstellung der Volumen- und Stammzahlanteile kann, neben den absoluten Anteilen, auch auf die mittleren Dimensionen der ausgeschiedenen Bäume geschlossen werden.

Durch Bedrängung (Konkurrenz der Nachbarbäume) fallen nach Volumenprozenten gerade 2,6 % aus, denen jedoch 19,3 % der ausgefallenen Stammzahlen entsprechen. Wie erwartet werden schwache, überschirmte Bäume durch Konkurrenz ausgeschieden.

Wind- und Schneebrüche oder -würfe beinhalten sowohl dem Volumen nach, als auch der Stammzahl nach die größten Anteile des Abgangs (56 % bzw. 44 %). Das Verhältnis der Anteile zeigt, daß überdurchschnittlich große Bäume durch Wind und Schnee ausscheiden, was sicherlich mit der Kronengröße (Angriffsfläche) und/oder ihrer exponierten Position innerhalb des Bestandes zusammenhängt.

Durch Wild oder Vieh (Schältschäden) sind überraschend wenige Bäume ausgeschieden (0,3 % Volumen %, bzw. 1,6 % Stammzahlprozent). Hier zeigt sich mit

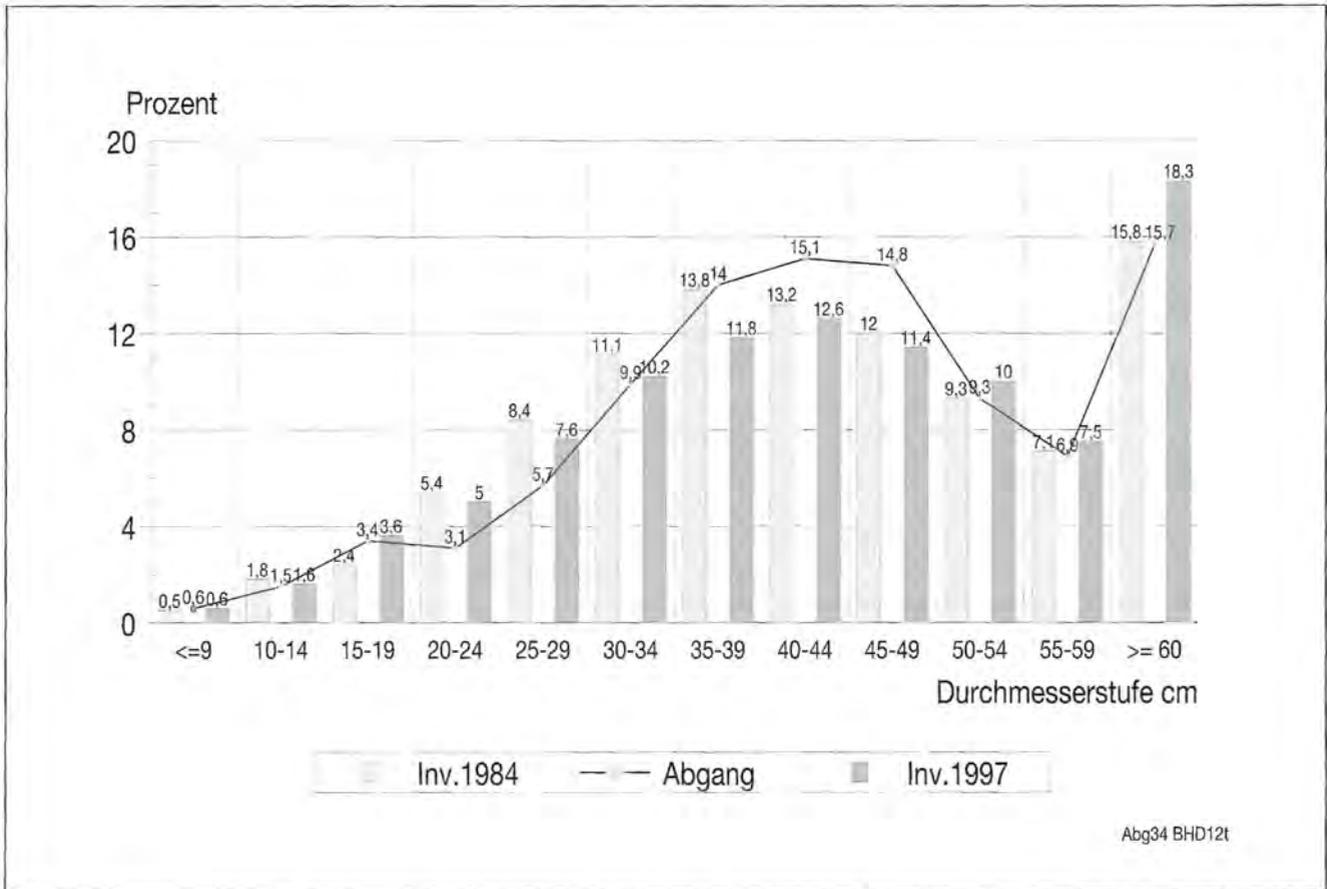


Abb. 5.3: Verteilung des Abgangs zwischen den Inventuren gegenüber dem Vorrat von 1984 und 1997 nach BHD-Stufen, Nationalpark gesamt.

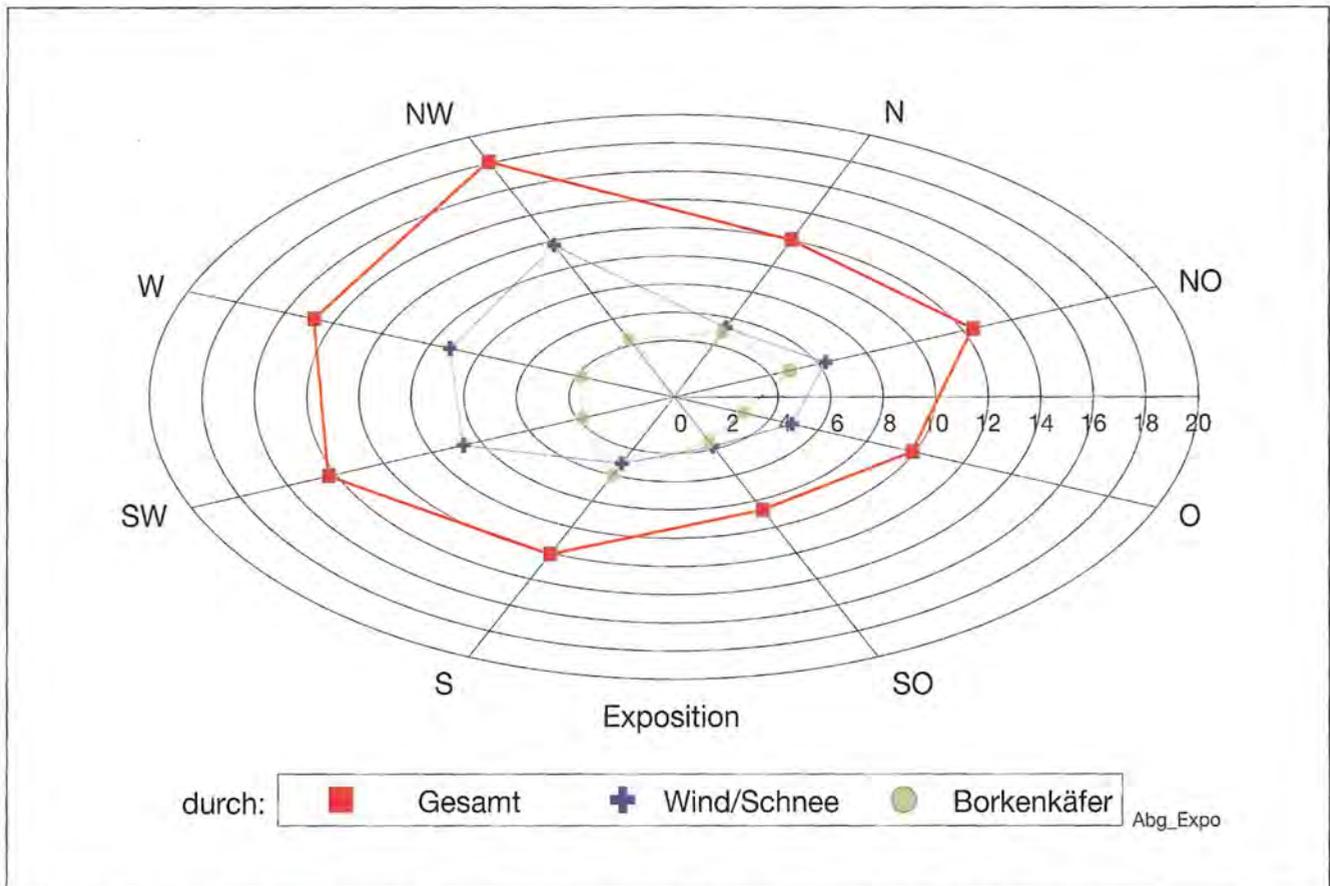


Abb. 5.4: Periodischer Abgang zwischen den Inventuren (Volumen %) nach Expositionen, Nationalpark gesamt.

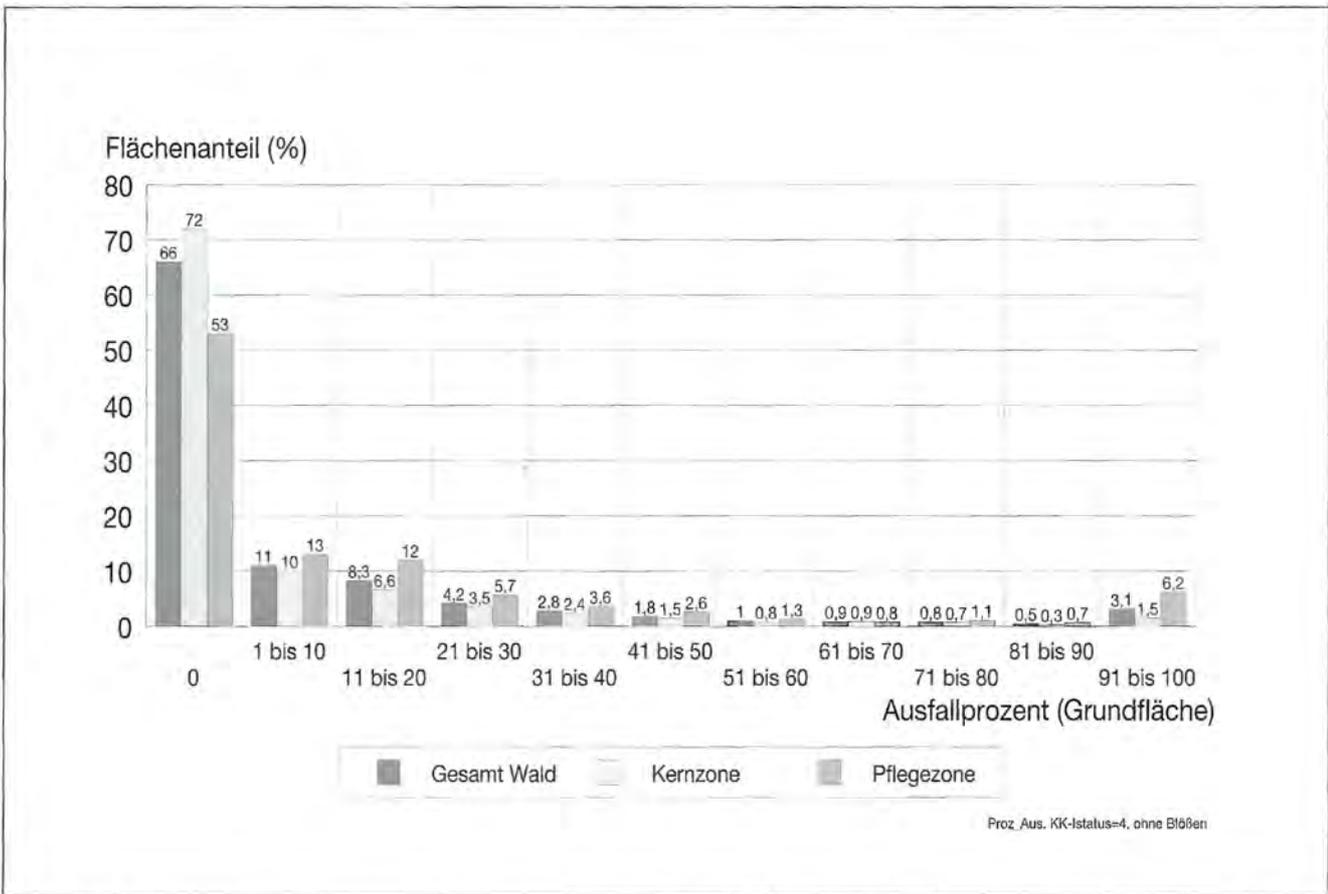


Abb. 5.5: Abgangsintensität zwischen 1. Inventur 1984 und 2. Inventur 1997 nach Behandlungszonen und Nationalpark gesamt.

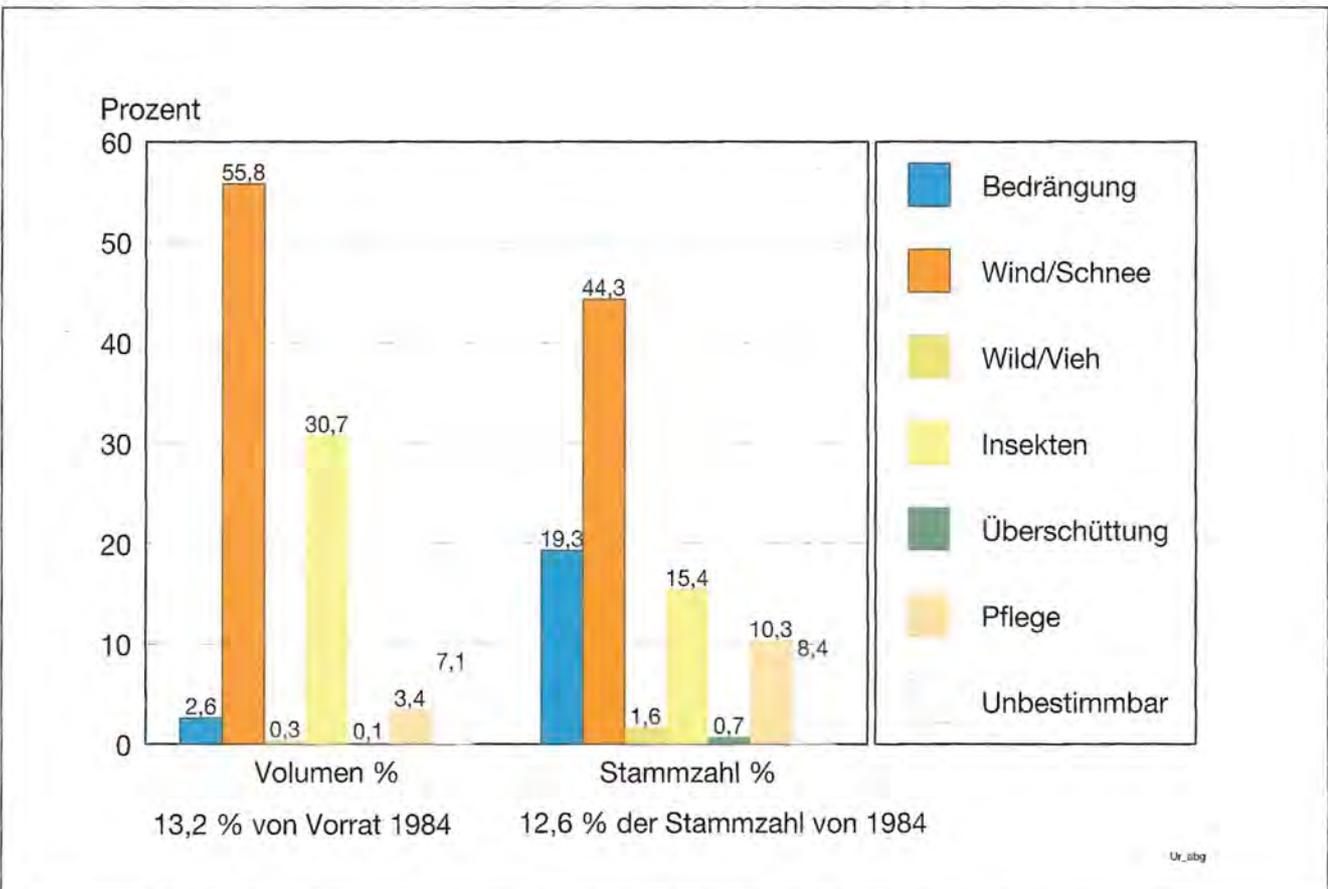


Abb. 5.6: Verteilung des Abgangs nach Ursachen, Nationalpark gesamt.

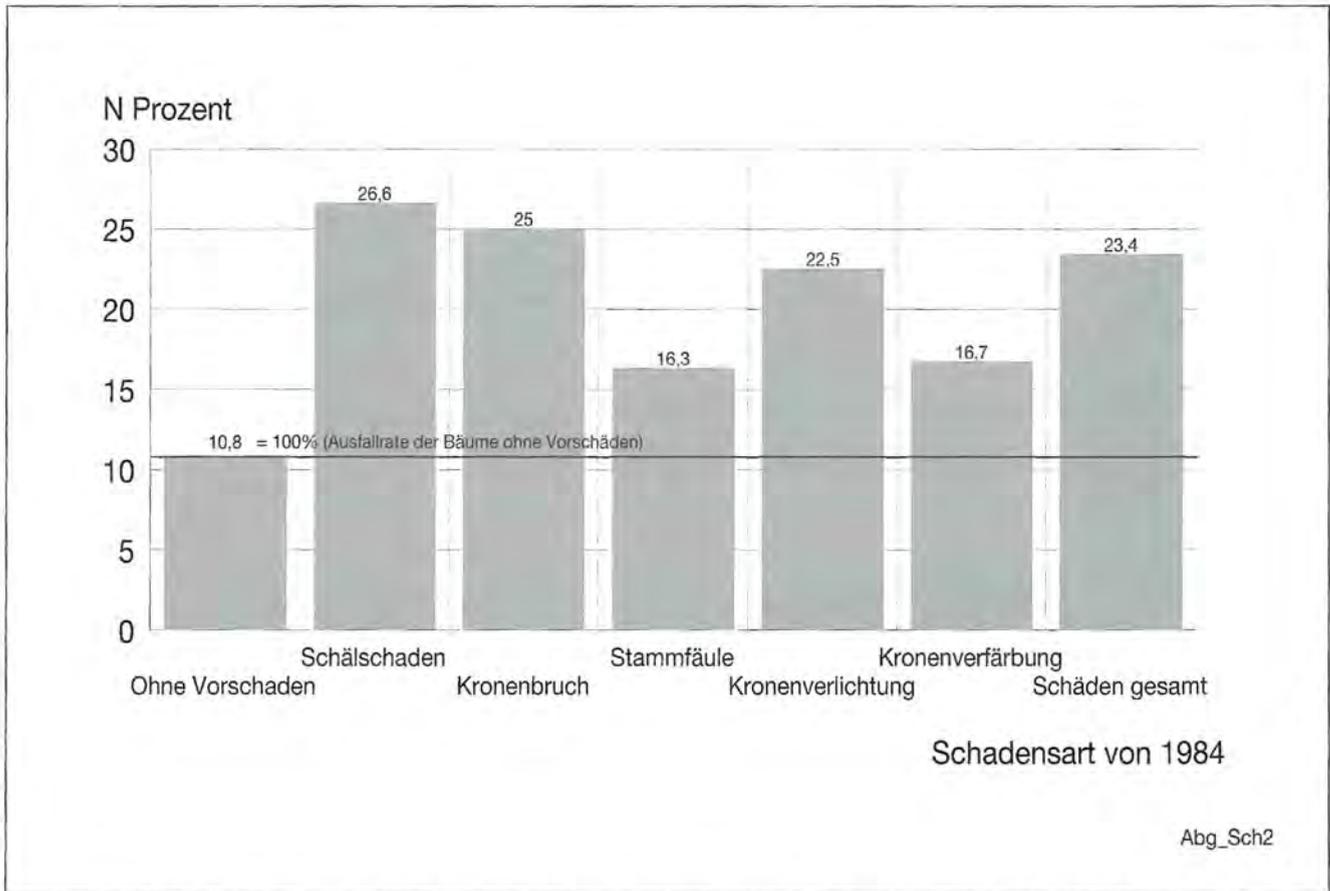


Abb. 5.7: Einfluß eines bestimmten Vorschadens (aufgenommen 1984) auf den periodischen Ausfall, Nationalpark gesamt.

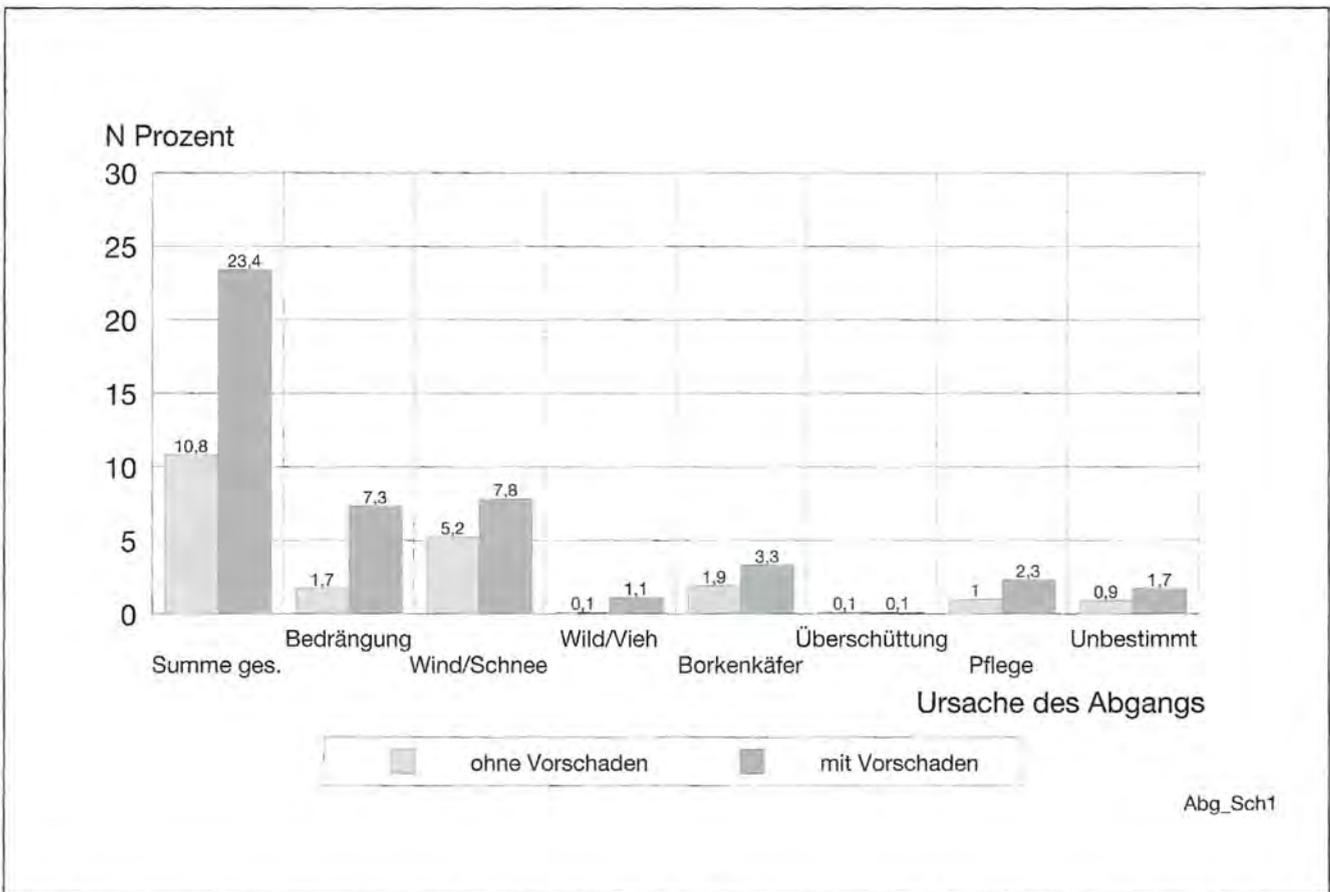


Abb. 5.8: Einfluß der Vorschäden (gesamt, aufgenommen 1984) auf den periodischen Ausfall durch eine bestimmte Ursache, Nationalpark gesamt.

Sicherheit auch eine Schwierigkeit der Ansprache. Fällt nämlich z.B. ein geschälter Baum dem Sturm oder Schnee zum Opfer, so wird nur die letzte Einwirkung als Ausscheidungsursache registriert (siehe auch den Einfluß alter Schäden auf den Abgang).

Durch Borkenkäfer fallen, dem Volumen nach, 31 % aus, dem jedoch nur 15 % der Stammzahlen entsprechen. Die Borkenkäfer befallen somit mit Vorliebe starke bis sehr starke, bzw. alte und sehr alte Bäume (Fichten ab 80 und vermehrt ab 160 Jahren).

Durch Überschüttungen sind im Wimbachgries in einigen wenigen Probekreisen Spirken abgestorben. In dem Verhältnis 0,1 % zu 0,7 % (Volumen % zu Stammzahl %) zeigen sich die kleineren Dimensionen, die diese Baumart gegenüber den restlichen Baumarten, erreicht. Die waldbaulichen Pflegemaßnahmen im Nationalpark haben mit 3 % des Abgangs nach Vorrat, bzw. 10 % nach der Stammzahl unerwartet niedere Anteile. Diese Anteile sind nicht mit den genutzten Mengen gleichzusetzen, da in der Pflegezone teilweise sowohl Sturm- als auch Käferholz aufgearbeitet wurde.

#### 5.4 Alte Schäden und Abgang

Über die gekoppelten Aufnahmen von 1984 und 1997 können auch Untersuchungen über den Einfluß alter Schäden (die 1984 registriert wurden) auf die Abgangsraten durchgeführt werden.

In Abbildung 5.7 ist für jede Schadensart bei Erstinventur gesondert die Abgangsrate für geschädigte und nicht geschädigte Bäume dargestellt. In Abbildung 5.8 ist der Abgang gegenüber der Stammzahl bei Erstinventur nach Abgangsursachen sowie ihrer Gesamtsumme, getrennt für nicht geschädigte und geschädigte Bäume, dargestellt.

Die Ausfallrate steigt, bei vorhandenem Schaden, gegenüber der Gruppe der nicht geschädigten Bäume, je nach Schadensart unterschiedlich an (Abbildung 5.7). Am stärksten wirken sich Schältschäden auf die Ausfallrate aus: von 10,8 % (ohne Schaden) steigt sie auf 26,6 % an. Dies bedeutet eine Steigerung von 246 %. Ein Kronenbruch zieht eine Steigerung von 231 % nach sich, Stammfäule entsprechend 151 %, Kronenverlichtung 208 %, und Kronenverfärbung 155 %. Diese alten Schäden sagen aber noch nichts über die konkrete Abgangsursache aus, sondern nur, dass der Baum geschwächt und damit seine Lebenserwartung stark gemindert worden ist. Die geschwächten Bäume werden anschließend bevorzugt durch Konkurrenz (Bedrängung), Wind/Schneeeinwirkungen oder Borkenkäfer ausgeschieden. Die Konkurrenz innerhalb des Bestandes ist dabei besonders selektiv: nur 1,7 % der ungeschädigten Bäume scheiden konkurrenzbedingt aus gegenüber 7,3 % der geschädigten (Steigerung der Ausscheidungsrate um 429 %). Wind- und Schneeeinwirkungen haben als externer Faktor eine viel weniger selektive Wirkung auf den Ausscheidungsprozess: 5,2 % bei gesunden und 7,8 % bei geschädigten Bäumen

(Steigerungsrate 150 %). Die Borkenkäfer bevorzugen zwar geschädigte Bäume (3,3 %) ohne jedoch die gesunden zu verschmähen (1,9 %); Steigerungsrate 173 %. Die Pflegemaßnahmen erweisen sich bei dieser Analyse insgesamt auch als selektive Eingriffe (1 % der gesunden gegenüber 2,3 % der geschädigten Bäume entnommen). Die Überschüttungen wirken sich gleich auf gesunde und geschädigte Bäume aus (jeweils 0,1 %), was eigentlich den Erwartungen entspricht. Die Abgangsursache durch Wild/Vieh ist nur schlecht zu beurteilen, da der Großteil der geschälten Bäume entweder durch Konkurrenz oder Wind/Schnee ausgeschieden wird. Nur die sehr stark geschälten Bäume (Schadstufe 3), die bei der Folgeinventur noch dürr-stehend vorgefunden wurden, wurden dieser Abgangsursache zugeordnet. Sicherlich hat aber auch Konkurrenz dabei eine Rolle gespielt.

## 6 Schäden an Bäumen

Neben den biometrischen Kennwerten der Probestämme wurden bei der Folgeinventur 1997 auch folgende Schäden aufgenommen:

- Kronenzustand (bzw. Nadel/Blattverlust);
- Rindenschäden/Kambiumschäden (alte Schältschäden, neue Schältschäden und Steinschlag);
- Kronenschäden durch Schnee- und Windbrüche sowie Blitzschäden;
- Insektenschäden, bzw. Borkenkäferbefall;
- Säbelwuchs (verursacht durch Schneegleiten/Erdkriechen).

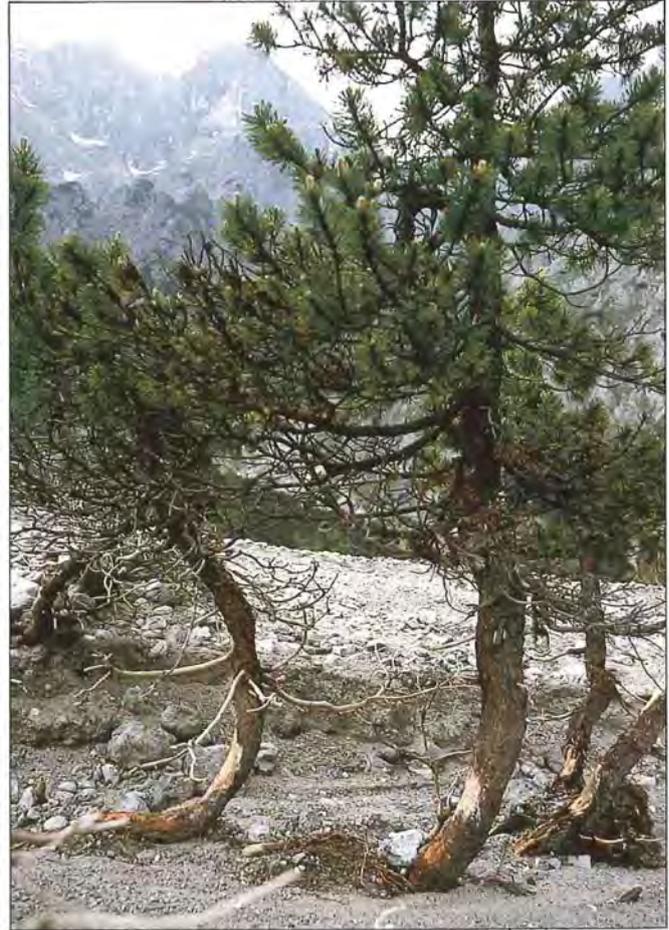
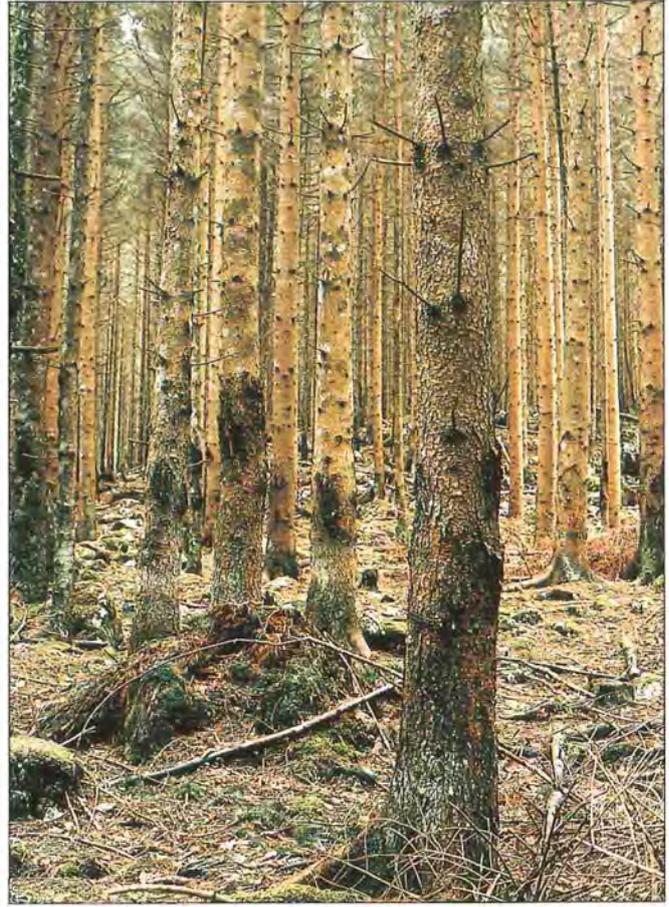
### 6.1 Kronenzustand – Nadel/Blattverlust

Der Kronenzustand wurde an den Bäumen der Oberschicht angesprochen. Die Kronenverlichtungsstufen wurden in Anlehnung an die Waldzustandsinventur definiert:

- |           |                                 |
|-----------|---------------------------------|
| - Stufe 0 | 0 bis 10 % Nadel/Blattverlust;  |
| - Stufe 1 | 11 bis 25 % Nadel/Blattverlust; |
| - Stufe 2 | 26 bis 60 % Nadel/Blattverlust; |
| - Stufe 3 | 61 bis 99 % Nadel/Blattverlust. |

Die Stufe 4 gleich 100 % Nadel/Blattverlust, d.h. frisch abgestorben, konnte bei dieser periodischen Inventur nicht berücksichtigt werden. Über den periodischen Abgang zwischen 1984 und 1997 kann jedoch eine durchschnittliche jährliche Ausscheidungsrate von 1 % pro Jahr geschätzt werden (12,6 % in 13 Jahren, siehe auch Kap. 5 Abgang).

Insgesamt sind 27 % der Bäume (der Oberschicht) in Stufe 0, 57 % in Stufe 1, 14 % in Stufe 2 und 3 % in Stufe 3 (Abbildung 6.1). Nach Vorratsprozenten sind die Verhältnisse entsprechend 21:60:17:2 und damit in großen Zügen mit denen der Stammzahlprozentage vergleichbar.



Schäden an Bäumen: **a)** Oben links: Altes Borkenkäfernest (Klausbachtal), **b)** Oben rechts: Alte Schältschäden an Fichten (Klausbachtal), **c)** Unten links: Vom Blitz getroffene Lärche (Funtensee-Feldkogel), **d)** Unten rechts: Spirken am Rande einer überschütteten Fläche (Wimbachtal).

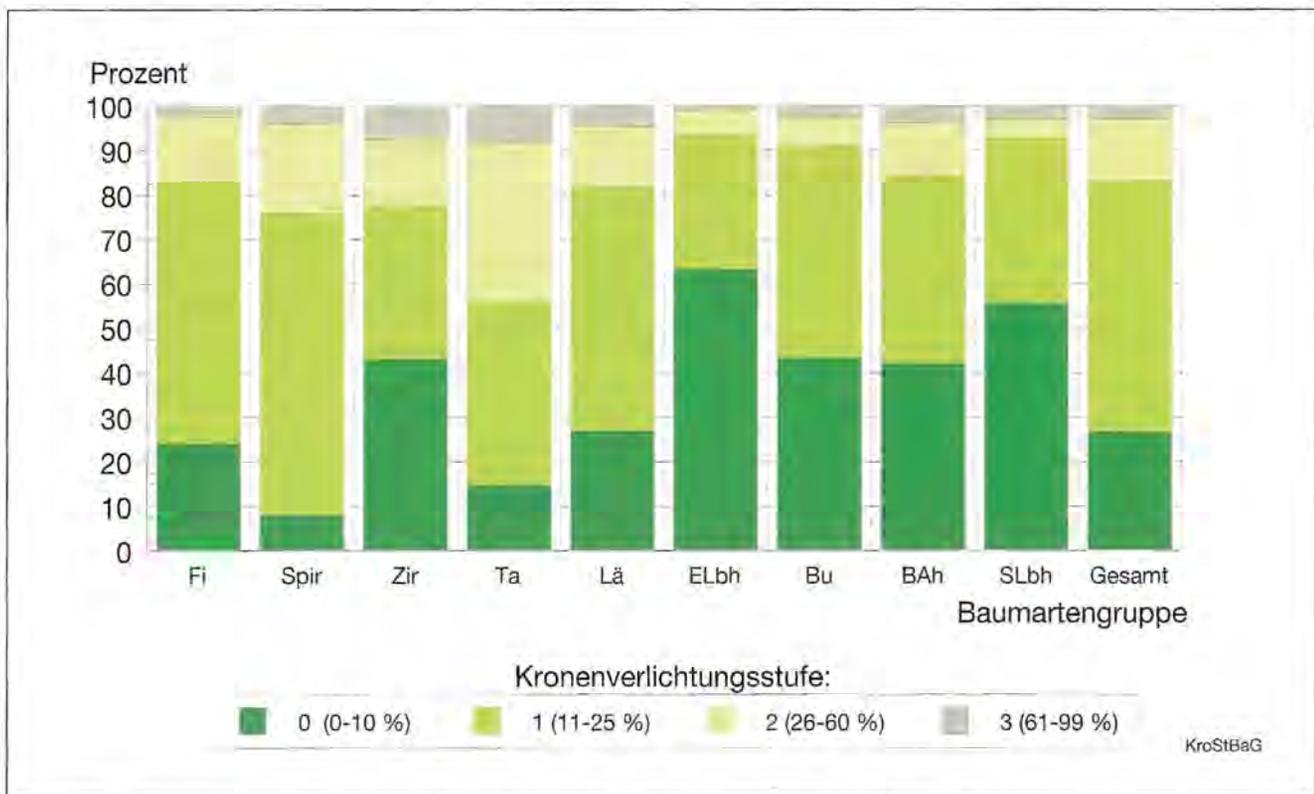


Abb. 6.1: Häufigkeiten der Kronenverlichtungsstufen nach Baumartengruppen, Inventur 1997, Nationalpark gesamt.

Nach der Summe der Häufigkeiten der Stufen 2 und 3 (55 %) ist die Tanne die Baumart mit dem höchsten Nadelverlust, gefolgt von den Kiefernarten (Zirbe, Spirke und gemeine Kiefer) (23 %), der Lärche (20 %) und der Fichte (19 %). Die Laubbaumarten(gruppen) weisen alle kleinere Häufigkeiten der Stufen 2 und 3 gegenüber den Nadelbaumarten(gruppen) auf: Bergahorn 19 %, sonstiges Laubholz 14 %, Edellaubholz 9 % und Buche 6 %.

Eine Erklärung für die Sonderstellung der Tanne ist ihr größtenteils sehr hohes Durchschnittsalter (206 Jahre), als auch die Tatsache, dass die jungen Tannen (Altersklasse 1 und 2) vielfach noch unter Schirm stehen und daher bei der Bonitierung nicht angesprochen wurden. In den mittleren Altersklassen 3 bis 8 sind keine Tannen vorhanden.

Die Exposition und damit verbunden der Wasserhaushalt (Frequenz und Länge von Wasserstressperioden) ist ein weiterer Faktor, der die Kronenverlichtung beeinflusst (Abbildung 6.2). Auf Schattseiten liegt die Häufigkeit der Stufen 2+3 zwischen 13 % und 15 %, auf Sonnseiten dagegen zwischen 19 % und 29 %.

Der Höhenlage über NN nach bleibt die Häufigkeit der Stufen 2+3 bis 1200 m auf unterdurchschnittlichem Niveau (13 % bis 16 %), erhöht sich nur gering bei 1400 m auf 18 % und steigt ab 1600 m auf 25 % bis 27 % an, was jedoch auch mit dem höheren Alter der Bäume in den Hochlagen zu erklären ist (Abbildung 6.3).

Mit zunehmendem Alter der Bäume nimmt die Kronenverlichtung der Bäume zu. So steigt die Häufigkeit der Stufen 2+3 von 2 % in der Altersstufe 2 (21 bis 40 Jahre) stetig an und erreicht in der Altersstufe 9 (180 Jahre und älter) 26 % (Abbildung 6.4).

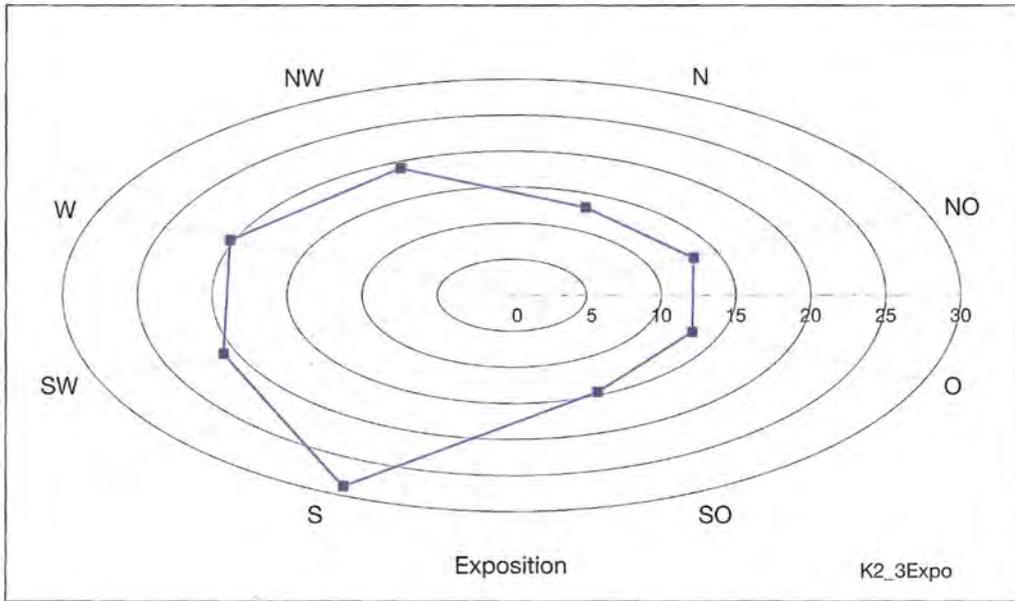
Nach Waldentwicklungsphasen ist die Häufigkeit der Stufen 2+3 mit 7 % am kleinsten in der Wachstumsphase. Die Jugendphase hat mit 14 % einen doppelt so hohen Anteil, da sie noch Teile des Vorbestandes (Überhälter) enthält. In den Terminal-, Zerfalls- und Verjüngungsphasen sind die Häufigkeiten der Stufen 2+3 mit 21 % bis 24 % überdurchschnittlich hoch. Die Plenterphase dagegen (mit ihren vielfältigen Altersmischungen) hat einen Anteil von 18 %, der in etwa dem Mittelwert entspricht. Der überhöhte Anteil in der Grenzphase (27 %) geht mit Sicherheit auf die extrem ungünstigen Wachstumsbedingungen in der „Kampfzone“ und das sehr hohe Alter der Bäume zurück.

In der Pflegezone sind die Häufigkeiten der Stufen 2+3 mit 12 % viel kleiner als in der Kernzone mit 21 %. Diese Differenz ist auf die unterschiedliche Güte der Wachstumsbedingungen als auch auf das unterschiedliche Alter der Bäume in den beiden Zonen zurückzuführen.

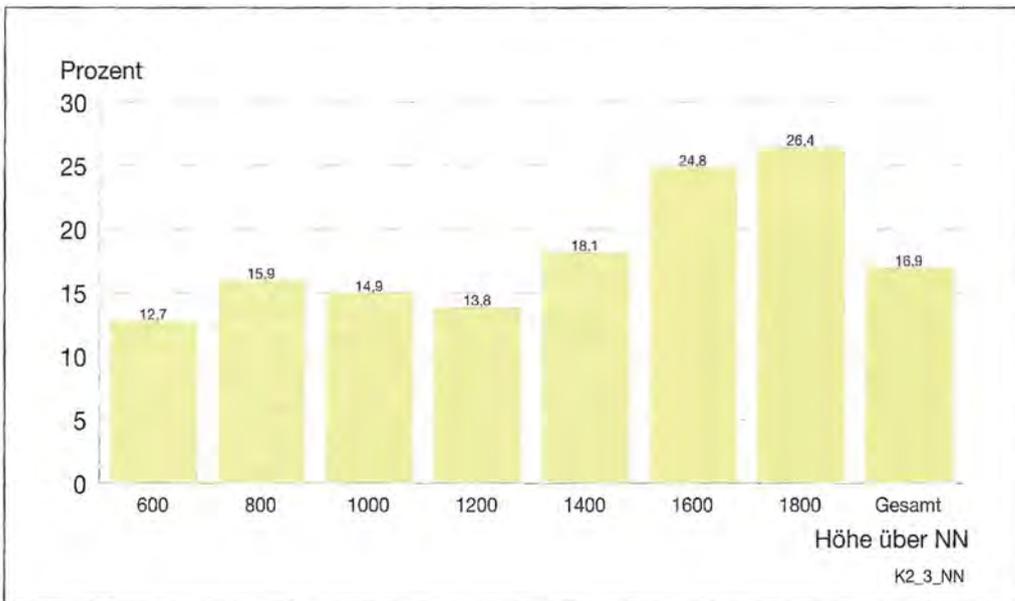
## 6.2 Rinden-/Kambiumschäden

Bei den Schäden an der Rinde bzw. dem Kambium der Bäume wurde unterschieden nach alten Schältschäden, neuen Schältschäden (beide durch das Rotwild verursacht) und Steinschlag. Die einheitlichen Schadstufen beziehen sich auf den Anteil des geschädigten Stammumfangs:

- Stufe 1 kleiner als 25 %;
- Stufe 2 25 bis 50 %;
- Stufe 3 über 50 %



**Abb. 6.2:** Kronenverlichtungsstufen 2 + 3 nach Expositionen, Nationalpark gesamt.



**Abb. 6.3:** Kronenverlichtungsstufen 2 + 3 nach Höhenstufen über NN, Nationalpark gesamt.



**Abb. 6.4:** Kronenverlichtungsstufen 2 + 3 nach Altersstufen (Bäume), Nationalpark gesamt.

Alte Schältschäden, (älter als 5 Jahre und solange typische Narben an der Baumrinde sichtbar sind), haben eine durchschnittliche Häufigkeit von 6 %. Nach Baumarten sind Weiden mit 8 % am häufigsten geschält, gefolgt von Fichte und Esche mit jeweils 7 %, Bergahorn mit 1,5 %, Lärche mit 0,3 % und Buche mit 0,2 %. Im Umfeld von Winterfütterungen (derzeitig bestehende und bereits aufgegebene), die in der tiefer gelegenen Pflegezone liegen, steigt die Häufigkeit bis zu 13 % an. In den anderen, durch Fütterungen nicht beeinflussten Gebieten, liegt sie unter 3 %. Betroffen sind schwerpunktmäßig die derzeitigen Altersstufen 3 und 4 (41 bis 80 Jahre) mit 8 % bis 12 %. Sie entsprechen der Wachstums- und Terminalphase.

Neue Schältschäden (nicht älter als 5 Jahre) kommen nur vereinzelt (0,3 %) bei Fichten im Umkreis der aktuellen Wildfütterungen vor. Betroffen sind dabei die Altersklassen 2 (1,4 %) und 3 (0,2 %), die entwicklungsmäßig in der Wachstumsphase sind.

Steinschlag (durchschnittliche Häufigkeit von 0,8 %) tritt bei Bäumen unterhalb von Felswänden, Schuttfeldern oder in Steillagen auf. Nach Baumarten sind die Lärche und die Buche mit je 1 % am stärksten betroffen, gefolgt von Bergahorn und Tanne mit jeweils 0,9 % sowie Fichte und Esche mit je 0,8 %. Auf westlichen und östlichen Expositionen, die den Hauptflanken der Gebirgsstöcke des Nationalparks entsprechen, erreicht die Häufigkeit durch Steinschlag ihre höchsten Werte (1,5 bzw. 1,1 %). Insgesamt sind Rinden und Kambiumschäden an 6,4 % der Bäume zu finden. Dabei sind 2,4 % der Schadstufe 1, 2,4 % der Schadstufe 2 und 1,4 % der Schadstufe 3 zuzuordnen.

### 6.3 Kronenbrüche

Für Kronenbrüche wurden folgende Schadstufen definiert:

- Stufe 1 weniger als 25 % der grünen Krone abgebrochen;
- Stufe 2 zwischen 25 und 50 % der grünen Krone abgebrochen;
- Stufe 3 mehr als 50 % der grünen Krone abgebrochen.

Kronenbrüche können durch Schnee und Wind oder durch Blitzeinwirkungen verursacht werden. Insgesamt sind an 1 % der Bäume des Nationalparks Kronenbrüche festgestellt worden. Verteilt auf Schadstufen sind 0,5 % in Stufe 1, 0,3 % in Stufe 2 und 0,2 % in Schadstufe 3.

Schnee- und Windbrüche haben dabei eine durchschnittliche Häufigkeit von 0,9 %. Die Baumarten sind jedoch sehr unterschiedlich anfällig. Ihre Reihenfolge in absteigender Anfälligkeit ist: Ulme (10,5 %), Weiden (6 %), Mehlbeere (3,7 %), Tanne (3,4 %), Bergahorn (1,6 %), Zirbe (1,5 %), Lärche und Vogelbeere (je 1,4 %), Fichte und Buche (je 0,7 %), Esche (0,6 %) und Spirke (0,5 %). Andere, sehr schwach vertretene Baumarten, wie gemeine Kiefer, Linde, Eiche, Birke, Erlen und Pappel weisen zwar laut Inventur keine Kronenbrüche auf, werden jedoch vorsichtshalber nicht bewertet.

Nach Höhenstufen über NN (Abbildung 6.5) verzeichnet die Häufigkeit der Kronenbrüche ein Minimum im Bereich von 800 bis 1400 m (0,7 bis 0,9 %). In den Hochlagen steigt die Häufigkeit auf 1,2 % in 1600 m und 1,9 %

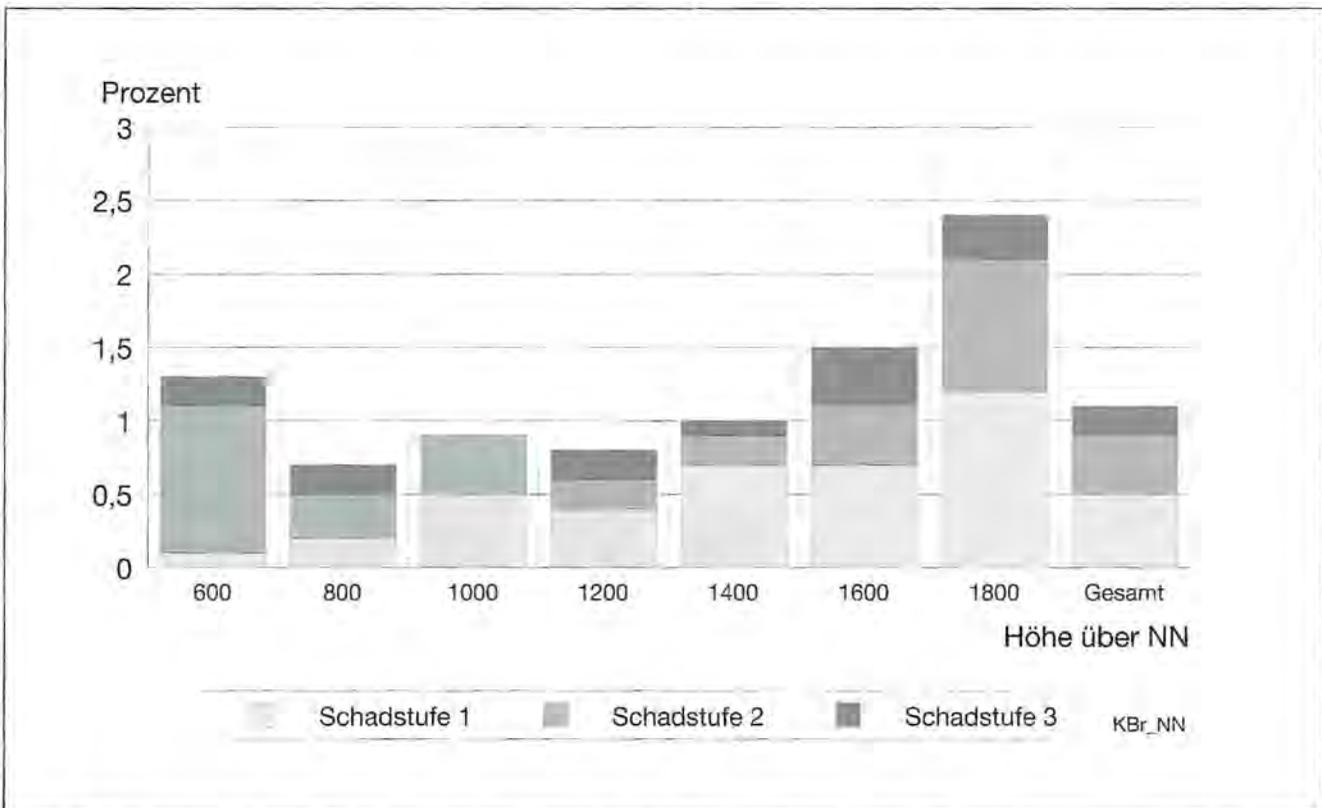


Abb. 6.5: Häufigkeiten der Kronenbrüche nach Höhenstufen über NN, Nationalpark gesamt.

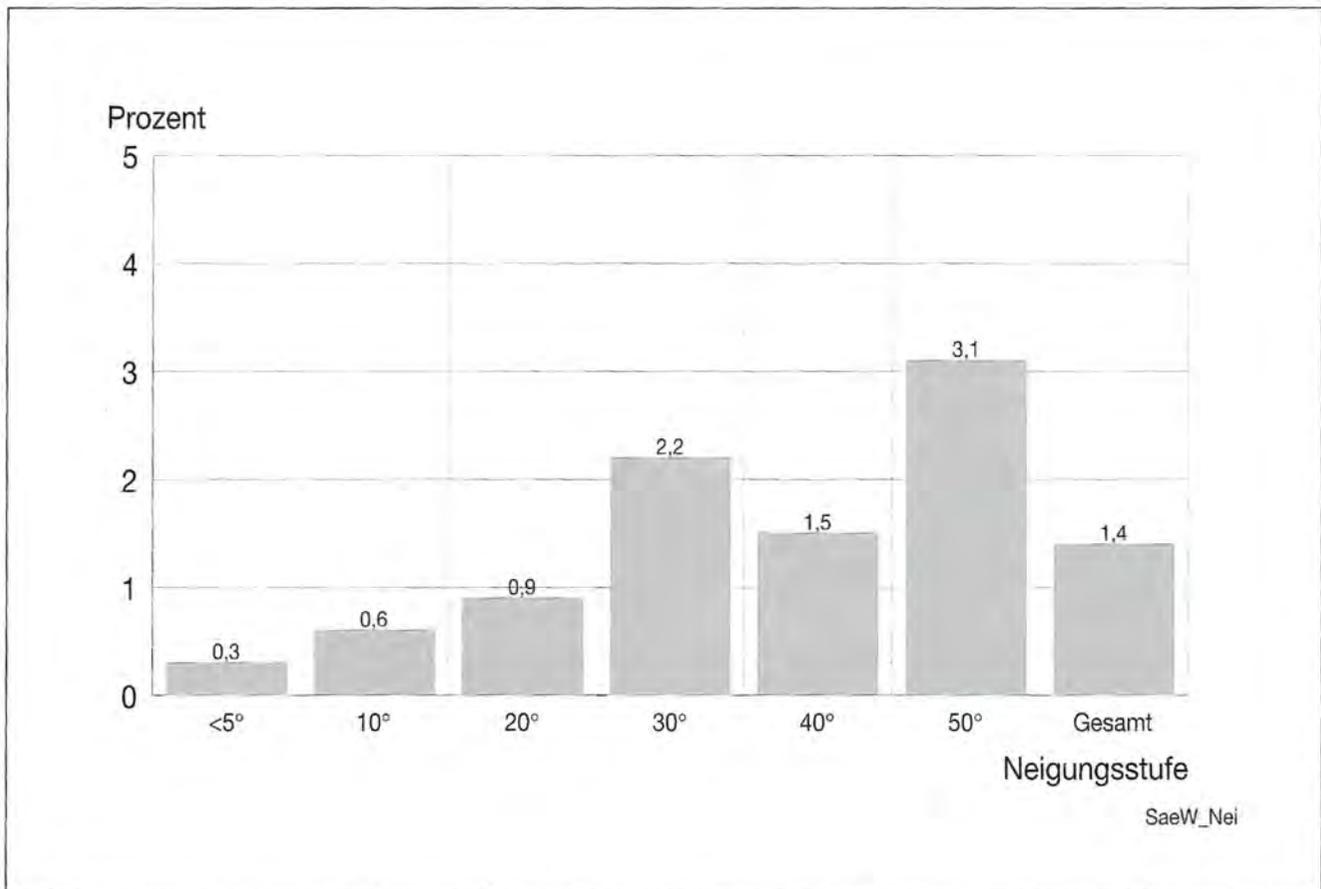


Abb. 6.6: Häufigkeit des Säbelwuchses nach Geländeneigungsstufen, Nationalpark gesamt.

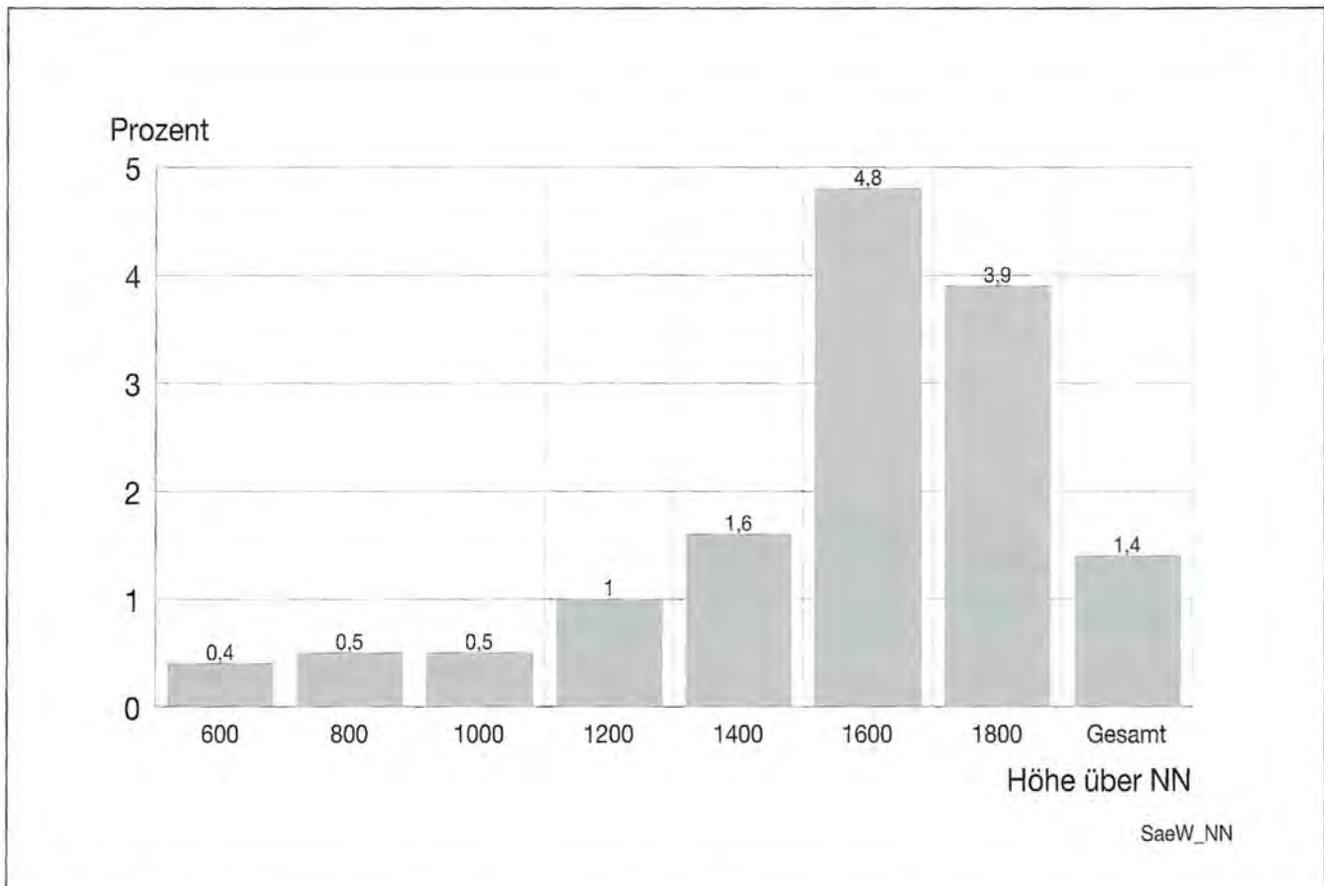


Abb. 6.7: Häufigkeit des Säbelwuchses nach Höhenstufen über NN, Nationalpark gesamt.

in 1800 m an. In 600 m Seehöhe wird auch eine erhöhte Häufigkeit der Kronenbrüche verzeichnet (1,3 %). Möglicherweise ist sie auf häufigeren Nassschnee bzw. auf Spätschnee nach dem Blattaustrieb zurückzuführen (z.Z. liegen keine Untersuchungen in dieser Richtung vor).

Die Bäume auf unterbestockten Flächen, die Überhälter aus der Jugendphase, freigestellte Bäume der Verjüngungsphase sowie Bäume aus der Zerfalls- und Plenterphase haben gegenüber den Bäumen der Wachstums- und Terminalphase erhöhte Häufigkeiten von Kronenbrüchen (1,3 % bis 2,7 % gegenüber 0,5 % bis 0,8 %).

In der Grenzphase ist die Häufigkeit von Kronenbrüchen mit 0,4 % am geringsten. Zurückzuführen ist dies auf die elastischen Baumarten (Krummholzarten) dieser „Kampfbzone“ als auch auf die kleineren Höhen und die abholzigen Stammformen, die hier ausgebildet werden.

Blitzschäden treten insgesamt selten auf (0,1 %). Ab 1200 m und vermehrt in den subalpinen Hochlagen des Hochalters und des Watzmanns steigt jedoch ihre Häufigkeit gegenüber dem Mittelwert stark an. Die Zirbe, als Baumart der Höchstlagen, ist die mit Abstand am häufigsten vom Blitz getroffene Art (1,2 %), gefolgt von Lärche (0,4 %), Tanne (0,2 %) und Fichte (kleiner als 0,1 %). Bis 1000 m Seehöhe werden ganz selten Blitzschäden registriert. Bei 1200 m liegt die Häufigkeit bei 0,1 %, in 1600 m Höhe bei 0,3 % und in 1800 m Höhe bei 0,5 %.

Dem Alter nach werden Bäume ab 160 Jahren bevorzugt vom Blitz getroffen (größere Höhen). Nach Entwicklungsphasen werden Bäume aus unterbestockten Flächen (Solitäre) (0,5 %) und Bäume der Verjüngungs- und Zerfallsphase (0,3 %) bevorzugt.

#### 6.4 Insektenschäden – Borkenkäfer

Bei der Waldinventur 1997 sind Insektenschäden im Nationalpark Berchtesgaden ausschließlich durch Borkenkäfer verursacht. Da die betroffenen Bäume in den allermeisten Fällen absterben, ist bei den Schäden an lebenden Bäumen nur ein kleiner Bruchteil des Schadens durch Borkenkäfer enthalten. Die befallenen, aber zur Zeit der Inventur bereits abgestorbenen Bäume, sind als „Abgang durch Borkenkäfer“ bei der Inventur enthalten. Zwischen den Inventuren sind 2 % der lebenden Bäumen durch Borkenkäfer abgestorben. Von den lebenden Bäumen waren zum Zeitpunkt der Inventur nur 0,1 % vom Borkenkäfer befallen. Offensichtlich fällt der Zeitraum der Inventur (1995–1997) in eine Phase mit unterdurchschnittlicher Borkenkäferaktivität.

Bei der Inventur wurden Fichten und ganz selten Lärchen gefunden, die von Borkenkäfern befallen waren. Die befallenen Bäume haben alle ein Mindestalter von 80 Jahren, sind vermehrt jedoch 160 Jahre alt und älter.

#### 6.5 Säbelwuchs

Säbelwuchs tritt auf Standorten mit Schneebewegungen (Schneekriechen, Schneegleiten, Lawinenschneisen) oder Bodenkriechen auf. Der Säbelwuchs wurde bei der Folgeinventur als binäres Merkmal (ja/nein) auf-

genommen. Insgesamt weisen 1,4 % der Bäume im Nationalpark Säbelwuchs auf. In absteigender Häufigkeit des Säbelwuchses ergibt sich baumartenweise folgende Reihung: Vogelbeere (9,6 %), Lärche (5,4 %), Mehlbeere (4,9 %), Spirke (3,1 %), Birke (3 %), Esche (2,8 %), Bergahorn (2 %), Buche (1,9 %), Fichte (0,4 %), Grauerle (0,3 %) und Zirbe (0,2 %).

Die Geländeneigung beeinflusst erwartungsgemäß die Häufigkeit des Säbelwuchses: von 0,3 % bei einer Neigung unter 5° steigt der Säbelwuchs bis auf 3,1 % bei einer Neigung von 50° (Abbildung 6.6) an. Der Säbelwuchs nimmt auch mit der Seehöhe zu, von 0,4 % in 600 m Höhe bis 4,8 % in 1600 m Höhe und 3,9 % in 1800 m Höhe, was auf die unterschiedliche Verteilung der Geländeneigungen nach der Höhe über NN zurückzuführen ist (Abbildung 6.7).

Die Pflegezone (tiefere Lagen, kleinere Neigungen gegenüber der Kernzone) hat mit 0,7 % eine dreimal kleinere Häufigkeit an Säbelwuchs als die Kernzone mit 2,2 %.

## 7 Verjüngung

### 7.1 Definition, Klassen, Aggregationsebenen

Verjüngung im Sinne der Inventur sind Baumartenpflanzen ab einer Höhe von 20 cm und bis zu einem BHD von 5 cm und beliebiger Höhe.

Nach ihrer Höhe wurde die Verjüngung bei der Auswertung in vier Höhenklassen gruppiert: 20 cm, 30–60 cm, 70–120 cm, ab 130 cm.

Bei der Folgeinventur (1997) wurden in der Verjüngung insgesamt 26 Baumarten registriert. Viele davon haben aber nur geringe Anteile, so dass eine Gruppenbildung bei den Auswertungen sinnvoll erschien.

Die in der Verjüngung vorhandenen Nadelbaumarten sind, in absteigender Häufigkeit: Fichte, Lärche, Zirbe, Spirke (Latsche), Tanne, gemeine Kiefer, Eibe und japanische Lärche.

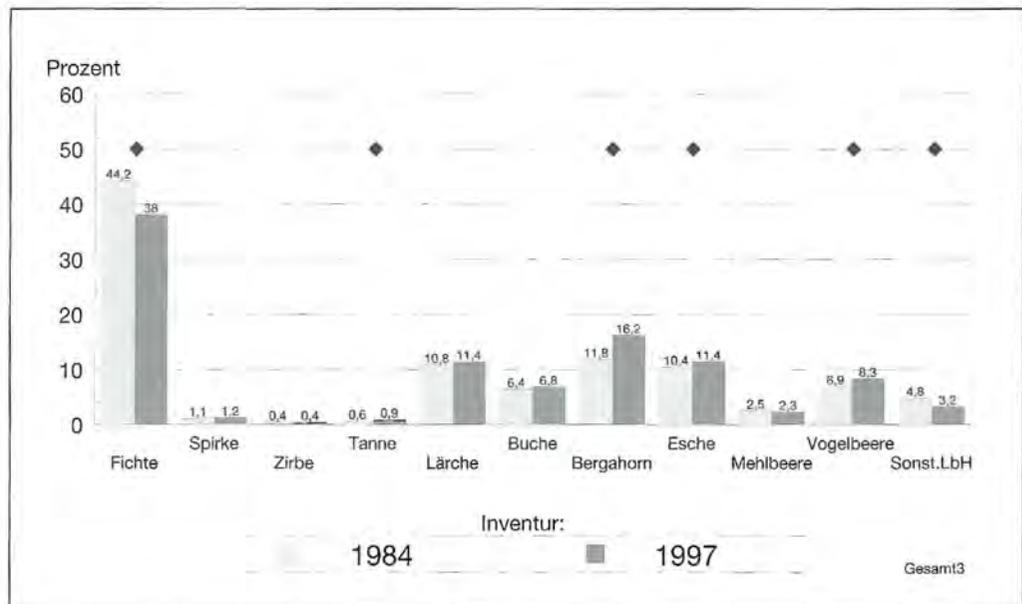
Die Laubbaumarten aus der Verjüngung sind entsprechend: Bergahorn, Esche, Vogelbeere, Buche, Mehlbeere, Grauerle, Grünerle, Ulme, Schwarzerle, Birke, Linde, Spitzahorn, Weiden, Eiche, Pappel, Aspe, Elsbeere und Hainbuche.

Für die Verjüngung wurden folgende Parameter untersucht: Baumartenanteile, Höhenklassen, Flächenanteil mit Verjüngung, Pflanzendichte pro ha und Pflanzenverbiss.

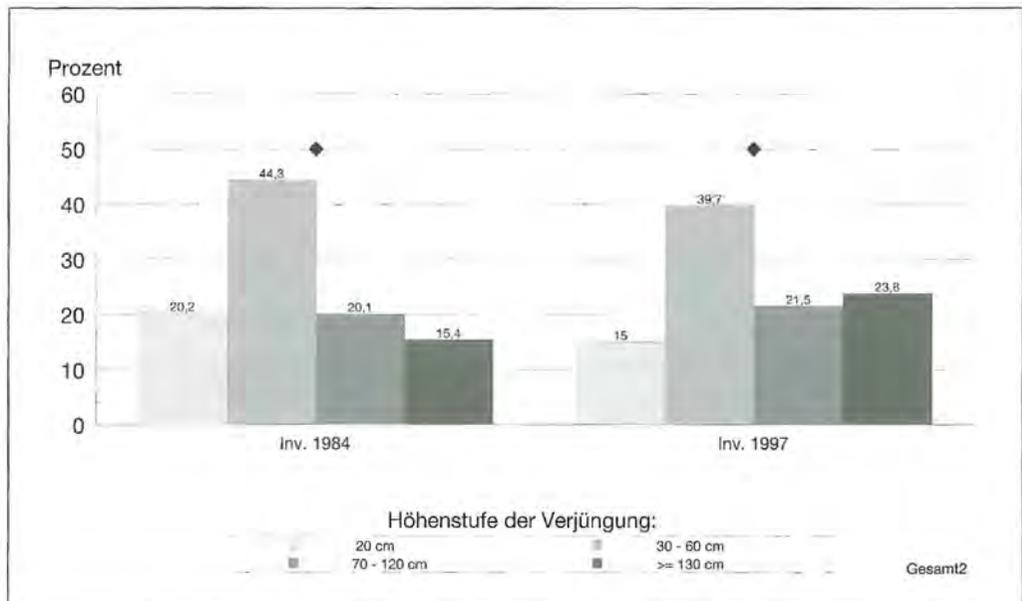
Der Verbiss wurde sowohl als Gesamtverbiss (binäres Merkmal) als auch aufgeschlüsselt in Seitentriebverbiss (1), Gipfeltriebverbiss (2) und gefegte Pflanze (3) erfasst.

Bei der Auswertung wurden folgende Aggregationsebenen berücksichtigt: Nationalpark gesamt, Behandlungszonen, Reviere, Distrikte, Höhenstufen über NN, Expositionen, Waldentwicklungsphasen und Mischungsformen.

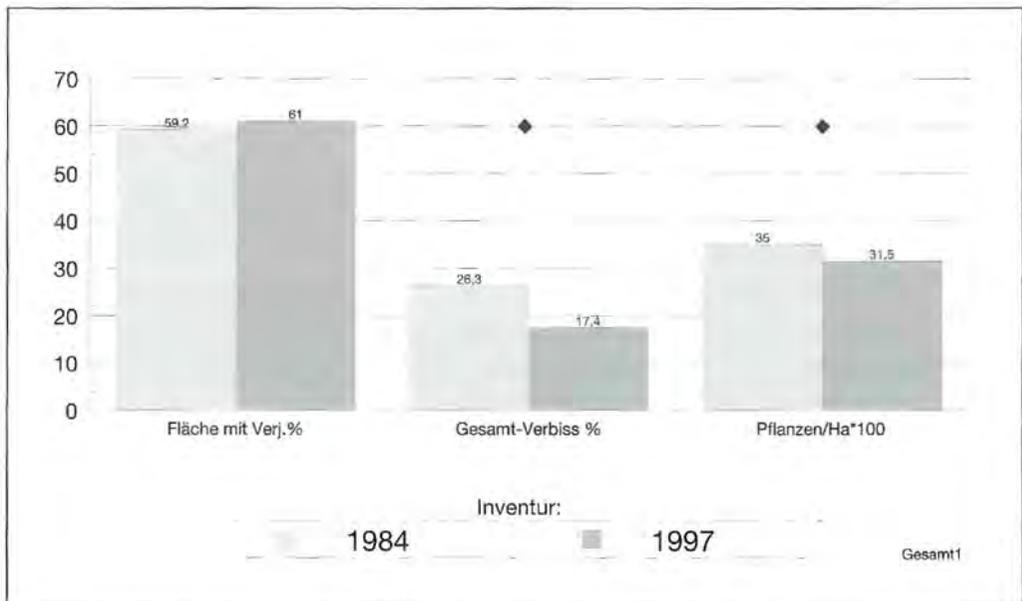
**Abb. 7.1 a:** Baumartenanteile in der Verjüngung nach Inventuren, Nationalpark gesamt.



**Abb. 7.1 b:** Höhenstruktur der Verjüngung nach Inventuren, Nationalpark gesamt.



**Abb. 7.1 c:** Weitere Verjüngungsparameter nach Inventuren, Nationalpark gesamt.



◆ = Veränderung statistisch gesichert

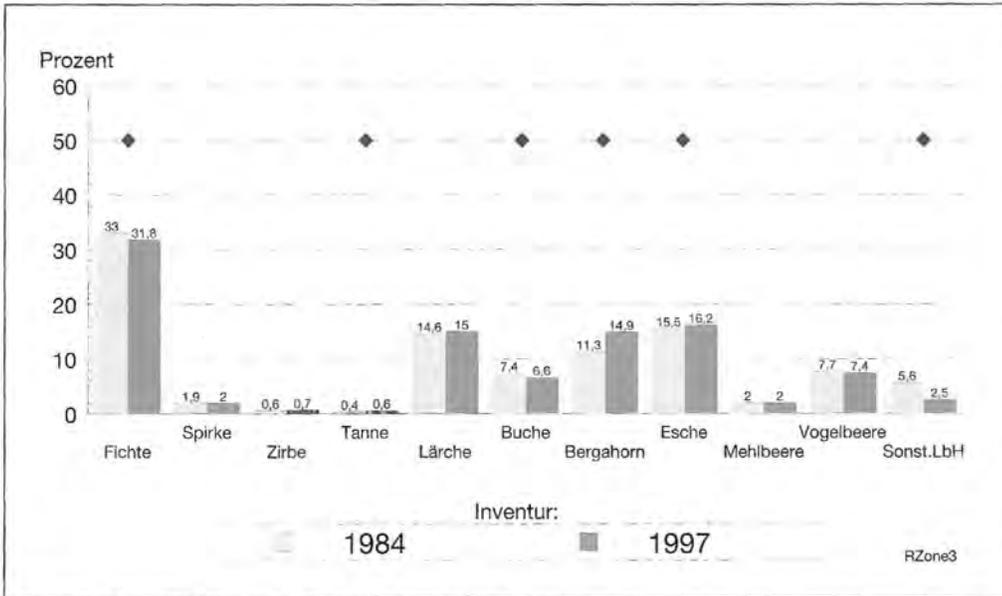


Abb. 7.2 a: Baumartenanteile in der Verjüngung nach Inventuren, Kernzone.

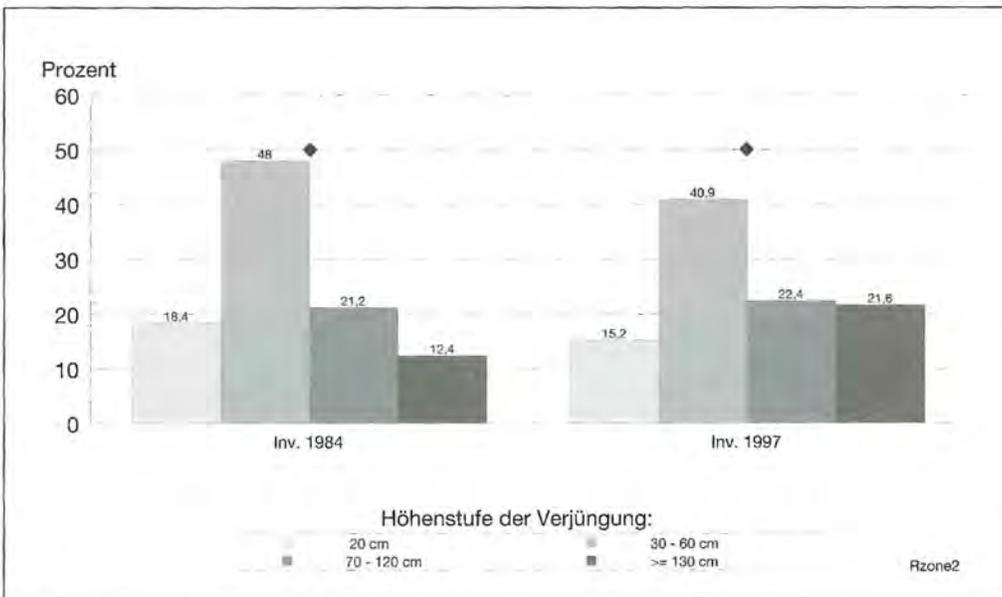


Abb. 7.2 b: Höhenstruktur der Verjüngung nach Inventuren, Kernzone.

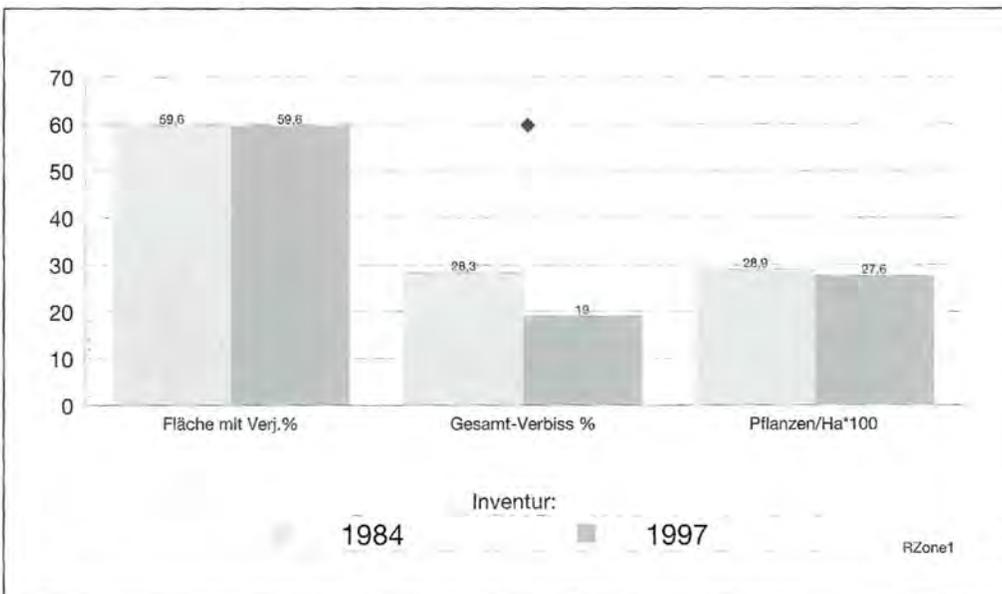
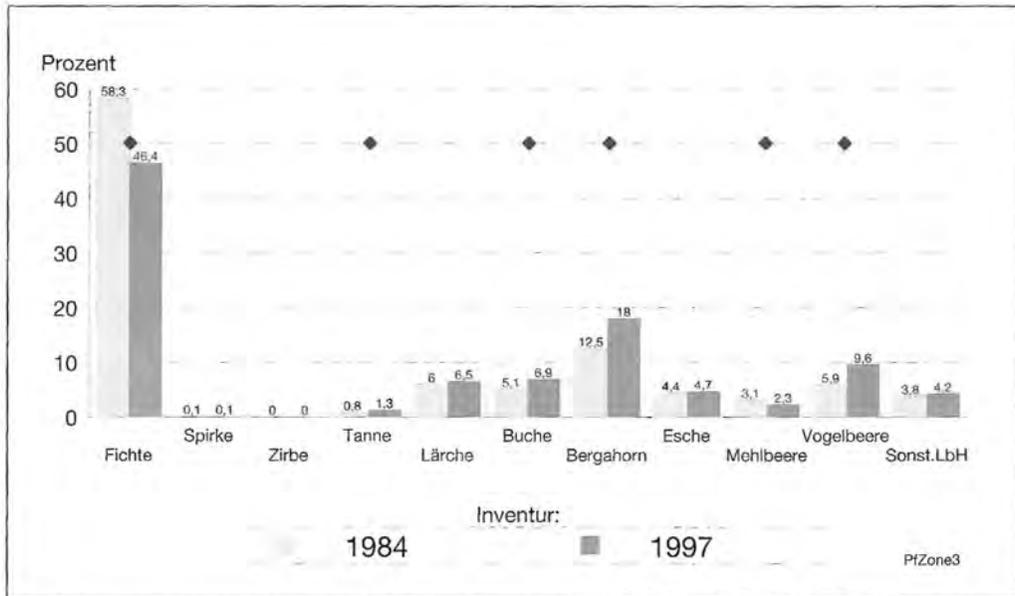


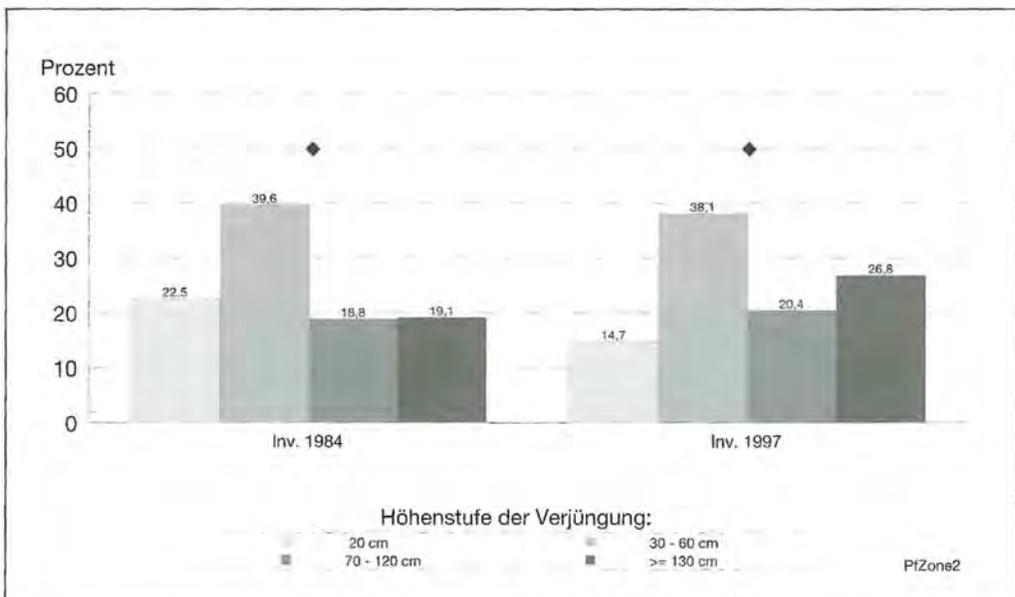
Abb. 7.2 c: Weitere Verjüngungsparameter nach Inventuren, Kernzone.

◆ = Veränderung statistisch gesichert

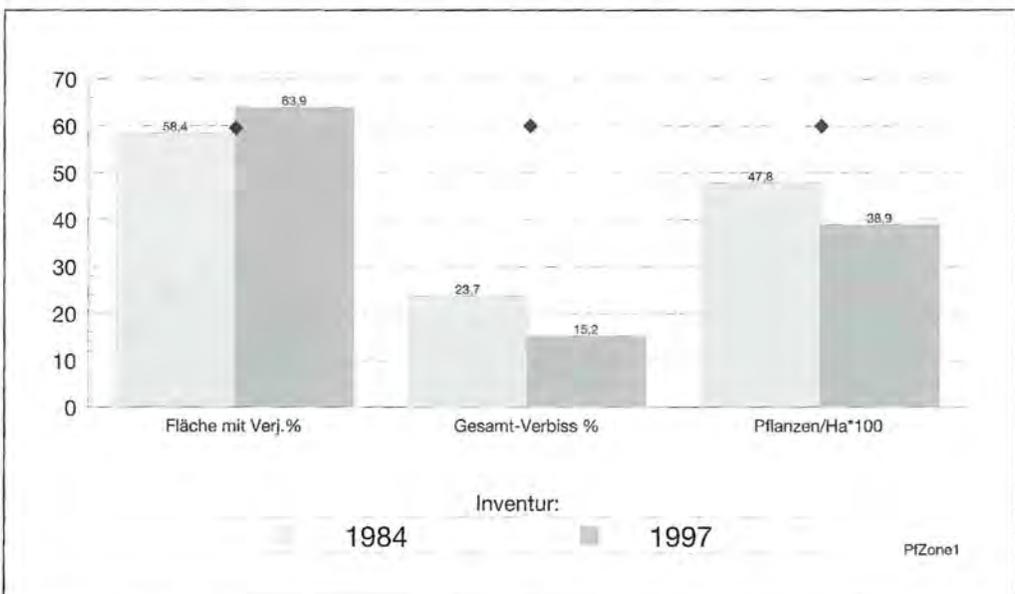
**Abb. 7.3 a:** Baumarten-  
anteile in der Verjüngung  
nach Inventuren, Pflege-  
zone.



**Abb. 7.3 b:** Höhenstruk-  
tur der Verjüngung nach  
Inventuren, Pflegezone.



**Abb. 7.3 c:** Weitere  
Verjüngungsparameter  
nach Inventuren, Pflege-  
zone.



◆ = Veränderung statistisch gesichert

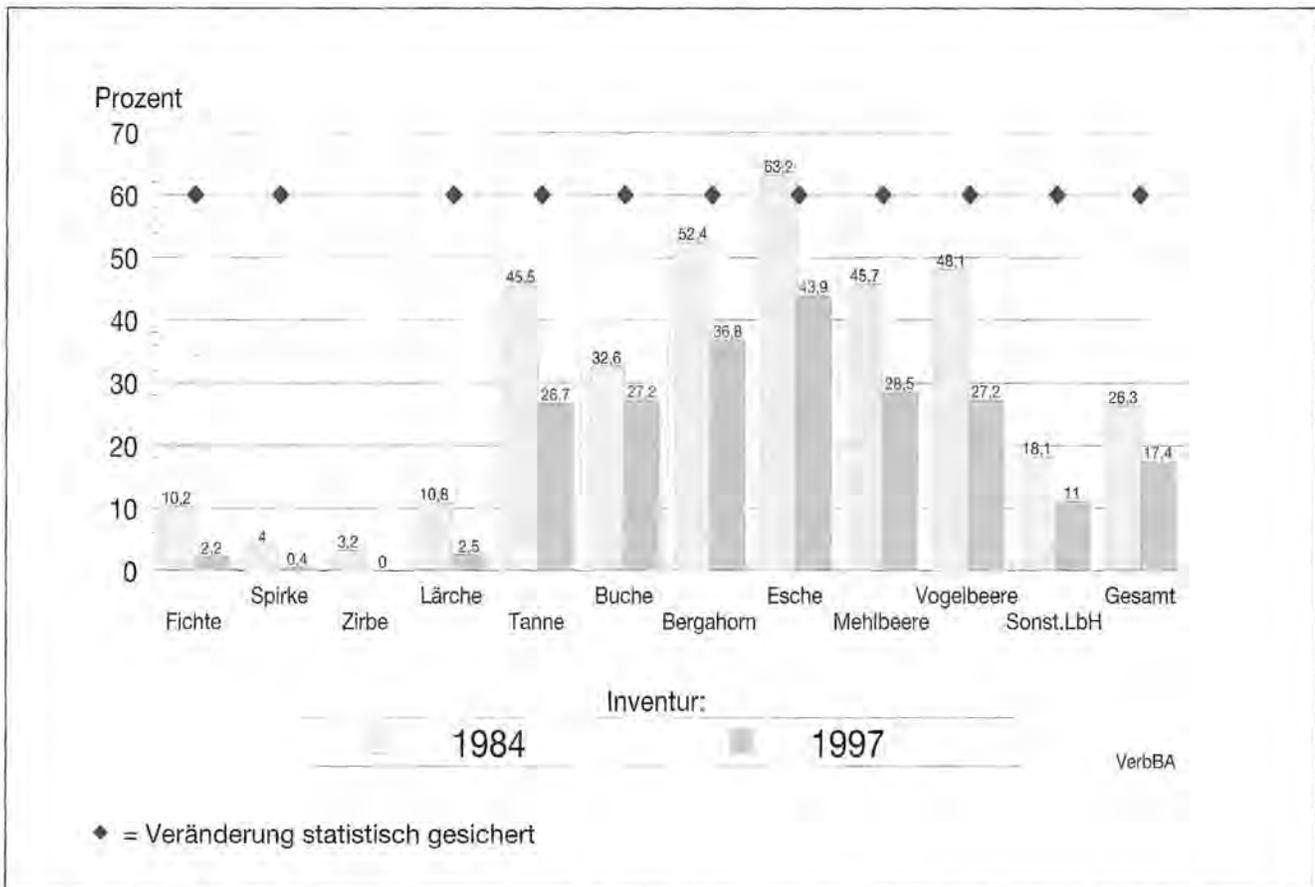


Abb. 7.4: Verbiss der Baumarten nach Inventuren (1984 und 1997), Nationalpark gesamt.

## 7.2 Baumarten- und Flächenanteile, Höhenstruktur und Verbiss

In den Abbildungen 7.1 bis 7.3 werden für den Nationalpark und die Behandlungszonen (Kernzone, Pflegezone) die Baumartenanteile, die Höhenstruktur der Verjüngung, der Flächenanteil mit Verjüngung, der Verbiss und die Pflanzendichte pro ha wiedergegeben.

In den Abbildungen sind statistisch abgesicherte Unterschiede ab einem Signifikanzniveau von jeweils 0,05 mit einer Raute kenntlich gemacht. In der Zeit zwischen der Erstinventur (1983/84) und der Folgeinventur (1995/97) haben sich die Baumartenanteile der Verjüngungsschicht in Richtung zu mehr Natürlichkeit verändert. Es ist ersichtlich, dass der Fichtenanteil auf Nationalparkebene von 44 % auf 38 % zurückgegangen ist, wobei in der Pflegezone die Abnahme viel größer (von 58 % auf 47 %) als in der Kernzone (von 33 % auf 32 %) ist. Hier zeigt sich der Einfluss der durchgeführten Pflegemaßnahmen. Mit der Abnahme des Fichtenanteils ist eine Zunahme der Anteile anderer Baumarten(gruppen) gekoppelt z.B.: Tanne von 0,5 % auf 0,9 %, Bergahorn von 12 % auf 16 %.

Der Verbiss durch Schalenwildarten sowie Weidevieh (Rinder und Schafe) hat sich in dieser Periode insgesamt über alle Baumarten von 26% auf 17 % stark verringert. Das Verhältnis der drei „Verbissstufen“ (Verbissarten) zueinander ist dabei: 1–13 % zu 2–86 % zu 3–1 %.

Gleichzeitig hat sich auch die Höhenstruktur der Verjüngung positiv entwickelt: die Anteile der Höhenklassen 70–120 cm und  $\geq 130$  cm sind gegenüber jenen der Klassen 20 cm und 30–60 cm erheblich angestiegen.

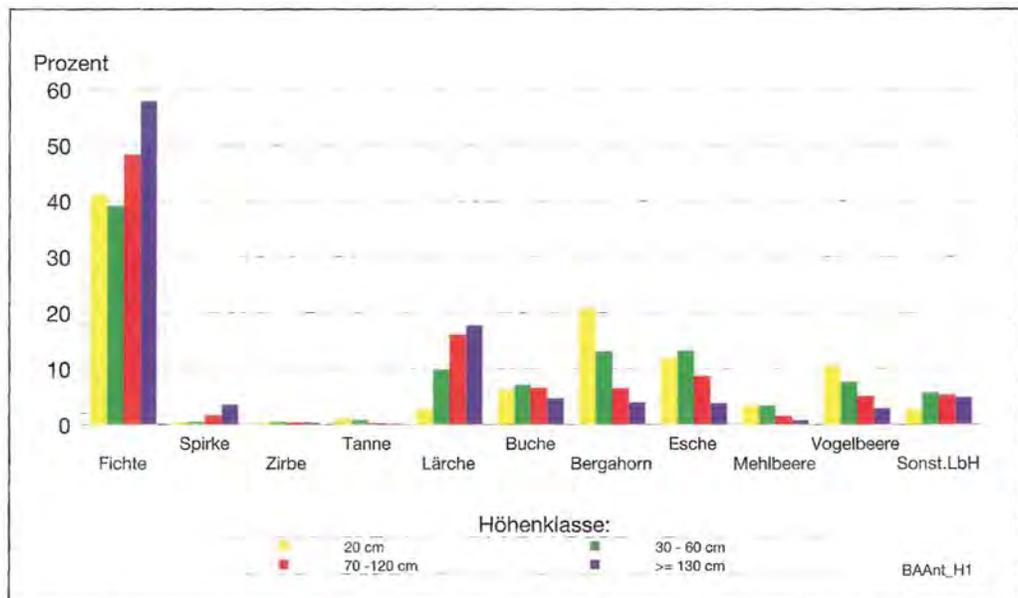
Mit Sicherheit haben die nationalparkspezifischen Pflegemaßnahmen, die Schalenwildreduktion und die Trennung von Wald und Weide entscheidend zu diesen günstigen Veränderungen, vor allem in der Pflegezone, beigetragen. In den schwer zugänglichen Gebieten bzw. in den Höhenlagen (Kernzone), wo diese Maßnahmen teilweise oder fast ganz gefehlt haben (z.B. Seewände, Landtal, Laafeld, Röth, Reiteralm), die Waldvegetation jedoch auch einen größeren Natürlichkeitsgrad hat und die Entwicklung langsamer abläuft, sind die Veränderungen weniger ausgeprägt.

Bei einer größeren Mittelhöhe der Verjüngung zur Zeit der Folgeinventur (1984 – 64 cm, 1997 – 107 cm) hat die Pflanzenanzahl pro ha gegenüber der Erstinventur leicht abgenommen.

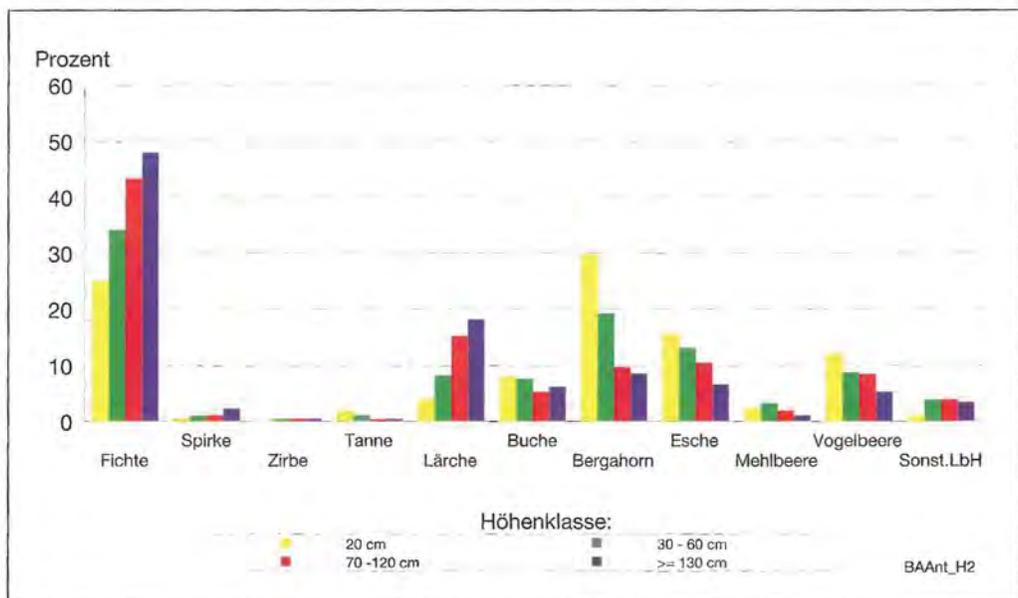
Der Flächenanteil mit Verjüngung auf Nationalparkebene hat nur unwesentlich zugenommen. Eine Ausnahme bilden die Gebiete wo Rotwildfütterungen aufgelöst wurden (Obersee, Steinberg, Hintersee Schattseite). Hier wird eine starke Zunahme des Flächenanteils mit Verjüngung verzeichnet.

Nach ihrem derzeitigen Verbiss können die Baumarten in zwei Gruppen aufgeteilt werden:

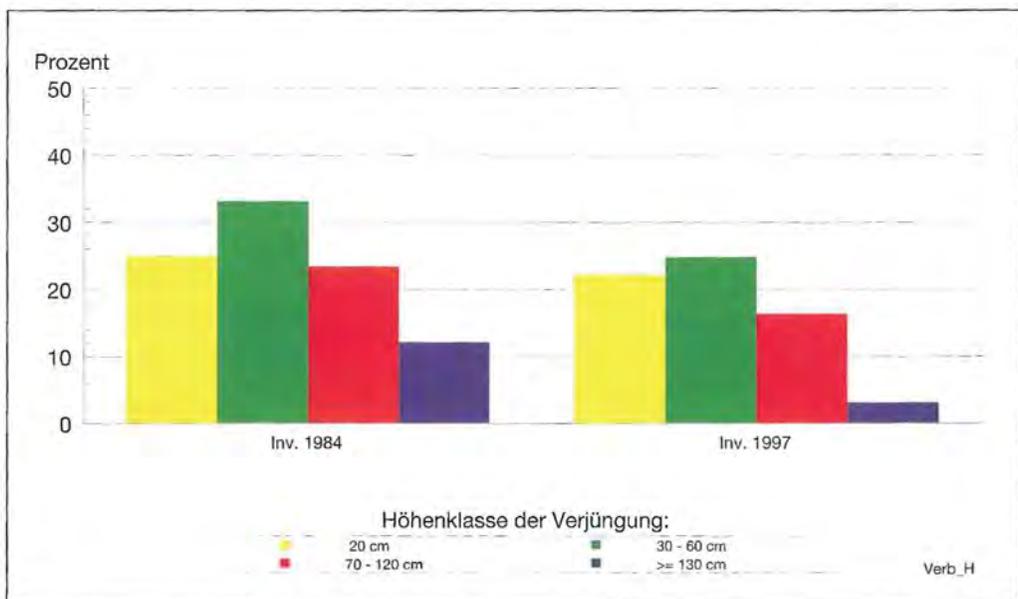
**Abb. 7.5 a:** Baumartenanteile nach Höhenklassen bei 1. Inventur 1984, Nationalpark gesamt.



**Abb. 7.5 b:** Baumartenanteile nach Höhenklassen bei 2. Inventur 1997, Nationalpark gesamt.



**Abb. 7.5 c:** Verbiss nach Höhenklassen und Inventuren über alle Baumarten, Nationalpark gesamt.



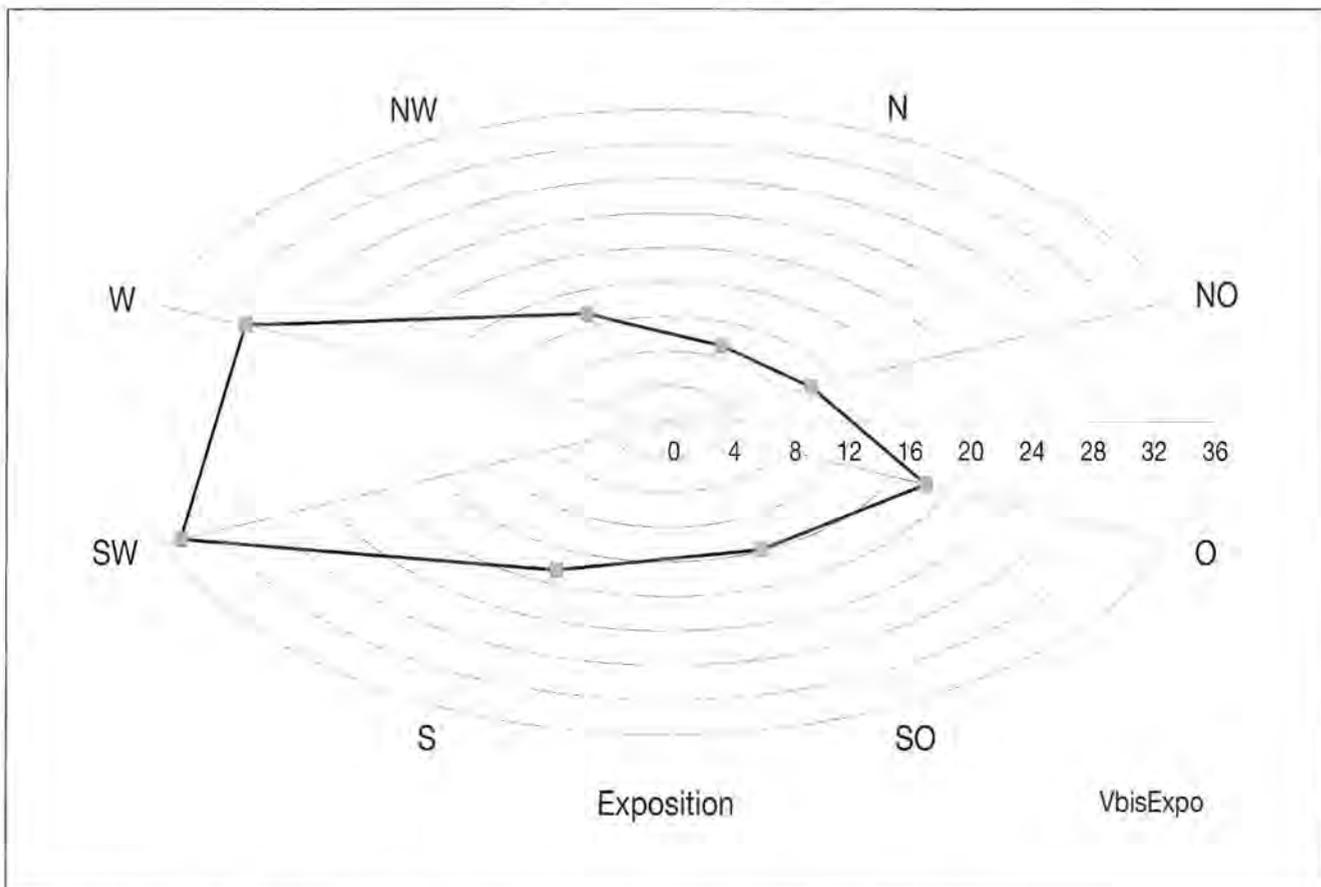


Abb. 7.6: Verbiss nach Expositionen, %, Nationalpark gesamt.

1. Baumarten, die nur gering oder nicht verbissen werden: Zirbe, Spirke, Fichte, Lärche mit einem durchschnittlichen Gesamtverbiss (1997) von 2 %;
2. Baumarten, die stark verbissen werden: Esche, Bergahorn, Vogelbeere, Mehlbeere, Tanne, Buche, Grünerle mit einem durchschnittlichen Gesamtverbiss (1997) von 34 % (Abbildung 7.4).

Auffallend ist, dass ausschließlich die erste Gruppe von Baumarten (gering oder nicht verbissen) gefegt worden ist (0,4 %).

Alle Baumarten – (Ausnahme sind Zirbe und Spirke, die praktisch nicht verbissen werden) – verzeichnen 1997 gegenüber 1984 signifikante Verbissreduktionen, die zwischen 21 % bei Vogelbeere und 5 % bei Buche liegen (Nationalpark gesamt). Auf weiteren Aggregations-ebenen (Reviere, Behandlungszonen, Distrikte) ist bei weniger häufigen Baumarten (Tanne u.a.) der Stichprobenumfang für eine statistische Absicherung oft zu klein. So ist die Tanne im Revier 2 Königssee und im Revier 4 Hintersee so schwach vertreten, dass die Zunahme des Verbisses (Revier 2) bzw. seine Abnahme (Revier 4) im Bereich der zufälligen Schwankungen liegt. Bei der Buche liegt die Abnahme in dem Revier 3 Schapach und die Zunahme des Verbisses im Revier 4 Hintersee ebenfalls im Bereich des Zufälligen. Auf Revier und Distriktebene spielt auch die unterschiedliche Zäunung der Verjüngungsflächen in der Zeitspanne zwischen den Inventuren eine gewisse Rolle. Diese ist jedoch zahlen-

mäßig nicht schätzbar, da Zäunung nicht als Inventurparameter ausgewählt wurde.

Sowohl die Höhenstruktur der Verjüngung über alle Baumarten (Abbildungen 7.1 b, 7.2 b, 7.3 b) als auch die Struktur der Verjüngung nach Baumarten und den ausgewiesenen Höhenklassen (Abbildung 7.5) weisen auf eine deutliche Reduzierung des Verbisses hin. Den höchsten Verbiss weisen die Höhenklassen 30 bis 60 cm (33 % im Jahre 1984 bzw. 24 % im Jahre 1997) sowie die Klasse 20 cm (26 % in 1984 bzw. 22 % in 1997) auf. Die höheren Klassen (70 bis 120 cm und  $\geq 130$  cm) haben deutlich kleinere Verbissanteile (Pflanzen entwachsen dem Äser). Der Höhenstrukturvergleich der Verjüngung nach Baumarten (Abbildungen 7.5 a und b) zeigt deutlich die Vorteile, die den wenig verbissenen Baumarten gegenüber den Baumarten, die vom Wild und dem Weidevieh stark angenommen werden, erwachsen. So steigt bei der Erstinventur 1984 der Anteil der Fichte von 41 % in der Höhenklasse 20 cm auf 58 % in der Höhenklasse  $\geq 130$  cm an, bei Lärche entsprechend von 3 % auf 18 %. Demgegenüber sinken die Anteile des Bergahorns von 21 % auf 4 % und die der Tanne von 0,9 % auf 0,1 %. Bei der Zweitinventur 1997 steigt der Anteil der Fichte von 25 % in der Höhenklasse 20 cm auf 48 % in der Höhenklasse  $\geq 130$  cm an, bei Lärche entsprechend von 4 % auf 18 %. Demgegenüber sinken die Anteile des Bergahorns von 30 % auf 9 % und die der Tanne von 1,8 % auf 0,4 %. Im Falle der Tanne erreichten somit 1984 von neun 20 cm hohen Bäumchen nur

ein einziges die Höhe von 130 cm; 1997 erreichte jedoch „schon“ jede vierte 20 cm hohe Tanne diese „gesicherte“ Höhe.

Die Exposition beeinflusst in dem stark zerklüfteten Gelände des Nationalparks sowohl die Baumartenanteile als auch das Äsungsverhalten des Wildes und somit den Verbiss der Verjüngung (siehe Abbildung 7.6). Weit über dem Durchschnitt liegt der Verbiss auf südwestlichen (34 %) und westlichen Lagen (30 %) und weit unter dem Durchschnitt der Verbiss auf nördlichen (9 %), nord-östlichen (10 %) und nord-westlichen Lagen (12 %). Zusammengefaßt ist der Verbiss auf Sonnseiten mit 27 % mehr als doppelt so hoch gegenüber jenem auf den Schattseiten (13 %).

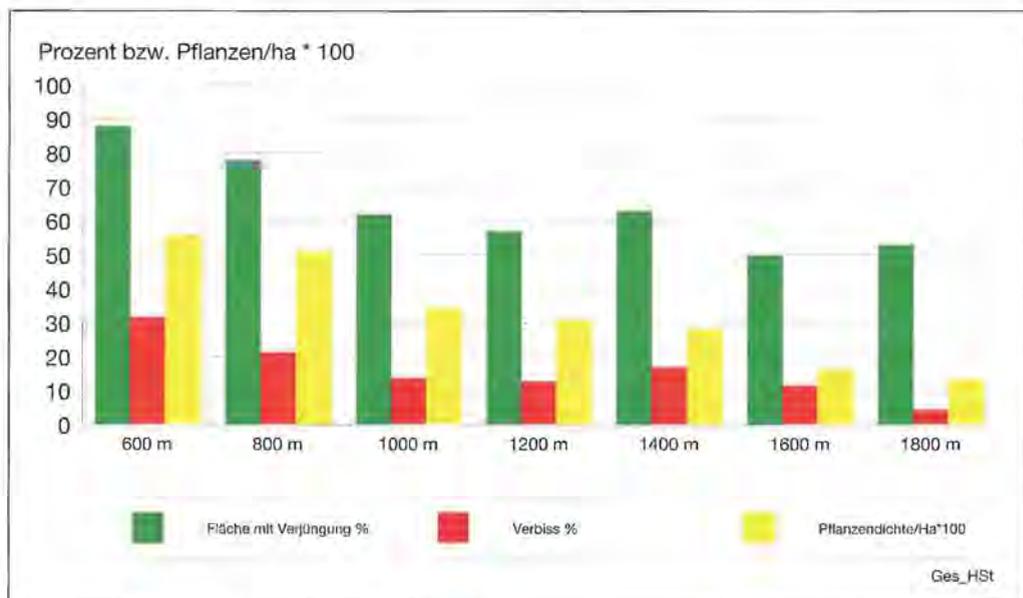
Bei dem sehr ausgeprägten Höhengradienten des Geländes im Nationalpark ist die Höhenlage über NN ein weiterer entscheidender Faktor, der die Verjüngung beeinflusst (siehe Abbildung 7.7). Der Anteil der Fläche mit

Verjüngung nimmt mit steigender Höhe von 89 % in 600 m auf 57 % in 1200 m ab und stabilisiert sich anschließend bis 1800 m annähernd auf diesem Niveau. Die Pflanzendichte sinkt stetig von 5600 Pflanzen pro ha (600 m Stufe) auf 1300 Pflanzen pro ha (1800 m Stufe).

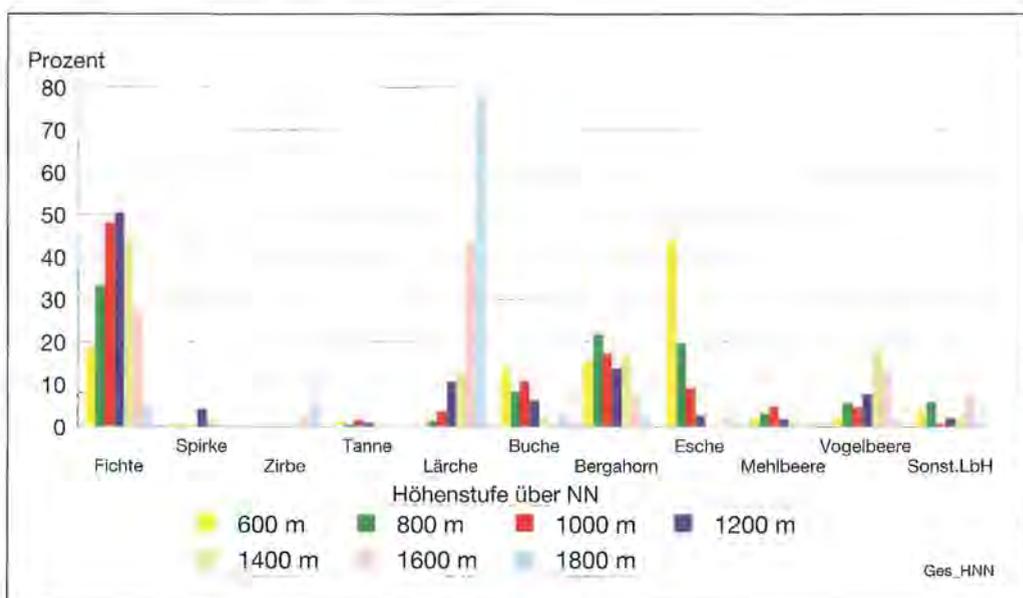
Die Baumartenverteilung der Verjüngung nach Höhenstufen über NN zeigt deutlich die beherrschende Rolle der Fichte zwischen 800 und 1400 m Seehöhe und die der Lärche in den höheren Lagen. In der untersten Höhenstufe (600 m) ist die Esche die häufigste Baumart in der Verjüngung.

Der überhöhte Fichtenanteil bis 1200 m Seehöhe gegenüber dem typischen Bergmischwald geht parallel mit verminderten Buchen- und Tannenanteilen einher. Ohne zukünftige Pflanzungen von Buchen und Tannen, gekoppelt mit entsprechenden Pflege- und Schutzmaßnahmen (Verbissreduzierung), kann bei dem jetzigen Verjüngungspotential der Fichtenaltbestände kaum mit

**Abb. 7.7 a:** Variation der Fläche mit Verjüngung, der Pflanzendichte/ha und des Pflanzenverbisses nach Höhenstufen über NN bei 2. Inventur 1997, Nationalpark gesamt.



**Abb. 7.7 b:** Baumartenanteile in der Verjüngung nach Höhenstufen über NN bei 2. Inventur 1997, Nationalpark gesamt.

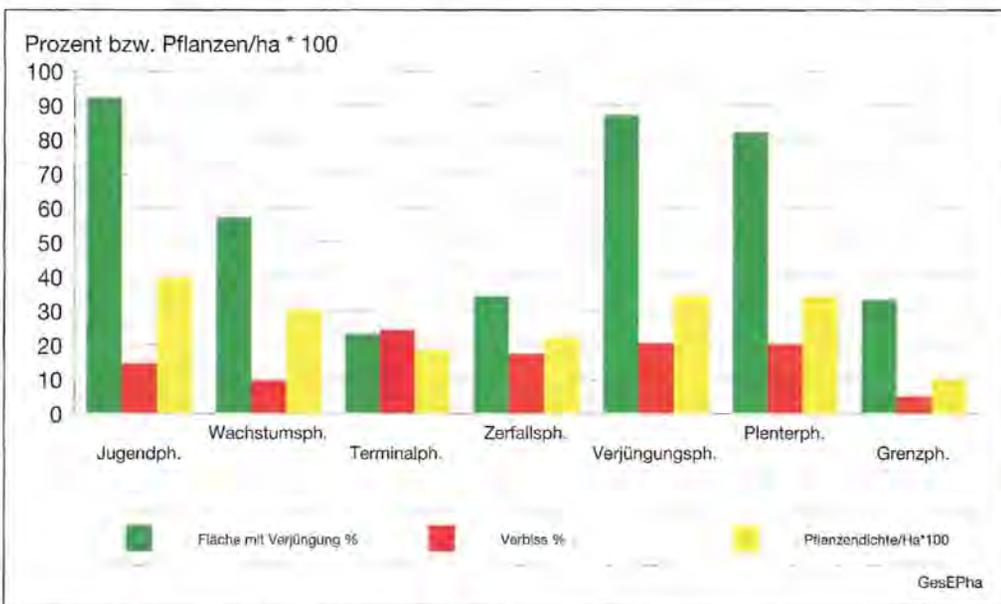


einer Verringerung des Fichtenanteils in der Verjüngung (und somit auch in den zukünftigen Beständen) gerechnet werden. Die Anteile von Bergahorn, Mehl- und Vogelbeere in der Verjüngung entsprechen in etwa den natürlich erwarteten. Die Zirbe und Spirke nehmen Sonderstandorte ein, die mit Abstand die natürlichsten Wälder des Nationalparks tragen (sehr geringe bis keine Nutzung auch in der Vergangenheit).

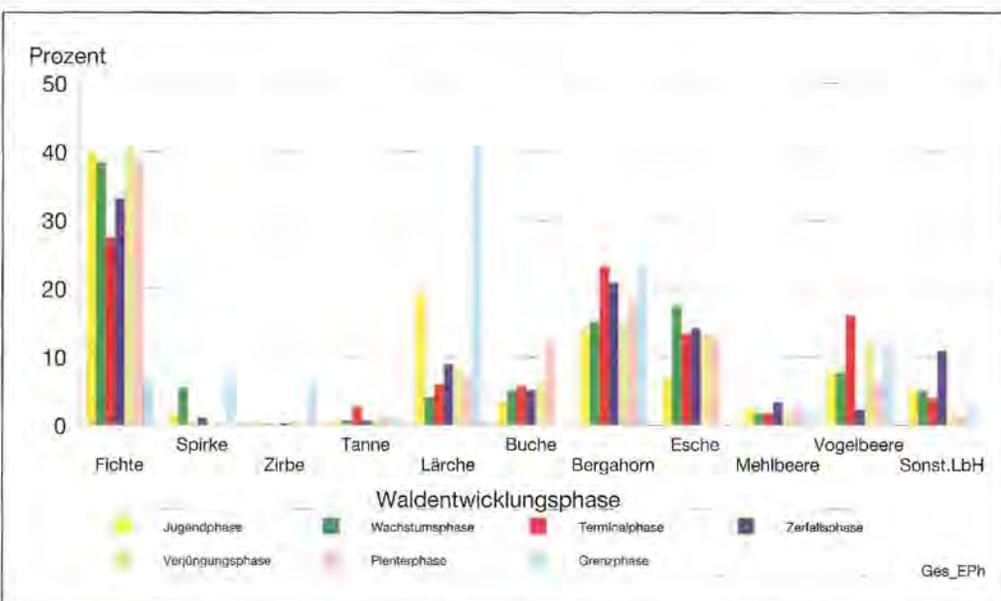
Die Verjüngung hat je nach Entwicklungsphase des überschirmenden Bestandes eine kleinere oder größere Chance, in die Baumschicht einzuwachsen. Für die mittelfristige Verjüngung der Bestände dürfte vor allem die Verjüngung der Jugend-, Verjüngungs- und Plenterphase gegenüber der aus den übrigen Entwicklungsphasen von Bedeutung sein (siehe Abbildung 7.8). In diesen, für die Weiterentwicklung der Bestände bedeutsamen Phasen, hat der Flächenanteil mit Verjüngung Werte zwischen 80 % und 90 % und die Pflanzendichte erreicht Werte von 3200 bis 4000 Pflanzen pro ha. Die Aus-

gangssituation für die Verjüngung ist daher positiv zu beurteilen. Der Verbiss erreicht jedoch in der Verjüngungs- und Plenterphase mit 20 % einen noch sehr hohen Wert. Angesichts der Tatsache, dass die für den Bergmischwald typischen Baumarten Tanne und Buche sich größtenteils unter Schirm verjüngen, dürfte dieser hohe Verbiss noch kritischer zu beurteilen sein.

Die Fichte ist, mit Ausnahme der Grenzphase, in allen Entwicklungsphasen die am häufigsten vertretene Baumart in der Verjüngung. Demgegenüber sind in der Verjüngung der Grenzphase am häufigsten Spirke und Zirbe anzutreffen. Die Tanne kommt in allen Phasen in sehr kleinen Verjüngungsanteilen vor, hat jedoch in der Terminalphase einen mehr als doppelt so hohen Anteil (2,6 %) als in den übrigen Phasen. Dieser „erhöhte“ Anteil geht sowohl auf die natürliche Verjüngung der Tanne unter relativ dichtem Schirm, als auch auf das Auspflanzen von Tannen unter Schirm zurück. Die Lärche kommt hauptsächlich in jenen Entwicklungsphasen vor, wo ihre



**Abb. 7.8 a:** Variation der Fläche mit Verjüngung, der Pflanzendichte/ha und des Pflanzenverbisses nach Waldentwicklungsphasen bei 2. Inventur 1997, Nationalpark gesamt.



**Abb. 7.8 b:** Baumartenanteile in der Verjüngung nach Waldentwicklungsphasen bei 2. Inventur 1997, Nationalpark gesamt.

Lichtansprüche voll befriedigt werden (Jugendphase, Grenzphase); sie fehlt jedoch auch in den anderen Phasen nicht gänzlich. Die Buche verjüngt sich hauptsächlich in der Plenterphase, wo sie die vielfältigen Variationen von Licht und Schatten optimal ausnutzen kann und wo sie in den weniger zugänglichen Lagen durch die Salinenbewirtschaftung der Wälder nicht ausgerottet wurde. Sie wurde in der Pflegezone auch künstlich, sowohl unter Schirm als auch in Verjüngungslücken, ausgebracht.

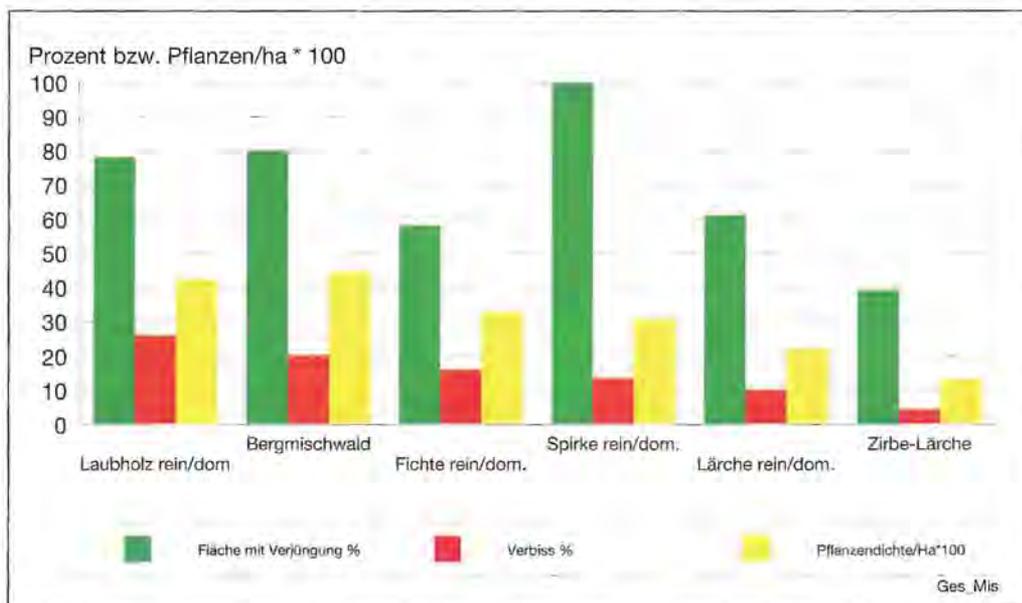
Die Verjüngung von Esche, Bergahorn, Mehlbeere und Vogelbeere ist über alle Entwicklungsphasen entsprechend ihrem Gesamtanteil verteilt.

Die zu erwartende Verjüngung unter Schirm hängt auch entscheidend von dem Samen produzierenden Altbestand mit seinen Baumarten ab. Für den Nationalpark wurden Mischungsformgruppen ausgewiesen, die nach quantitativen Kriterien der Baumartenanteile für jede Probefläche berechnet wurden.

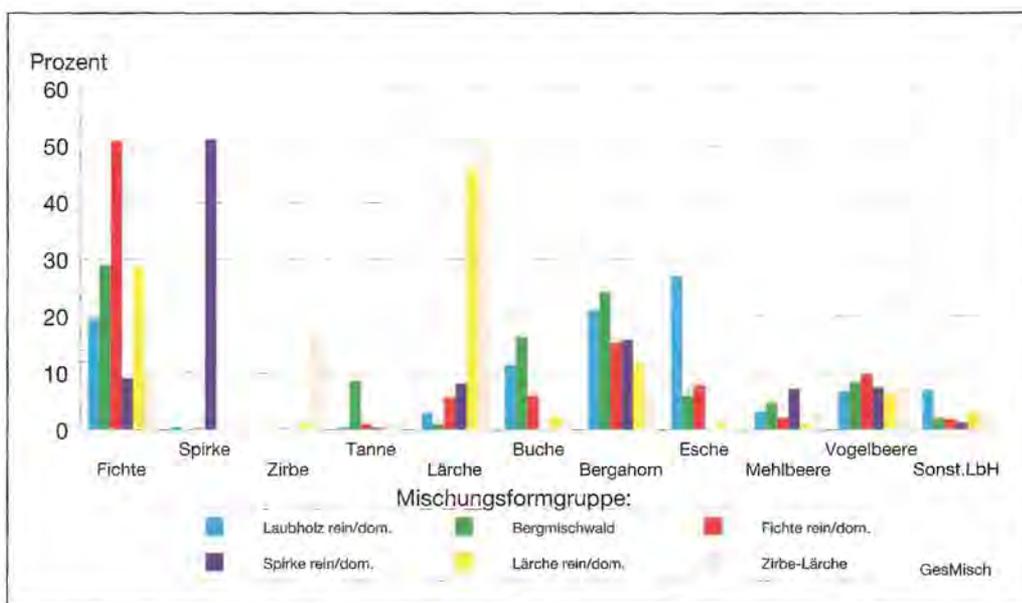
Die von Natur aus sehr lichten Spirkenwälder haben über ihre ganze Fläche Verjüngung mit einer Pflanzendichte von ca. 3000 Pflanzen pro ha (siehe Abbildung 7.9). Der Bergmischwald und Laubholz rein/dominant haben auf annähernd 80 % der Fläche Verjüngung, mit der größten Pflanzendichte aus dem Nationalpark (bis über 4000 Pflanzen pro ha). Der Fichten- und Lärchenwald haben auf 60 % der Fläche Verjüngung, mit Pflanzendichten von ca. 3000 Pflanzen pro ha (Fichtenwald) und 2000 Pflanzen pro ha (Lärchenwald). Der in den subalpinen Hochlagen vorkommende Zirben-Lärchenwald (Zirbe rein/dominant) hat nur auf 40 % seiner Fläche Verjüngung mit einer sehr geringen Pflanzendichte (ca. 1200 Pflanzen pro ha).

Die Fichte verjüngt sich außer in dem Fichtenwald, wo sie knapp über 50 % Anteile hat, auch im Bergmischwald und im Lärchenwald (Anteile von ca. 28 %). In der Mischungsform Laubholz rein/dominant hat die Verjün-

**Abb. 7.9 a:** Variation der Fläche mit Verjüngung, der Pflanzendichte/ha und des Pflanzenverbisses nach Mischungsformgruppen bei 2. Inventur 1997, Nationalpark gesamt.



**Abb. 7.9 b:** Baumartenanteile in der Verjüngung nach Mischungsformgruppen bei 2. Inventur 1997, Nationalpark gesamt.



gung immer noch 20 % Fichte. Die Spirken- und Zirben-Lärchenwälder haben in ihrer Verjüngung dagegen nur 10 % Fichte.

Die Spirke und die Zirbe verjüngen sich fast ausschließlich nur in ihrer jeweiligen Mischungsformgruppe. Die Tannenverjüngung kommt mehrheitlich im Bergmischwald vor (dabei dürfte ein Teil künstlich eingebracht sein). In den Lärchen und Lärchen-Zirbenwäldern hat die Lärchenverjüngung bedeutende Anteile von 45 % bzw. 55 %; in den restlichen Mischungsformgruppen ist sie mit unter 10 % eine typische bis seltene Mischbaumart. Die Buche kommt in den Mischungsformgruppen Laubholz rein/dominant, Bergmischwald und Fichte rein/dominant vor, wo sie teilweise auch künstlich eingebracht wurde. Nur ganz selten ist sie in Lärchen und Lärchen-Zirbenwäldern in der Verjüngung anzutreffen. Die Verjüngung der Esche hat in der Mischungsform Laubholz rein/dominant (wo die Esche auch in der Baumschicht oft die Hauptbaumart darstellt) einen Anteil von 27 %, im Bergmischwald und im Fichtenwald jedoch nur einen Anteil von ca. 7 %. Der Bergahorn ist in allen Mischungsformen vertreten, was seinen Pioniercharakter unterstreicht. Die größten Verjüngungsanteile erreicht er im Bergmischwald (24 %) und dem Laubholz rein/dominant (21 %). Im Fichten- und Spirkenwald hat er einen Anteil von 15 %, im Lärchenwald 12 % und im Zirben-Lärchenwald noch 6 %. Die Mehlbeere ist in allen Mischungsformen in der Verjüngung vorhanden, jedoch bleiben ihre Anteile meistens unter 5 %. Die Vogelbeere hat über alle Mischungsformen eine ausgeglichene Verteilung (typische Pionierbaumart) mit einem Mittelwert von ca. 8 %

### 7.3 Häufigkeitsverteilung der Verjüngung nach Keimsubstraten

Bei der Folgeinventur wurde für jede Probestfläche bei vorhandener Verjüngung die Art der Keimunterlage – Rannen, Stöcke, Rohboden, Steinblöcke, – bzw. die Art der Bodenvegetation – Zwergsträucher oder Gras/Farn-, für die Baumarten Fichte, Spirke, Zirbe, Tanne, Lärche, Buche, Esche, Bergahorn, Mehlbeere und Vogelbeere angesprochen.

Da der Höhengradient im Nationalpark einer der entscheidenden Faktoren für die klimatische Differenzierung darstellt und dieser für das Keimen und die Entwicklung der Sämlinge ausschlaggebend ist, wurde eine Analyse der Häufigkeit der Verjüngung auf den ausgewiesenen Keimsubstraten nach Baumarten und Höhenstufen über NN, unter Berücksichtigung der Flächenanteile der Substrate, vorgenommen.

In Tabelle 7.1 ist die relative Häufigkeit der Verjüngung nach Baumarten (gesamt über alle Höhenstufen), und in Tabelle 7.2 nach Höhenstufen (gesamt über alle Baumarten) wiedergegeben.

Anschließend werden die Häufigkeiten der Verjüngung nach Baumarten im Vergleich zu den Flächenanteilen der angesprochenen Substrate bewertet.

**Fichtenverjüngung** kommt in allen Höhenstufen des Nationalparks von 600 m bis 1800 m vor.

Auf Rannen und Stöcken, die flächenmäßig kaum ins Gewicht fallen (2 %), wird eine Verjüngungshäufigkeit von 25 % verzeichnet. Die Fichte ist somit die Baumart, die diese Modersubstrate am besten nutzen kann. Auf Gras/Farn, das mit 51 % die flächenmäßig verbreitetste Art der Bodenvegetationsschicht darstellt, wird eine relativ hohe Verjüngungshäufigkeit der Fichte (38 %) verzeichnet. Sie ist jedoch viel kleiner als der entsprechende Flächenanteil. Die Zwergstrauchgruppen stellen für die Fichtenverjüngung die ungünstigste Bodenvegetation dar. Bei 8 % der Fläche liegt die Verjüngungshäufigkeit nur bei 1,5 %.

Höhenstufenmäßig erreicht die Verjüngungshäufigkeit auf Rannen und Stöcken in der 800 m Stufe mit 35 % ihren Höhepunkt; in der 1800 m Stufe dagegen fehlt die Fichte auf diesen Keimsubstraten, die in dieser Höhenstufe aber auch flächenmäßig sehr stark zurückgehen. Auf Steinblöcken nimmt die Verjüngungshäufigkeit mit der Höhenlage zu. Dies ist sicherlich mit der flächigen Zunahme dieser Substratart mit steigender Höhenlage verbunden. Mit steigender Höhenlage nimmt jedoch auch die relative Güte der überhöhten Substratarten zu (früheres Ausapern und somit eine verlängerte Vegetationsperiode).

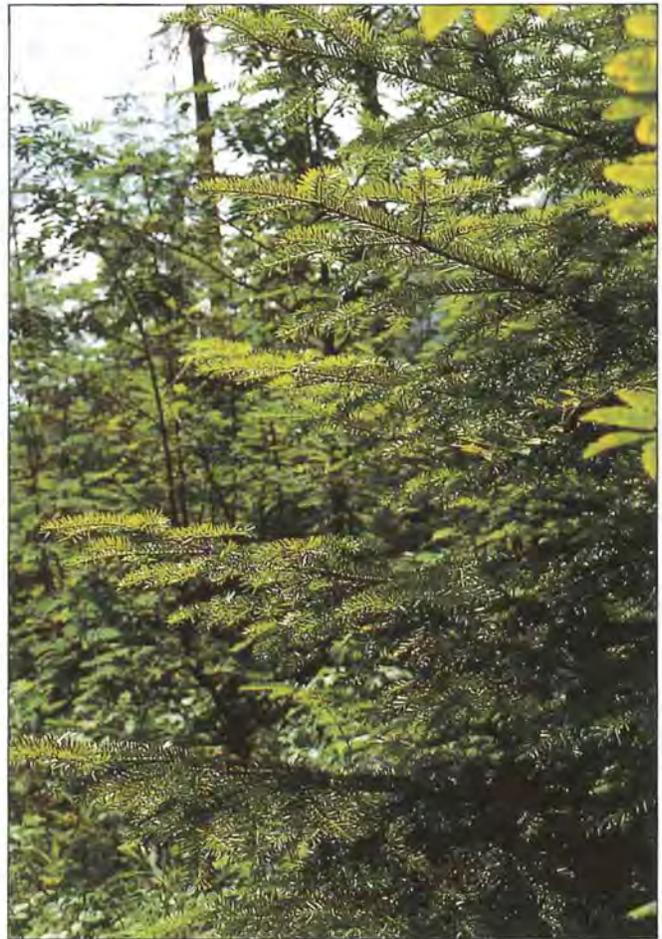
Die **Spirke** kommt im Nationalpark fast ausschließlich im Wimbachgries ab ca. 1000 m vor. Die steinigten, relativ trockenen Standorte sowie die sehr lichten Bestände der Spirke verhindern das Keimen der Spirkensamen auf Rannen (relativ schnelles Austrocknen dieser, über der Bodenoberfläche liegenden Totholzteile).

Zwischen Gras, auf Rohböden, Steinblöcken und in Zwergstrauchgruppen findet sie relativ gute Keim- und Entwicklungsmöglichkeiten. Da die Spirkenbestände schon seit langer Zeit nicht mehr genutzt werden, spielen Stöcke als Keimsubstrat kaum eine Rolle.

**Zirbenverjüngung** kommt vereinzelt schon ab 1000 m vor, vermehrt jedoch erst ab 1400 m in den subalpinen Hochlagen. Rannen sind in den sehr lichten Zirben-Lärchenbeständen selten und Stöcke fehlen ganz. Zwischen Gras/Farn ist die Verjüngungshäufigkeit zwar am höchsten (35 %), jedoch im Vergleich zu dem Flächenanteil (51 %) relativ gering. Die Verjüngungshäufigkeiten auf überhöhten Steinblöcken sowie auf Rohboden oder in Zwergstrauchgruppen sind dagegen größer als die jeweiligen Flächenanteile dieser Keimsubstrate.

Die **Tanne** ist von 600 m bis 1600 m in der Verjüngung vertreten (oft sogar in Latschengruppen). In den unteren und mittleren Lagen der Pflegezone ist sie jedoch auch künstlich eingebracht worden.

Ihre Verjüngungshäufigkeit von 57 % in Gras/Farn (51 % Flächenanteil) ist sicherlich auf die künstliche Auspflanzung zurückzuführen. Auf Stöcken/Rannen oder Rohboden kommt sie natürlicherweise gut an (6 % Häufigkeit zu 2 % Flächenanteil, bzw. 29 % zu 15 %). In Zwergstrauchgruppen und auf Steinblöcken hat sie dagegen Schwierigkeiten (3 % zu 8 % bzw. 4 % zu 10 %).



Die Entwicklung der Wälder von den naturfernen Fichtenforsten zu standortgerechten naturnahen Bergmischwäldern ist in vollem Gange: **a)** Oben: Verjüngung in einem Buchenreichen Bergmischwald (Klausbachtal), **b)** links: und **c)** rechts: Verjüngung mit Tanne, Vogelbeere, Bergahorn und Fichte (Kühroint).

Tab. 7.1: Relative Häufigkeiten der Verjüngung der Hauptbaumarten auf verschiedenen Keimsubstraten.

Gesamt Höhenstufen							
BAUMART	Verjüngungsart						
	Rannen	Stöcke	Rohboden	Stein	ZwrgStr	Gras/Farn	Gesamt
	%	%	%	%	%	%	%
Fi	14,05	10,96	19,15	16,21	1,51	38,12	100,00
Spir	.	.	23,89	15,04	15,93	45,13	100,00
Zir	0,78	.	17,19	24,22	22,66	35,16	100,00
Ta	3,42	2,74	29,45	4,11	3,42	56,85	100,00
Lae	5,83	4,14	11,57	25,84	8,28	44,34	100,00
Bu	1,90	0,82	36,41	6,79	0,82	53,26	100,00
Es	1,92	0,77	32,95	12,64	0,38	51,34	100,00
BAh	0,75	0,54	25,94	8,04	2,25	62,49	100,00
Mebe	.	1,40	16,08	6,29	4,90	71,33	100,00
Vobe	1,49	1,49	26,45	14,55	5,95	50,08	100,00
Gesamt	7,41	5,69	21,11	15,62	3,90	46,26	100,00
Flächenanteil %	1,50	0,50	15,00	10,00	8,00	51,00	x

Tab. 7.2: Relative Häufigkeiten der Verjüngung der Hauptbaumarten auf verschiedenen Keimsubstraten.

Gesamt über alle Baumarten							
Höhenstufe über NN	Verjüngungsart						
	Rannen	Stöcke	Rohboden	Stein	ZwrgStr	Gras/Farn	Gesamt
	%	%	%	%	%	%	%
600	3,51	3,07	34,65	18,42	.	40,35	100,00
800	9,32	9,71	25,16	7,66	0,89	47,25	100,00
1000	8,90	7,90	22,47	8,82	0,92	51,00	100,00
1200	8,69	6,58	23,84	12,23	1,99	46,68	100,00
1400	7,10	4,80	18,93	16,63	3,94	48,59	100,00
1600	4,94	1,40	13,21	28,89	9,88	41,68	100,00
1800	1,05	0,35	15,03	36,71	19,93	26,92	100,00
Gesamt	7,41	5,69	21,11	15,62	3,90	46,26	100,00
Flächenanteil %	1,50	0,50	15,00	10,00	8,00	51,00	x

**Lärchen**verjüngung kommt regelmäßig ab 800 m Höhe im Nationalpark vor, vereinzelt auch in noch tieferen Lagen.

Die Häufigkeit der Lärchenverjüngung auf Rannen und Stöcken fällt von 20 % in den 800 – 1200 m Stufen auf 12 % in 1400 m und weiter auf 2 % in 1600–1800 m Höhe. Damit ist sie gegenüber der Fichte schwächer an diese Keimunterlage gebunden, bzw. sie kann der Fichte gegenüber nur jene Rannen und Stöcke nutzen, die auch ihren höheren Lichtansprüchen genügen.

Auf Steinblöcken und in Zwergstrauchgruppen kommt sie vermehrt ab 1600 m an. Zwischen Gras/Farn erreicht sie einen Häufigkeitsanteil, der in etwa dem Flächenanteil dieser Bodenvegetationsschicht entspricht (51 %), ausgenommen der 1800 m Stufe, in der sie offenbar

Schwierigkeiten hat (verspätete Ausaperung?) und auf 30 % zurückgeht.

**Buchen**verjüngung kommt von 600 m bis 1400 m, selten auch in 1600 m Höhe vor. In der Pflegezone wurde sie auch künstlich eingebracht.

Am günstigsten verjüngt sich die Buche auf Rohboden (Häufigkeit 36 %, Flächenanteil 15 %). Der Häufigkeitsanteil der Buchenverjüngung auf Rannen und Stöcken (2%) sowie in Gras/Farn (53 %) entspricht in etwa der Fläche dieser Keimsubstrate; in Zwergstrauchgruppen hat sie sehr große Schwierigkeiten hochzukommen (Häufigkeit 1 %, Flächenanteil 8 %).

**Eschen**verjüngung wird bis 1400 m, sehr selten auch bis 1600 m Höhe angetroffen. Der Rohboden ist, wie bei der Buche, das günstigste Medium für das Keimen und ihr

Hochkommen. Die Zwergsträucher verhindern die Verjüngung der Esche fast gänzlich (Häufigkeit 0,4 %, Flächenanteil 8 %). Die restlichen Keimsubstrate haben annähernd gleiche Häufigkeiten gegenüber ihren Flächenanteilen.

Der **Bergahorn** und die **Vogelbeere** sind die Laubbaumarten, die regelmäßig in allen Höhenlagen angetroffen werden. Die Verjüngung des Bergahorns erfolgt mit Vorliebe auf Rohböden (Häufigkeit 26 %, Flächenanteil 15 %) und auf Gras/Farn bedeckten Flächen (Häufigkeit 62 %, Flächenanteil 51 %). Etwas schwieriger kommt er auf Steinblöcken (8 % zu 10 %) und auf Rannen und Stöcken (1 % zu 2 %) an. Größere Schwierigkeiten bereiten ihm die Zwergsträucher (2 % zu 8 %), der Esche gegenüber ist er jedoch dem sauren Oberboden besser gewachsen.

Die **Mehlbeere** wird bis 1400 m und vereinzelt bis 1600 m angetroffen. Sie verjüngt sich überdurchschnittlich gut auf Gras/Farn Flächen (Verjüngungshäufigkeit 71 % zu Flächenanteil 51 %), durchschnittlich auf Rohböden (16 % zu 15 %) und etwas gehemmter auf Stöcken, Steinblöcken oder in Zwergstrauchgruppen.

Die **Vogelbeere** ist im Nationalpark die Pionierbaumart schlechthin. Alle anderen Baumarten mit Pioniercharakter (Birke, Weiden u.a.) stehen in ihrer Verbreitung der Vogelbeere weit nach.

Günstig verjüngt sich die Vogelbeere auf Rohböden (Verjüngungshäufigkeit 26 % zu Flächenanteil 15 %) und Steinblöcken (15 % zu 10 %) und hier besonders in den Hochlagen. Durchschnittlich ist ihre Verjüngung auf Gras/Farn Flächen (51 % zu 51 %) sowie auf Rannen und Stöcken (3 % zu 2 %), etwas schwieriger in Flächen mit Zwergsträuchern (6 % zu 8 %).

Insgesamt über alle Baumarten kann die Eignung des Keimsubstrates über das Verhältnis der Verjüngungshäufigkeit zu dem Flächenanteil des jeweiligen Substrats (Bodenvegetation) beurteilt werden. Am günstigsten sind hiernach die Stöcke (11), gefolgt von Rannen (5), Steinblöcken (1,6), Rohboden (1,4), Gras/Farn (0,9) und am ungünstigsten Zwergsträucher (0,5).

Diese Daten aus dem Nationalpark Berchtesgaden bestätigen die Untersuchungen von RALL (1995) und MAI (1998) über die große Rolle die das Moderholz für die Verjüngung insbesondere der Fichte darstellt.

Abschließend ist festzuhalten, daß die Verjüngung sich in der Zeitspanne zwischen den Inventuren (1984 – 1997) zu mehr Naturnähe entwickelt hat, wobei die Buchen- und Tannenanteile noch nicht die als Fernziel gesteckten Anteile vorweisen. Der Verbiss ist um ein Drittel gegenüber der Erstinventur zurückgegangen, bleibt jedoch in Teilgebieten des Nationalparks, bzw. bei einigen Baumarten noch relativ hoch. Die durchgeführten Pflege- und Schutzmaßnahmen, einschließlich der Schalenwildreduktion, erweisen sich, besonders in der Pflegezone, als richtig und sollten auch in Zukunft weitergeführt werden. Ohne sie würde nicht nur die Verjüngung der Zukunft sondern auch ein Großteil der jetzigen Verjüngung wieder verschwinden und damit die bisherigen waldbaulichen und jagdlichen Anstrengungen zurückwerfen.

## 8 Nationalparkspezifische Parameter

### 8.1 Totholz

Totholz stellt eine wichtige Voraussetzung für einen natürlichen oder naturnahen Wald dar. Es bietet für viele Lebewesen (Vögel, Insekten, Pilze, Mikroorganismen u.a.) die nötige Nahrungsgrundlage, die Waldstandorte erhalten über die Zersetzungsprozesse Humus und Nährstoffe zurück und nicht zuletzt kann sich die Naturverjüngung im Schutze des Totholzes oder auf halbzer-setztem Totholz besser entwickeln.

Bei der Folgeinventur wurde das Totholz mit einem Durchmesser am starken Ende von mindestens 20 cm im 500 m<sup>2</sup> Kreis aufgenommen. Dabei wurde die Baumart, die Totholzform (stehend, liegend, hängend) und das Zerfallsstadium angesprochen. Nicht berücksichtigt wurden Stöcke und Stammteile mit einer Länge unter 50 cm.

#### Volumen/ha und mittlere Durchmesser

Über die ganze Waldfläche des Nationalparks wurden 29,5 fm/ha Totholz mit einem durchschnittlichen Mittendurchmesser von 33 cm bzw. einem durchschnittlichen Durchmesser am starken Ende von 42 cm ermittelt. Das Totholz ist auf 48,4 % der Waldfläche verteilt.

In den Probekreisen schwankt das Totholzvolumen zwischen 0 und 700 fm/ha (vereinzelt bis 1000 fm/ha).

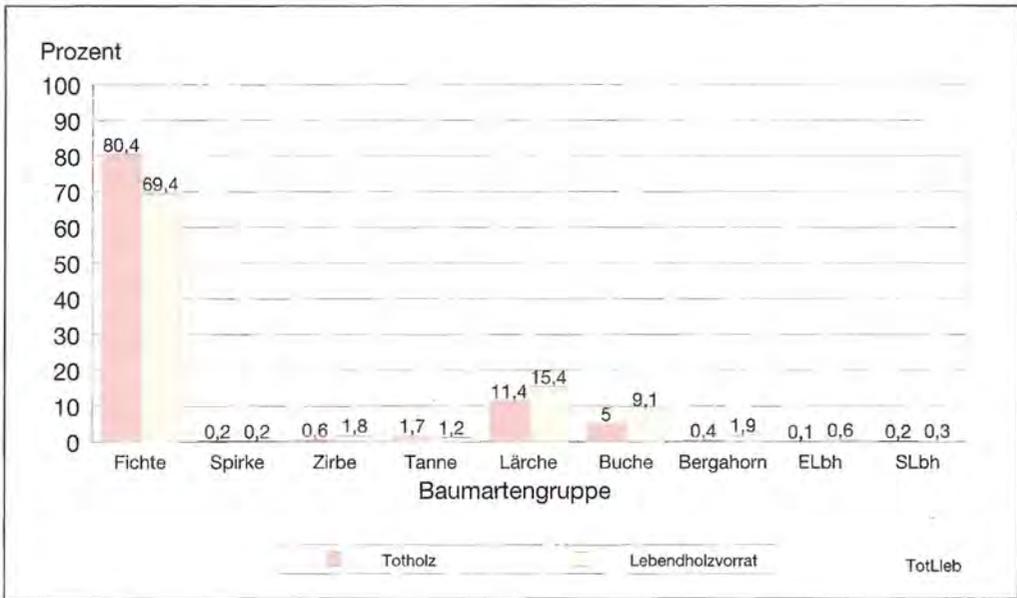
Die Mittelwerte nach Distrikten liegen zwischen 22 fm/ha (XV Funtensee) und 159 fm/ha (XIII Landtal).

In der Pflegezone sind im Durchschnitt 33,4 fm/ha Totholz mit einem mittleren Durchmesser am starken Ende von 38 cm zu finden. In der Kernzone wurden mit 27,6 fm/ha zwar etwas weniger Totholz ermittelt, dessen Durchmesser am starken Ende liegt aber mit 44 cm über dem aus der Pflegezone.

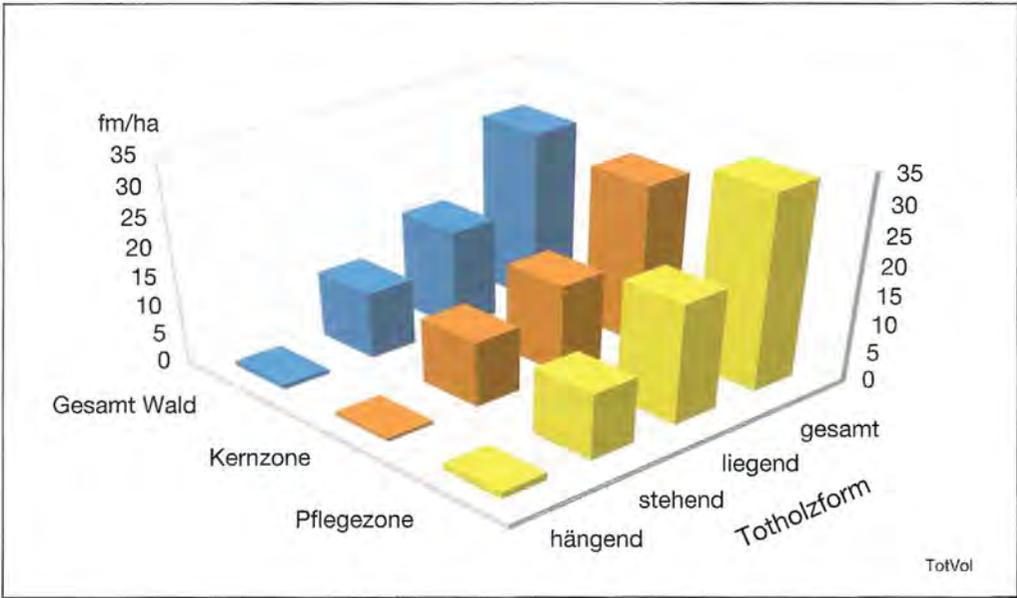
Dieses Ergebnis, entgegen den Erwartungen, wurde auch schon bei der Erstinventur festgestellt (RALL, 1990). Die Erklärung dazu liegt darin, daß es in der Pflegezone noch große Anteile von naturfernen, reinen oder fast reinen Fichtenbeständen gibt, die erhebliche Anteile in der Wachstums- und Terminalphase enthalten. Der Wald ist in diesen Entwicklungsphasen besonders sturm- und borkenkäfergefährdet, das Ergebnis ist der höhere Totholzanteil. In den nächsten Jahrzehnten wird, geschätzt anhand der zukünftigen Entwicklung des Waldes, dieser Zustand weiter anhalten und sich möglicherweise noch verstärken.

#### Totholz nach Baumarten

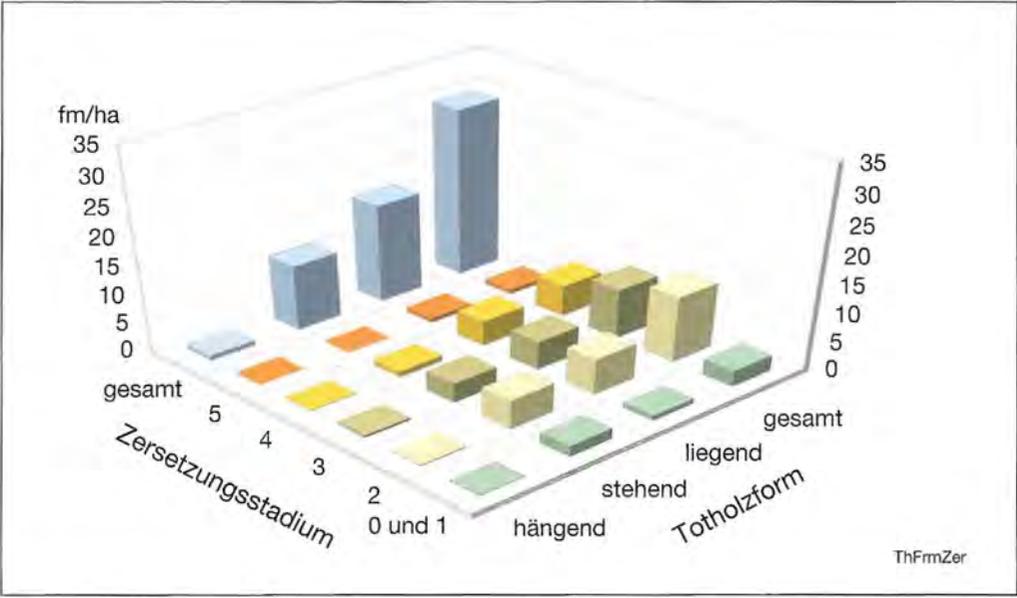
Die Verteilung des Totholzes nach Baumartengruppen ist in Abbildung 8.1 dargestellt. Die Fichte erweist sich als die Baumart, bei der überdurchschnittlich viel Totholz im Vergleich zu dem Lebendholzvorrat anfällt (Nationalpark gesamt, Totholzanteil 80 % gegenüber einem Vorratsanteil von 69 %; Kernzone 76 % gegenüber 62%; Pflegezone 89 % gegenüber 82 %). Auf diese



**Abb. 8.1:** Vergleich der Verteilungen des Totholzvolumens und Lebendholzvorrats nach Baumarten, Nationalpark gesamt.



**Abb. 8.2:** Totholzvolumen/ha nach Totholzformen und Behandlungszonen, Nationalpark gesamt.



**Abb. 8.3:** Totholzvolumen/ha nach Totholzformen und Zersetzungsstadien, Nationalpark gesamt.

Weise zeigt sich auch hier die größere Labilität von reinen oder fast reinen Fichtenbeständen gegenüber biotischen und abiotischen Faktoren im Vergleich zu anderen Bestandsformen.

Einen größeren Anteil Totholz gegenüber dem Anteil an Lebendholzvorrat weist auch die Tanne auf (1,7 % zu 1,2 %). Sie spielt jedoch wegen ihres geringen Vorkommens eine nur untergeordnete Rolle. Die restlichen Baumarten(gruppen) weisen alle kleinere Totholzanteile gegenüber ihren Vorratsanteilen auf; z.B. Lärche 11 % zu 15 %; Buche 5 % zu 9 %; Zirbe 0,6 % zu 1,8 %.

### Totholzformen

Der Form nach entfallen insgesamt 58 % auf liegendes, 39 % auf stehendes und 3 % auf hängendes Totholz. In der Pflegezone sind es entsprechend 62 % : 35 % : 3 % und in der Kernzone 57 % : 41 % : 2 %.

In Abbildung 8.2 sind die entsprechenden fm/ha Beträge nach Totholzformen und Behandlungszonen dargestellt. Es ist auch in dieser Abbildung deutlich zu sehen, dass der Anteil des hängenden Totholzes gegenüber den anderen Formen sehr klein ist.

### Zersetzungsstadien des Totholzes

Je nach Zersetzungsstadium des Totholzes entstehen unterschiedliche Lebensbedingungen für spezifische Gruppen von Organismen, die die Zersetzung weiter führen können, bis das Totholz sich dem Boden integriert.

In Abbildung 8.3 ist das Totholzvolumen/ha sowohl nach dem Zersetzungsstadium als auch nach der Totholzform dargestellt.

Im Absterben begriffen (Stadium 0) und frisch abgestorben (Stadium 1) sind 10 % des Totholzes, noch nicht erkennbar zersetzt (Stadium 2) 39 %, wenig zersetzt (Stadium 3) 30 %, in Zersetzung begriffen (Stadium 4) 18 % und überwiegend zersetzt (Stadium 5) 3 %.

Das Zersetzungsstadium 5 hat einen überraschend kleinen Anteil gegenüber den Stadium 4. Offenbar behält der Totholzkörper sehr lange seine äußere Form (Stadium 4) auch wenn seine innere Zersetzung weit fortschreitet. Wenn die äußere Hülle endlich auseinanderbricht, erfolgt der Integrationsprozess in den Boden relativ schnell.

Das stehende Totholz bricht am Ende des Zersetzungsstadiums 3 größtenteils zusammen und wird entweder liegendes Totholz im Stadium 4 oder zerfällt in kleinere Teile, die inventurmäßig nicht mehr berücksichtigt werden (Stadium 3: stehend 3,4 fm/ha, liegend 5,0 fm/ha; Stadium 4: stehend 1,0 fm/ha, liegend 4,4 fm/ha).

### Totholz nach Waldentwicklungsphasen

Der Flächenanteil mit Totholz gegenüber der Gesamtfläche der Entwicklungsphasen steigt von der Jugendphase (Totholz von der vorangegangenen Baumgeneration, Überhälter) (24 %) bis zur Terminalphase (84 %) an, um anschließend in der Zerfalls- und Verjüngungsphase auf ca. die Hälfte der Fläche (42 %; 48 %) zurückzugehen. Die Plenterphase liegt mit 58 % deutlich über dem Durchschnitt von 49 %. Die Grenzphase hat mit 13 % den kleinsten Flächenanteil mit Totholz, was sicherlich auch mit den sehr lichten Baumbeständen und dem vermehrten „Totholztransport“ durch Schneebewegungen zu erklären ist.

Das größte Totholzvolumen/ha wird mit 68 fm/ha in der Terminalphase verzeichnet, der höchste Totholzanteil gegenüber dem Lebendholzvorrat mit 26 % in der Zerfallsphase registriert.

### 8.2 Deckungsgrade der Vegetationsschichten

Ein weiterer Zusatzparameter, der bei der Folgeinventur erhoben wurde, ist der Deckungsgrad der verschiedenen Vegetationsschichten (Baum-, Strauch-, Zwergstrauch-, Stauden-, Farn-, Gras- und Mooschicht). Die Krummholzarten Latsche und Grünerle werden bei dieser Betrachtung der Strauchschicht zugeordnet.

Im folgenden werden die Durchschnittswerte für den gesamten Nationalpark analysiert. Da die Baumschicht als oberste Schicht die Lichtverteilung für die übrigen Schichten weitgehend reguliert, werden die Deckungsgrade dieser Schichten in Abhängigkeit von dem Deckungsgrad der Baumschicht betrachtet (siehe Abbildung 8.4).

Die Deckungsgrade der 6 Schichten, dargestellt über dem Deckungsgrad der Baumschicht (BDG), sind verschiedenen Verteilungen zuzuordnen:

- Die Strauch- und Zwergstrauchschichten steigen von 10 % bei BDG 0% auf ca. 20 % für BDG 10–20 % an,

Tab. 8.1: Totholz nach Waldentwicklungsphasen.

Parameter:	Waldentwicklungsphase							Gesamt
	1-Jgdph	2-Wstph	3-Trmph	4-Zrfph	5-Vrjph	6-Pltph	7-Grzph	
Flächenanteil mit Totholz %	24,4	53,9	84,1	42,7	48,2	57,7	13,3	48,8
Volumen fm/ha	7,2	15,9	68,4	17,7	36,7	33,1	1,2	29,5
Toth. % gegenüber LHVorrat	18,3	10,8	17,9	26,1	16,4	13,5	4,6	16,0

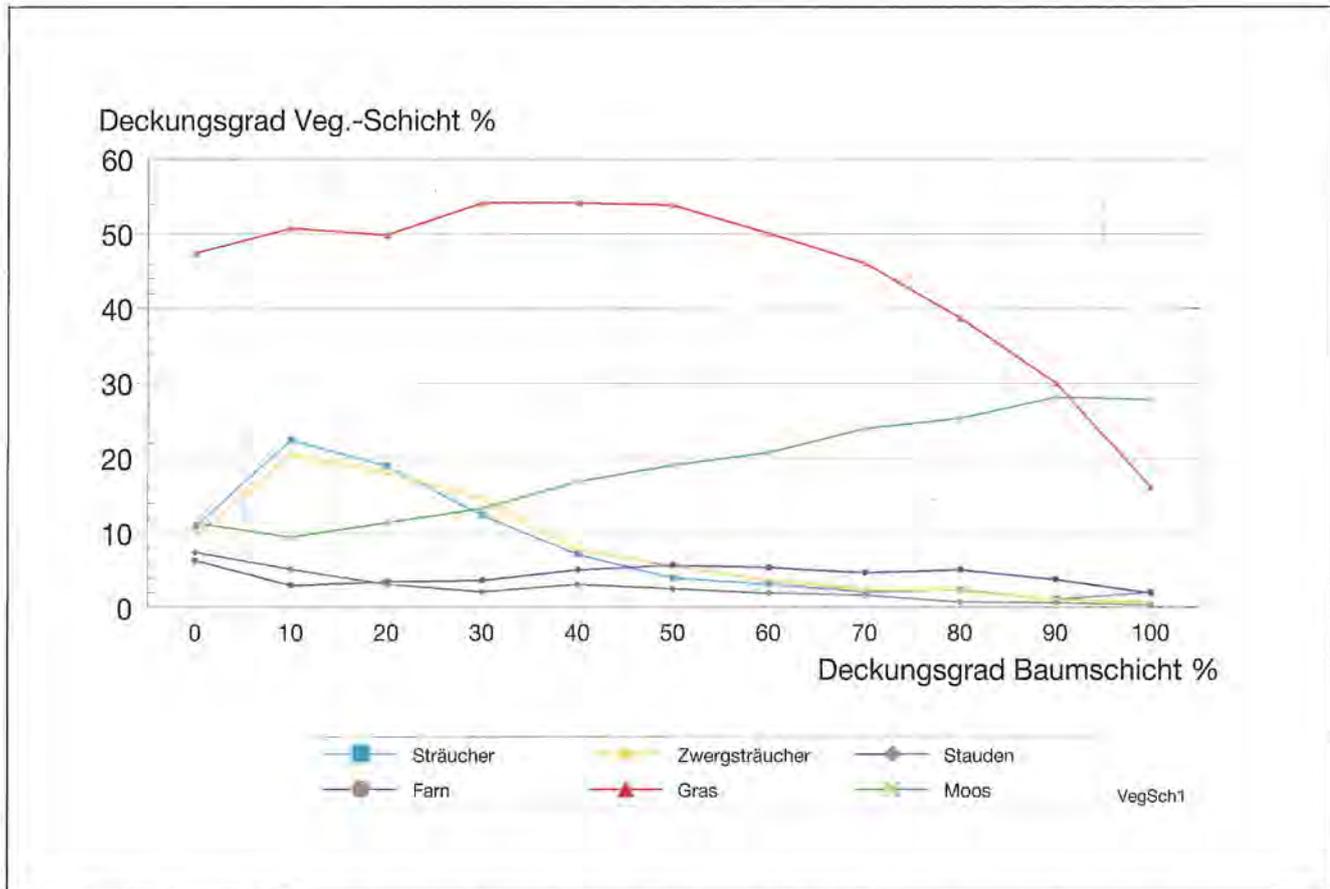


Abb. 8.4: Mittlere Deckungsgrade der Vegetationsschichten in Abhängigkeit vom Deckungsgrad der Baumschicht.

- um anschließend zurückzugehen und bei vollem BDG den Wert von ca. 1 % zu erreichen.
- Die Staudenschicht geht von 7 % für BDG = 0 kontinuierlich zurück und erreicht bei vollem BDG den Wert von 0,3 %.
- Die Farnschicht hat einen relativ kleinen durchschnittlichen Deckungsgrad (4–6 %), der jedoch bis auf BDG 90 % annähernd gleich bleibt und nur bei vollem BDG auf 2 % sinkt.
- Die Grasschicht hat (mit einer Ausnahme, siehe weiter unten) einen viel größeren Deckungsgrad als die übrigen Schichten. Er schwankt bis zu einem BDG von 60 % um den Wert von 50 % und geht ab 70 % BDG kontinuierlich zurück. Bei vollem BDG liegt er nur noch bei 15 %. Hier hat die Mooschicht mit 28 % einen höheren Wert.
- Der Deckungsgrad der Mooschicht steigt mit zunehmendem BDG an: von 11 % für BDG = 0 auf 28 % für vollen BDG.

Die Sträucher und Zwergsträucher erweisen sich als lichtliebende Arten, die sich bis zu BDG = 30 (40) % optimal entwickeln können. Die Stauden und Farne kommen auf Sonderstandorten vor und reagieren nur mäßig auf den Lichtfaktor. Die Grasschicht ist bis zu BDG = 70 % stark bis sehr stark vertreten. Ihre Arten können sich auch unter eingeschränkten Lichtverhältnissen noch

relativ gut entwickeln. Die Moose sind typische Schattenarten und können sich erst bei größeren Deckungsgraden der darüberstehenden Schichten optimal entwickeln.

### 8.3 Kleinbiotope und Ameisenhaufen

Die Biodiversität eines Ökosystems hängt sowohl von den allgemeinen großflächigen Bedingungen, als auch von den kleinflächig auftretenden Spezialbiotopen ab. Im Zuge der Folgeinventur wurden für Monitoringzwecke spezielle Kleinstrukturen wie Tümpel, Fließgewässer, Nass- und Feuchtflächen, freiliegender Boden, freiliegender Fels sowie Ameisenhaufen im 500 m<sup>2</sup> Kreis aufgenommen.

Die Verteilung dieser Kleinbiotope und der Ameisenhaufen ist in nachstehender Tabelle zusammengefasst (Tabelle 8.2)

### 8.4 Belastungen und Schäden auf Flächen oder Boden

Für Monitoringzwecke wurden bei der Folgeinventur folgende Belastungen im 500 m<sup>2</sup> Kreis aufgenommen: Eutrophierung (Stickstoffbelastung), Tourismus, Schneebewegung, Wassererosion, Bodenkriechen und -rutschen und Überschüttungen.

**Tab. 8.2: Übersicht Kleinbiotope und Ameisenhaufen.**

Kleinbiotop	Fl. gesamt ha	Fl. effektiv ha	Anzahl/ha	Anzahl gesamt
Tümpel		4,3	0,1	820
Fließgewässer		24,0		
Naß- u. Feuchtbl.		20,8		
Freilieg. Boden		1220,4		
Freilieg. Fels		878,6		
Ameisenhaufen	897,1		2,5	19920

**Tab. 8.3: Übersicht der Flächen mit Belastungen und Schäden.**

Art der Belast. o. Schaden	Inv. Kreise Anzahl	Fl. gesamt ha	Fläche effektiv ha mit Schadensumfang von:		
			1	2	gesamt
Eutrophierung	68	113,0			26,3
Tourismus	199	336,9			336,9
Schneebewegung	141	223,0	80,7	39,8	120,5
Wassererosion	69	101,4	11,9	20,9	32,8
Bodenkriechen u. -rutschen	33	84,7			17,8
Überschüttungen	193	299,8			109,9

### 8.5 Weidebelastung und Weidezeigerarten

Die Aufnahme der Weidebelastung hat bei der Folgeinventur eine besondere Bedeutung, da sie eine Entscheidungshilfe bei der Waldweidebereinigung der Nationalparkwälder („Trennung von Wald und Weide“), als auch bei der Schalenwildregulierung darstellt.

Die Weidebelastung wurde auf 3-fache Weise angesprochen:

1. Nach dem Zustand der Vegetation und des Oberbodens: (Gesamt-) Weidebelastungsstufen (0 bis 3);
2. Nach dem Flächenanteil mit Hufspuren im Probekreis differenziert nach Rindern (1), Rotwild (2) sowie Reh- und Gamswild (3) (jeweils 0 bis 3 für jede Gruppe). Die Summe für alle Gruppen wird als „RRRG-Stufe“ bezeichnet und hat Werte zwischen 0 und 5 (Summe der Einzelgruppenwerte).
3. Nach der Anzahl der Weidezeigerarten und ihren Deckungsgraden kartiert in Anlehnung an die Deckungsgradskala vegetationskundlicher Aufnahmen von PFADENHAUER et al. 1986.

Die Flächenanteile, ermittelt nach diesen drei Methoden, sind in den Abbildung 8.5 a–c dargestellt.

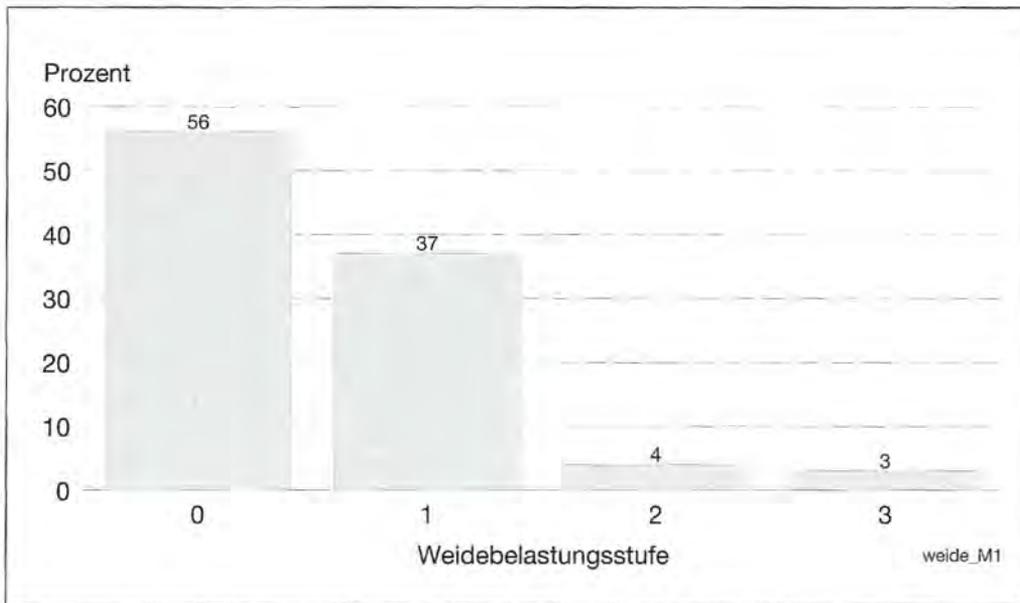
Ein Vergleich der Anteile der Methoden 1 und 2 zeigt, dass die Stufen 2 und 3 der ersten Methode gut mit den Stufen 4 und 5 der zweiten Methode übereinstimmen (mittlere und starke Weidebelastung). Die Stufen 0 und 1 der ersten Methode weisen jedoch keine offensichtliche Korrespondenz zu den Stufen 0 bis 3 der zweiten Methode aufweisen. Somit ist die erste „globale“ Methode für die Abgrenzung von nicht beweideten zu schwach beweideten Flächen sehr unscharf.

Nach diesen beiden Methoden sind 2 % bis 3 % der Fläche sehr stark weidebelastet, 4 % bis 6 % mäßig weidebelastet und über 90 % schwach oder nicht weidebelastet. Aus dieser Verteilung kann man schließen, dass die regelmäßige Beweidung auf den existenten Lichtweiden und in den lichten Beständen, bzw. Verjüngungsflächen im wesentlichen stattfindet. Die dichteren Bestände werden nur beim Durchzug zu/aus Einständen gelegentlich genutzt.

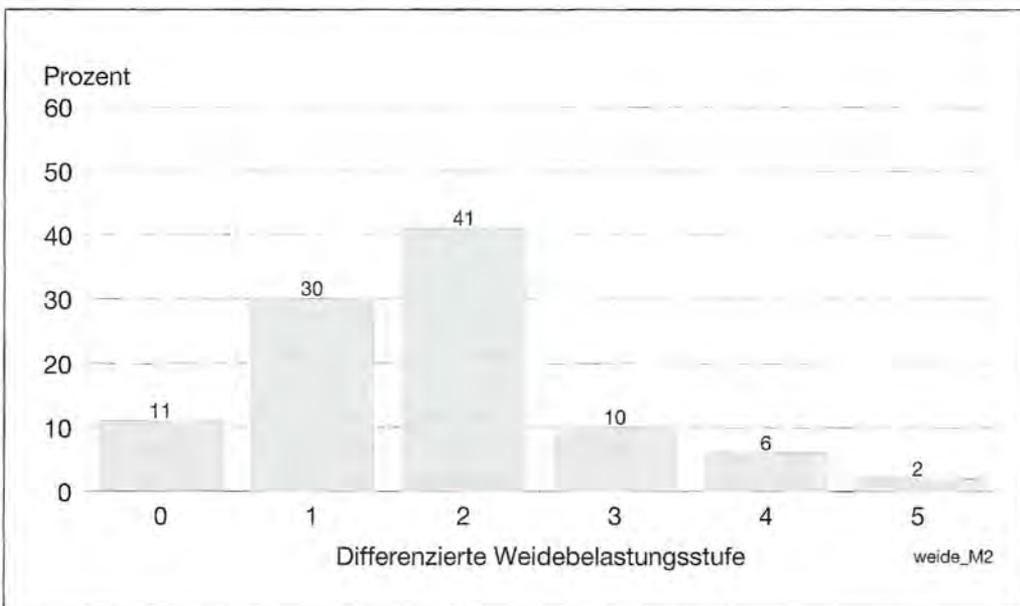
Die Flächenanteile nach der dritten Methode (Anzahl und Deckungsgrade von Weidezeigerarten) haben eine ähnliche Verteilung wie die Anteile nach der ersten (abnehmende Anteile, ansteigende mittlere Deckungsgrade). Der Vorteil dieser Methode liegt, bei nur schwacher Beweidung, in der leichten (und damit objektiven) Zählung der Weidezeigerarten, gegenüber einer eher subjektiven Entscheidung zwischen 0 und 1 bei der ersten „globalen“ Methode.

Neben der Ermittlung der Weidebelastungsanteile stellte der Vergleich dieser Methoden und damit das Herausfinden einer optimalen bzw. leicht anwendbaren Methode, ein weiteres Ziel der Untersuchungen dar.

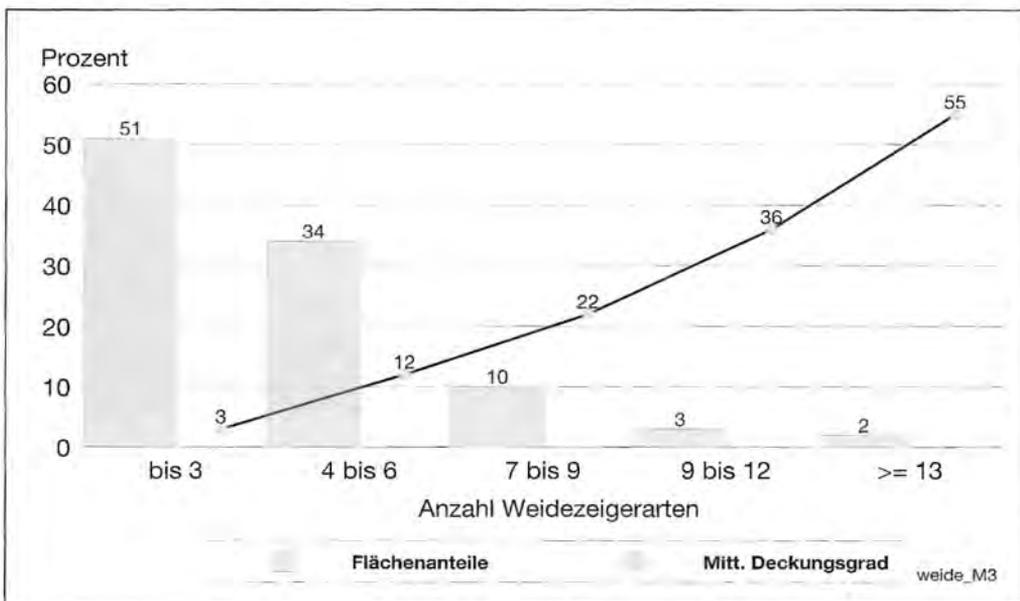
Bei der Auswertung wurden die Methoden 1 und 3 bzw. 2 und 3 miteinander verglichen. Da die sichtbaren Weidespuren auch von der Bodenbeschaffenheit (Oberbodenfeuchte, -plastizität, -skelett) sowie dem Deckungsgrad der Bäume abhängen, wurden diese Größen bei der Inventur auch angesprochen und bei der Auswertung als Kovariaten herangezogen. Die durchgeführten Kovarianzanalysen zeigen, dass die drei Aufnahmemethoden gut miteinander korrelieren und beweisen, dass die Weidezeigerarten zusammen mit ihren Deckungsgraden einen guten Wert für die Weidebelastung liefern können.



**Abb. 8.5 a:** Flächenanteile der Weidebelastung nach dem Zustand der Vegetation und des Oberbodens (Methode 1).



**Abb. 8.5 b:** Flächenanteile der Weidebelastung, Differenzierte Methode nach Tiergruppen: Rinder, Rotwild, Reh- und Gamswild (RRRG) (Methode 2).



**Abb. 8.5 c:** Flächenanteile der Weidebelastung nach der Anzahl der Weidezeigerarten und ihre mittleren Deckungsgrade (Methode 3).

In Abb 8.6 sind die Vergleiche der Methoden 1 und 3, bzw. die Anzahl der Weidezeigerarten und ihre Deckungsgrade über der geschätzten „globalen“ Weidebelastungsstufe dargestellt. Die Anzahl der Weidezeigerarten steigt kontinuierlich von 2,7 (Stufe 0) bis 5,3 (Stufe 3), wobei jede Stufe sich von jeder signifikant unterscheidet.

Bei den Deckungsgraden bilden die Stufen 0 und 1 eine homogene Gruppe; die Stufen 2 und 3 unterscheiden sich sowohl voneinander als auch von der Gruppe 0–1.

In Abbildung 8.7 sind die Ergebnisse des Vergleiches der Methoden 2 und 3 dargestellt. Die Weidebelastungsstufe (RRRG-Stufe) ist die Summe der geschätzten Weidebelastungen der 3 Tiergruppen. Zwischen der Anzahl der Weidezeigerarten und dieser Weidebelastungsstufe sowie der oben genannten Kovariaten besteht eine hochsignifikante statistische Beziehung. Die Artenanzahl steigt von 2,4 bis 2,6 (RRRG-Stufe 0 und 1) über 3,0 bis 3,3 (RRRG-Stufe 2 bis 3) auf 5,5 bis 6,3 (RRRG-Stufe 4 und 5). Der mittlere Deckungsgrad schwankt zwischen 7,4 % und 9,2 % (RRRG-Stufe 0 bis 3) und steigt auf 21,6 % (RRRG-Stufe 4) und 28,0 % (RRRG-Stufe 5) an.

Die beiden Abbildungen zeigen, daß bei keiner oder geringer Weidebelastung die Anzahl der Weidezeigerarten und ihre Deckungsgrade relativ konstant auf niedrigem Niveau bleiben (2 bis 3 Weidezeigerarten, mit einem Deckungsgrad von unter 9 %); bei mäßiger Beweidung steigen beide Parameter etwas an (4 bis 5 Weidezeigerarten, mit einem Deckungsgrad von 10–13 %). Bei 5 oder mehr Weidezeigerarten oder bei einem Deckungsgrad über 15 % kann man von einer starken Weidebelastung sprechen. Die Unschärfe zwischen nichtbeweideten Flächen (Stufe 0) und schwach beweideten Flächen (Stufe 1) bleibt auch bei der dritten Methode bestehen, die mittel und stark belasteten Flächen lassen sich über die Anzahl der Weidezeigerarten (und ihrer Deckungsgrade) sehr schnell bestimmen.

Ein Vergleich des Verbisses der Verjüngung mit diesen Methoden ist nur bedingt möglich da nur Flächen mit

vorhandener Verjüngung auch einen Verbissprozent oder eine Verbissklasse erhalten können. Die Probekreise ohne Verjüngung können jedoch unterschiedliche Ursachen für das Fehlen der Verjüngung haben. Die dichten Bestände der Jugend-, Wachstum- und Terminalphase lassen zu wenig Licht auf den Waldboden um einer Ansamung eine Chance zu geben, in den restlichen Waldentwicklungsphasen kommt normalerweise auf Teilflächen Verjüngung an, diese kann jedoch bei hohem Beweidungsdruck auch ganz ausfallen oder in Bodennähe (unter 20 cm und damit bei der Inventur nicht aufgenommen) immer wieder ganz verbissen werden (Wild-einstände, intensiv beweidete Flächen). Die Weiser des bestehenden Beweidungsdruckes sind auf diesen Flächen „nur“ die Weidezeigerarten mit ihren Deckungsgraden, die hinterlassenen Spuren der Weidetiere sowie der allgemeine Eindruck der Fläche. Um diese beiden Gruppen von Probeflächen möglichst objektiv voneinander zu trennen wurde der geschätzte Deckungsgrad der Baumschicht am Inventurpunkt verwendet. Die Klasse der Flächen mit dichten Beständen, wo das Licht der limitierende Faktor ist, umfaßt die Probeflächen mit Deckungsgraden der Baumschicht von 70 % und größer; die Klasse der Flächen mit lichten und lockeren Beständen die Probeflächen mit Deckungsgraden von 60 % und kleiner.

In Tabelle 8.4 sind nach den im Nationalparkplan festgelegten Verbissklassen (bis 20 % tolerierbar, 20–30 % Warnstufe, über 30 % nicht vertretbar) und den Flächen ohne Verjüngung, getrennt nach Deckungsgradklassen der Baumschicht, die Mittelwerte für die Weidezeiger-Artenzahl, gesamt Deckungsprozent der Weidezeigerarten, die Summe der differenzierten Ansprache der Weidetierspuren und des allgemeinen Weideumfangs enthalten. Aus der Anzahl der Probekreise aus jeder Stufe kann die relative Flächenverteilung für die Waldstufe des Nationalparks abgeleitet werden.

Die Korrelationsanalyse der erhobenen Größen zeigt, dass zwischen dem Verbissprozent der Verjüngung und der Weidezeigerartenzahl und dem Deckungsgrad dieser Arten statistisch abgesicherte Zusammenhänge be-

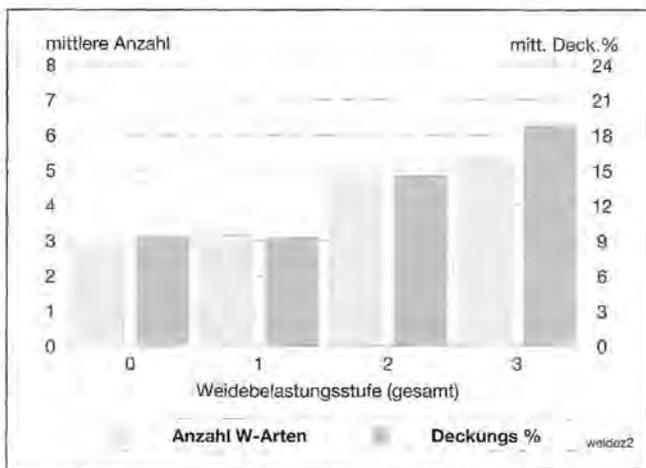


Abb. 8.6: Beziehungen zwischen der Weidebelastung und der Anzahl sowie dem Deckungsprozent der Weidezeigerarten.

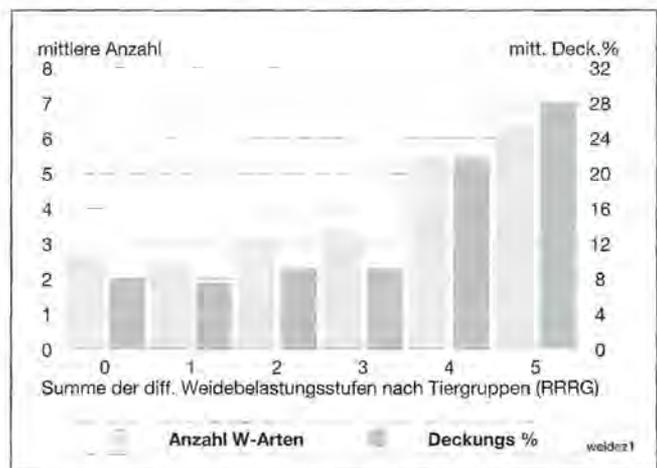


Abb. 8.7: Beziehungen zwischen der Weidebelastung und der Anzahl sowie dem Deckungsprozent der Weidezeigerarten.

stehen (hochsignifikante Korrelationskoeffizienten). Diese Beziehungen lassen sich auch aus den Mittelwerten der Größen aus Tabelle 8.4 nachvollziehen. Danach haben Flächen ohne Verbiss oder Flächen mit tolerierbarem Verbiss weniger als 3 Weidezeigerarten, bzw. die Summe ihrer Deckungsgrade bleibt unter 10 % der Fläche. Auf Flächen wo diese Werte überschritten werden, ist der Verbiss wenigstens in die Warnstufe, meistens jedoch in die Stufe mit untragbar hohem Verbiss einzustufen. Auf rund 34 % der Waldfläche findet derzeit noch ein solcher „nicht vertretbarer“, bzw. zu hoher Verbiss statt.

In Tabelle 8.5 sind die im Nationalpark verwendeten Weidezeigerarten mit ihren Stetigkeitsklassen und kategorialen Maßzahlen wiedergegeben. Der Kriechende Hahnenfuß, die Sumpfdistel, das Fingerkraut, der Frauenmantel, das Vierkantige Johanniskraut und der Eisenhut (gelber und blauer) sind die am häufigsten angetroffenen Weidezeigerarten. Die Rasenschmiele und das Borstgras scheinen im Nationalpark eher Sonderstandorte (saure, nährstoffarme Böden) anzuzeigen als Weidebelastung.

### 8.6 Straucharten

Parallel mit den Weidezeigerarten wurden für Monitoringzwecke auch die Straucharten kartiert. Insgesamt wurden 27 Straucharten (oder Gruppen von verwandten Arten) vorgefunden (siehe Tabelle 8.1). Da es sich nur um die Arten aus den 500 m<sup>2</sup> Probekreisen handelt, ist die Liste der vorkommenden Arten im Nationalpark mit Sicherheit größer (z.B. Stechpalme). Am häufigsten wurden Heidelbeere, Seidelbast, Alpenrose und Latsche kartiert.

## 9 Bewertung der Natürlichkeit der Waldvegetation

Ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung der Notwendigkeit und Wirksamkeit von Pflegemaßnahmen sowie zur langfristigen Beobachtung, in welche Richtung sich Waldstrukturen auch ohne menschliche Einflussnahme verändern, ist die Bestimmung der Naturnähe der Wälder.

In Zuge der Erstellung des Nationalparkplans wurde u.a. auch eine Methode der Bewertung der Natürlichkeit der Vegetation (Ökosysteme) entwickelt. Die Bewertungsskala orientiert sich grundsätzlich an dem Gliederungssystem von Ökosystemen nach HABER (1985). Da werden zwei große Gruppen unterschieden: Bio-Ökosysteme (biologisch bestimmte Ökosysteme) und Techno-Ökosysteme (technisch bestimmte Ökosysteme). Die erste Gruppe wird in natürliche, naturnahe und halbnatürliche Ökosysteme sowie Agrar- und Forstsysteme unterteilt. Gliederungskriterien sind dabei die Zusammensetzung der Ökosysteme aus natürlichen oder technischen Teilen sowie die Funktionalität und Selbstregulationsfähigkeit bzw. das Ausmaß der Außensteuerung.

Für den Nationalpark Berchtesgaden wurde die Kategorie „natürliche Ökosysteme“ um „bedingt natürliche Ökosysteme“ erweitert. Diese Erweiterung berücksichtigt die Tatsache, dass im dichtbesiedelten Mitteleuropa, insbesondere infolge der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung, aber auch großräumiger Schadstoffverfrachtungen, kein Landschaftsausschnitt mehr als gänzlich vom Menschen unbeeinflusst bezeichnet werden kann (ELLENBERG 1996).

Tab. 8.4: Vergleich des Verbisses der Verjüngung mit der Weidebelastungsansprache.

Verbissklasse	Baumdeckungsgrad auf Flächen ohne Verjüngung	Verbissprozent der Verjüngung	Weidezeiger Artenzahl	Weidezeiger Deckungsgrad	Rinder, Rotwild, Reh- u. Gamswild RRR-Summe	Weideumfang visuell	Anzahl Probe-flächen	Anteil Probe-flächen von gesamt	Bewertung des Verbisses
0-20 %		0,9	2,9	8,8	1,7	0,5	1892	49,3	tolerierbar, außer bei Tanne
21-30 %		25,9	3,7	13,3	1,6	0,6	56	1,5	Warnstufe
> 30 %		69,5	3,2	10,8	1,8	0,6	451	11,5	Sehr hoch, nicht vertretbar
	<= 60 %		3,8	13,2	1,9	0,6	841	21,9	Totalverbiss, nicht vertretbar
	>= 70 %		2,3	6,5	1,8	0,5	606	15,8	keine Verjüngung vorhanden

Tab. 8.5: Stetigkeitsklassen und Deckungsgrade der Strauch- und Weidezeigerarten.

Strauch-/ Weidezeiger Arten	Anzahl Punkte	Prozent	Stetigkeits-klasse	DECKUNGSGRAD			
				Max.	Min.	Modalwert	Median
<b>Sträucher</b>							
Latsche	639	15,37	I	5	+	1	2
Grünerle	188	4,52	I	5	+	1	1
Berberitze	87	2,09	I	2	+	+	+
Wolliger Schneeball	10	0,24	I	1	+	+	+
Faulbaum	114	2,74	I	3	+	+	+
Wildrosen	576	13,86	I	2	+	+	+
Holunder	182	4,38	I	3	+	+	+
Alpen Heckenkirsche	437	10,51	I	3	+	+	+
Rote Heckenkirsche	357	8,59	I	4	+	+	+
Alpen Johannisbeere	22	0,53	I	1	+	+	+
Liguster	7	0,17	I	+	+	+	+
Kreuzdorn	10	0,24	I	1	+	+	+
Strauchweiden	156	3,75	I	4	+	+	+
Traubenkirsche	19	0,46	I	1	+	+	+
Seidelbast	1565	37,65	II	2	+	+	+
Gewöhnlicher Schneeball	21	0,51	I	1	+	+	+
Wacholder	159	3,82	I	3	+	+	+
Hasel	231	5,56	I	5	+	+	1
Weissdorn	36	0,87	I	1	+	+	+
Zwergmispel	65	1,56	I	2	+	+	+
Felsenbirne	14	0,34	I	3	+	+	+
Pfaffenhütchen	2	0,05	I	+	+	+	+
Alpenrose	985	23,69	II	5	+	1	2
Heidekraut	585	14,07	I	4	+	+	1
Heidelbeere	1857	44,67	III	4	+	+	1
Preiselbeere	293	7,05	I	3	+	+	+
Zwergweiden	117	2,81	I	2	+	+	+
<b>Weidezeiger</b>							
Eisenhut	863	20,76	II	3	+	+	+
Schafgarbe	72	1,73	I	4	+	+	+
Straussgras	8	0,19	I	1	+	+	+
Frauenmantel	865	20,81	II	4	+	+	+
Gänseblümchen	315	7,58	I	2	+	+	+
Silber-Distel	254	6,11	I	2	+	+	+
Sumpf-Distel	936	22,52	II	4	+	+	+
Knautgras	48	1,15	I	1	+	+	+
Rasenschmiele	11	0,26	I	2	+	2	1
Ungarischer Enzian	276	6,64	I	3	+	+	+
Zypressen-Wolfsmilch	519	12,48	I	3	+	+	+
Vierkantiges Johanniskraut	864	20,78	II	4	+	+	+
Rote Lichtnelke	114	2,74	I	1	+	+	+
Wiesen-Milchkraut	99	2,38	I	3	+	+	+
Sumpf-Vergissmeinnicht	297	7,14	I	2	+	+	+
Borstgras	28	0,67	I	5	+	1	1
Spitz-Wegerich	72	1,73	I	2	+	+	+
Breit-Wegerich	98	2,36	I	2	+	+	+
Rispengras	14	0,34	I	2	+	+	+
Fingerkraut	908	21,84	II	4	+	+	+
Braunelle	127	3,06	I	2	+	+	+
Kriechender Hahnenfuss	2276	54,75	III	4	+	+	+
Alpen-Ampher	60	1,44	I	3	+	+	+
Löwenzahn	198	4,76	I	1	+	+	+
Rotklee	280	6,74	I	3	+	+	+
Trollblume	428	10,30	I	4	+	+	+
Hufattig	406	9,77	I	2	+	+	+
Weisser Germer	606	14,58	I	4	+	+	+
Gamander-Ehrenpreis	614	14,77	I	3	+	+	+

Bewertungsklasse	Beschreibung
1. Natürliche bis bedingtnatürliche Ökosysteme	ohne erkennbaren Einfluss (obwohl z.T. in historischer Zeit extensiv genutzt) keine rezente Nutzung, Struktur und Artenzusammensetzung ohne erkennbare anthropogene Überprägung, unveränderte Stoffkreisläufe und Energieflüsse.
2. Naturnahe Ökosysteme	geringer menschlicher Einfluss erkennbar, Struktur und Artenzusammensetzung wenig verändert, Stoffkreisläufe und Energieflüsse in geringem Umfang beeinflusst, Ökosystemtyp bzw. Vegetationsformation ändert sich nach Aufhören der Nutzung auch langfristig kaum.
3. Halbnatürliche Ökosysteme	aktueller oder historischer menschlicher Einfluss in größerem Umfang erkennbar, Struktur und Artenzusammensetzung deutlich verändert; häufig durch Ersatzgesellschaften gekennzeichnet, die infolge Nutzung und parallel dazu verlaufender sekundärer Einwanderung naturraumheimischer Arten entstanden sind, Stoffkreisläufe und Energieflüsse deutlich beeinflusst; soweit Standortverhältnisse nicht irreversibel verändert sind, ist mit einer langfristigen Rückentwicklung des Ökosystemtyps bzw. der Vegetationsformation nach Nutzungsaufgabe zu rechnen.
4. Bedingt naturferne/naturbetonte Ökosysteme	entstanden aus der Nutzung regenerativer Güter unter Einsatz dominierender standortgeeigneter Einzelarten, meist durch Saat oder Pflanzung unter Verwendung auch standortfremder Produktions- und Steuerungskräfte begründet, stark veränderte Struktur- und Artenzusammensetzung, Stoffkreisläufe und Energieflüsse stark beeinflusst, Ökosystemtyp bzw. Vegetationsformation ändert sich nach Aufhören der Nutzung mittel- bis langfristig.
5. Naturferne Ökosysteme	Ökosystemtyp ändert sich nach Aufhören der Nutzung kurz- bis mittelfristig.

Für die Bewertung der Waldökosysteme wurden die Daten der Waldinventuren von 1983/84 und 1995/97 verwendet. Als Vergleichsbasis diente die potentielle Baumartenzusammensetzung der Vegetationskomplexe von STORCH (1995). Die aktuellen Baumartenanteile wurden nach Probeflächen berechnet und für die ausgewiesenen Bestände gemittelt. Die Bestandesflächen wurden im GIS mit den Flächen der Vegetationsgesellschaften (Komplexe) verschnitten. Auf diesen Flächen wurde anschließend der Vergleich der aktuellen mit der potentiellen Baumartenzusammensetzung durchgeführt, bzw. wurden „Entfernungen“ zwischen den beiden berech-

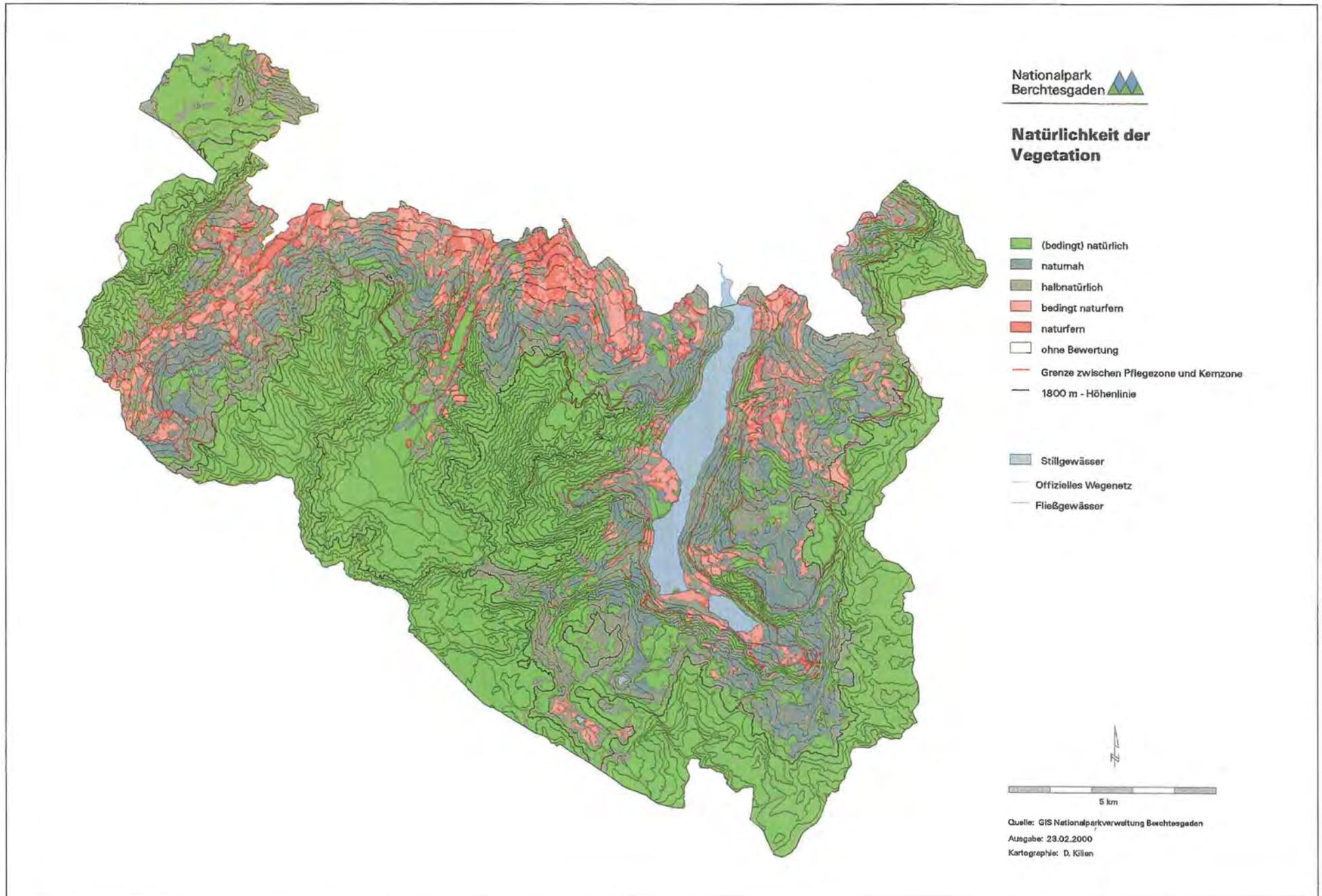
net. Anhand der rezenten Stöcke (aufgenommen bei der Erstinventur), der Totholzmenge und dem mittleren Durchmesser des Totholzes wurde die „Entfernung“ der Baumartenzusammensetzungen zusätzlich korrigiert (Nutzungs- und Totholzkorrektur).

Die so ermittelten „Entfernungswerte“ schwanken zwischen 1 und 27, ihr Mittelwert beträgt 15, der Modalwert 16 und die Standardabweichung 4 Einheiten. Die Verteilung weist eine leicht rechte Schiefe auf. Unter diesen Voraussetzungen wurden die 5 Natürlichkeitsklassen wie folgt definiert:

„Entfernung“	Bewertungsklasse	Waldtypen (vereinfacht)
$\leq 8$	1. Natürliche bis bedingt natürliche Ökosysteme	Urwaldreste und Naturwälder.
$> 8$ bis $\leq 12$	2. Naturnahe Ökosysteme	Wälder mit weitgehend natürlicher Artenzusammensetzung, jedoch vorhandenen Nutzungsspuren.
$> 12$ bis $\leq 16$	3. Halbnatürliche Ökosysteme	Wälder mit leicht veränderter Artenzusammensetzung und deutlichen Nutzungsspuren.
$> 16$ bis $\leq 20$	4. Bedingt naturferne/naturbetonte Ökosysteme	Wälder mit deutlich veränderter Artenzusammensetzung (jedoch keine Fichten- und Fichten-Lärchenforste) und deutlichen Nutzungsspuren.
$> 20$	5. Naturferne Ökosysteme	Fichten- und Fichten-Lärchenforste auf Bergmischwaldstandorten.

Tab. 9.1: Verteilung der Waldflächen nach Natürlichkeitsklassen.

Natürlichkeitsklasse	1	2	3	4	5
Wald gesamt (%)	20	33	24	16	7
Kernzone (%)	28	40	21	9	2
Pflegezone (%)	5	20	28	29	18



In Tabelle 9.1 sind die Anteile der Natürlichkeitsklassen für die Behandlungszonen sowie für die gesamte Waldfläche des Nationalparks enthalten. Die Pflegezone enthält nur 25 % natürliche bis bedingt natürliche und naturnahe Ökosysteme (Klassen 1 und 2) während in der Kernzone 68 % der Fläche von diesen beiden Klassen eingenommen werden. Naturferne bis bedingt naturferne Ökosysteme (Klassen 4 und 5) sind in der Pflegezone mit 47 % und in der Kernzone mit 11 % vertreten.

In der beiliegenden Karte ist die Natürlichkeit der Vegetation (Wald- und waldfreie Flächen) dargestellt. Die Bewertung der Vegetation außerhalb des Waldes wurde von Herrn J. Seidenschwarz durchgeführt. Mit rot ist die Grenze zwischen der zukünftigen Pflege- und Kernzone eingetragen.

## 10 Zusammenfassung

Für die Folgeinventur der Wälder des Nationalparks Berchtesgaden (1995/97) wurde von der Nationalparkleitung zusammen mit der Bayerischen Staatsforstverwaltung die Umstellung der Inventur nach dem Verfahren der konzentrischen Kreise mit gestaffelten Kluppschwellen beschlossen. Diese Umstellung wurde so vorgenommen, dass auch eine Auswertung der Erstinventur (1983/84) nach diesem neuen Verfahren möglich war.

Im Nationalpark Berchtesgaden wurden außer forstspezifischen Größen noch eine ganze Reihe nationalparkspezifischer Parameter (Totholz, Strauch- und Weidezeigerarten, Biotop- und Belastungsdaten) aufgenommen.

Für die umfangreichen Daten der Waldinventuren (Erst- und Folgeinventur mit Aufnahmedaten und Ergebnissen auf Probeflächenebene) wurde eine relationale Datenbank angelegt. Damit können spezielle Auswertung und ihre flächenhaften Darstellungen mit dem GIS vorgenommen werden.

Die Waldentwicklung zwischen der Erst- und Folgeinventur wurde anhand der Inventurmethode der konzentrischen Kreise beschrieben. Auf 90 % der Probeflächen konnten bei der Folgeinventur die Probebäume der Erstinventur anhand ihrer Polarkoordinaten identifiziert werden. Von den 39.952 Probebäumen (100%) der Erstinventur wurden 90,3 % auch bei der Folgeinventur aufgenommen, 9,7 % sind ausgeschieden (Abgang) und 11,2 % neu hinzugekommen (Einwuchs). Damit wurde ein leichter Anstieg der Anzahl der Probebäume (101,5 %) gegenüber der Erstinventur verzeichnet.

Der Vorrat/ha hat in der Zeitspanne zwischen den Inventuren im Durchschnitt von 164 Efm/ha auf 185 Efm/ha zugenommen. Nach Baumartengruppen liegen die Vorräte von 1997 zwischen 31 Efm/ha (Fichte) und 1 Efm/ha (Spirke) höher als 1984.

Der gemessene laufende Zuwachs zwischen den Inventuren beträgt 2,8 Efm/a/ha, der entsprechende Ertrags tafelzuwachs nur 1,1 Efm/a/ha. Diese große Differenz kann über eine ganze Palette von Faktoren methodischer, wirtschaftlicher, klimatischer und standörtlicher Natur erklärt werden, ohne jedoch den Einfluss einzelner Faktoren abschätzen zu können.

Verglichen mit durchschnittlichen Zuwächsen von Forstbetrieben aus Tief- und Mittellagen, ist der gemessene (reale) jährliche laufende Zuwachs mit 2,8 Efm/a/ha doch sehr bescheiden. Die vielen Probeflächen, die auf ideale Teilflächen, ohne Forstvegetation fallen (1306 Probeflächen), tragen auch zu diesem kleinen Mittelwert bei. Nach Baumarten schwankt der laufende Zuwachs zwischen 4,2 Efm/a/ha bei Fichte und 0,3 Efm/a/ha bei Spirke.

Die Flächenanteile der Baumarten haben sich zwischen der Erst- und Folgeinventur kaum geändert. Die größte Differenz beträgt 0,9 % (Abnahme des Fichtenanteils). Die Fichte nimmt 1997 einen Anteil von 50 % ein gefolgt von der Lärche mit 28 %, Buche 8 %, Bergahorn und Zirbe mit je 4 %. Die übrigen 20 Baumarten nehmen gemeinsam den Rest (6 %) der Fläche ein. Die Wälder des Nationalparks Berchtesgaden werden noch relativ lange von der Baumartenzusammensetzung vergangener Bewirtschaftungsformen geprägt bleiben, wo die Fichte die bevorzugte Baumart darstellte.

In den zugänglicheren unteren Lagen des Nationalparks, wo natürlicherweise überwiegend laubholzreiche Mischwälder und Bergmischwälder mit Fichte, Tanne und Buche stocken sollten, ist der Fichtenanteil besonders hoch (73%). Diese große Abweichung von der natürlichen Baumartenzusammensetzung war und ist der Hauptgrund für die Einrichtung einer Pflegezone in diesem Teil des Nationalparks.

In der Kernzone, wo früher die Holznutzung extensiver war oder nur gelegentlich stattgefunden hat, entspricht die Baumartenzusammensetzung in großen Zügen der natürlichen. Die jahrhundertlang praktizierte extensive Waldweide hat hier zu einer Begünstigung der Lärche beigetragen, die mit 34 % einen hohen Flächenanteil inne hat.

Nach Waldentwicklungsphasen hat die Plenterphase 1997 mit 30 % den größten Anteil gefolgt von der Terminalphase mit 21 %. Die Jugend-, Wachstums- und Zerfallsphase nehmen Anteile von 8 % bis 11 % ein, die Verjüngungsphase 4 % und die Grenzphase 1,5 %. Außer diesen strukturdefinierten Entwicklungsphasen sind noch Blößen und unterbestockte Flächen mit 13 % vertreten. Die Plenterphase stellt die stärkste strukturierte Entwicklungsphase dar, die auch die größte Stabilität gegenüber biotischen und abiotischen Faktoren erwarten lässt, ihr Anstieg in der Periode zwischen der Erst- und Folgeinventur von 27 % auf 30 % ist daher positiv zu bewerten.

Der durchschnittliche Vorrat/ha nach Entwicklungsphasen schwankt in sehr weiten Grenzen. Hohe Vorräte haben die Terminal- (380 Efm/ha), Plenter- (240 Efm/ha)

und Verjüngungsphase (220 Efm/ha). Sehr niedrige dagegen die Zerfalls- (70 Efm/ha), Jugend- (40 Efm/ha) und Grenzphase (25 Efm/ha). Den größten Anstieg an Vorrat in der Zeitspanne zwischen den Inventuren verzeichnet die Wachstumsphase mit 88 Efm/ha (von 112 auf 200 Efm/ha), leicht abnehmende Vorräte verzeichnet die Verjüngungsphase (-7 Efm/ha; Entnahme von Altbäumen zur Freistellung der Verjüngung).

Der Flächenanteil der reinen Fichtenbestände hat in der Zeitspanne zwischen den Inventuren von 30,6 % auf 29 % abgenommen und die Anteile der Mischungsformen Fi-dom, Zir-dom, Lae-dom und LBh-dom leicht zugenommen. Dieses sind, wenn auch noch nicht statistisch abgesichert, erste Indizien einer Entwicklung von reinen Fichtenbeständen zu mehr Mischbeständen hin. Die Vorratzzunahme zwischen 1984 und 1997 nach Mischungsformen schwankt zwischen 29 Efm/ha (Fichte dominant) und -8 Efm/ha bei Bergmischwald (Windwürfe).

Zwischen den Distrikten des Nationalparks bestehen hinsichtlich ihrer mittleren Maßzahlen große Unterschiede.

Die höchsten durchschnittlichen Alter, über 190 Jahre, haben die entlegenen Distrikte XXV Reiteralm, XIII Landtal, XVI Sagereck, XIV Röhrt und XV Funtensee; die jüngsten, mit Altern unter 130 Jahren, sind die Distrikte V Scharitzkehl, XXII Steinberg und XVIII Eis.

Hohe durchschnittliche Vorräte sind in den Distrikten XI Laafeld (467 Efm o.R./ha), XIII Landtal (322 Efm o.R./ha) und X Gotzen (292 Efm o.R./ha) vorhanden, sehr kleine dagegen in den Distrikten XXV Reiteralm (94 Efm o.R./ha) und XV Funtensee (37 Efm o.R./ha).

Die mittleren Grundflächen pro ha schwanken zwischen 48 m<sup>2</sup>/ha (Distrikt XI Laafeld) und 7 m<sup>2</sup>/ha (Distrikt XV Funtensee).

Die mittlere Stammzahl pro ha ist in den jüngsten Distrikten erwartungsgemäß am höchsten: 735 N/ha in Distrikt XXII Steinberg und 548 N/ha in Distrikt XX Schapbach. In den Distrikten der subalpinen Hochlagen ist die durchschnittliche Stammzahl pro ha sehr klein: 130 N/ha in Distrikt XXV Reiteralm und 69 N/ha in Distrikt XV Funtensee.

Der durchschnittliche Volumenzuwachs zwischen den Inventuren ist in Distrikt XI Laafeld mit 5,7 Efm o.R./a ha am höchsten; es folgen die Distrikte XXII Steinberg mit 4,5 Efm o.R./a ha und XX Schapbach mit 3,9 Efm o.R./a ha. Die kleinsten Volumenzuwächse registrieren die Distrikte XV Funtensee mit 0,4 Efm o.R./a ha und XXV Reiteralm mit 1,2 Efm o.R./a ha. Die hohen Zuwächse sind teilweise auf das jüngere Alter (Distrikte XX Schapbach und XXII Steinberg) und teilweise auf den hohen Bestockungsgrad (Distrikte X Gotzen und XI Laafeld) zurückzuführen. Die sehr kleinen Zuwächse sind sowohl auf das hohe Alter als auch auf den geringen Bestockungsgrad und vor allem auf die subalpine Höhenlage der Distrikte XV Funtensee und XXV Reiteralm zurückzuführen.

Der Vergleich der Inventurmethode (Methode der konzentrischen Kreise mit der Methode der Winkelzählprobe) wurde anhand der zeitgleichen Aufnahme von 1995/97 durchgeführt.

Die Flächenverteilung nach Baumartengruppen ist nach beiden Inventurmethode praktisch gleich. Die Differenzen, die höchstens 0,2 % betragen, sind alle nur zufälliger Natur.

Der durchschnittliche Vorrat auf Nationalparkebene ist nach der Methode der konzentrischen Kreise um 9 % höher als nach der Methode der Winkelzählprobe (185 Efm o.R./ha gegenüber 169 Efm o.R./ha).

Die Vorratsverteilung nach Stärkestufen (BHD-Stufen) hat nach der Methode der konzentrischen Kreise den größten Anteil in der 40–44 cm Stufe, nach der Methode der Winkelzählprobe jedoch in der 35–39 cm Stufe. Diese Verschiebung der Verteilung zu stärkeren BHD-Stufen bei der Methode der konzentrischen Kreise ist auch in der Differenz der Anteile der BHD-Stufe  $\geq 60$  cm ersichtlich: 18 % nach der Methode der konzentrischen Kreise gegenüber ca. 14 % nach der Winkelzählprobe. Der durchschnittliche laufende (reale) Zuwachs zwischen den Inventuren von 1984 und 1997 liegt nach der Methode der konzentrischen Kreise bei 2,8 Efm o.R./a ha gegenüber 2,6 Efm o.R./a ha bei der Winkelzählprobe. Nach Baumartengruppen schwankt die Differenz zwischen 0,5 Efm o.R./a ha (Tanne) und -0,1 Efm o.R./a ha (Edellaubholz), ist jedoch nur bei der Fichte statistisch abgesichert.

Die Flächenanteile der Waldentwicklungsphasen nach den beiden Inventurmethode sind annähernd gleich, die größte Differenz beträgt 2,8 %. Die durchschnittlichen Vorräte pro ha der Entwicklungsphasen nach Inventurmethode weisen, neben einer allgemeinen Gleichläufigkeit, auch statistisch abgesicherte Differenzen bei der Wachstumsphase (-24 Efm o.R./ha), Terminalphase (+32 Efm o.R./ha) und Plenterphase (+35 Efm o.R./ha) auf. Diese Differenzen zeigen auf methodenspezifische Strukturunterschiede auf den Probeflächen nach Inventurmethode hin.

Die Flächenanteile der Mischungsformen berechnet nach den beiden Inventurmethode weisen eine sehr gute Übereinstimmung auf, die größte Differenz beträgt 1,6 %. Die Differenzen der durchschnittlichen Vorräte pro ha sind bei 9 der 13 Mischungsformen zufälliger Natur. Bei den Mischungsformen Bergmischwald, Fichte dominant, Zirbe dominant und Tanne rein wurden bei der Methode der konzentrischen Kreise höhere Vorräte pro ha gegenüber der Methode der Winkelzählprobe ermittelt.

Die Genauigkeit, bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 %, liegt bei der Vorratsschätzung für den gesamten Nationalpark bei  $\pm 4,9$  Efm o.R./ha (oder  $\pm 2,7$  %) im Falle der Methode der konzentrischen Kreise und bei  $\pm 4,2$  Efm o.R./ha (bzw.  $\pm 2,5$  %) im Falle der Winkelzählprobe. Bei der Zuwachsschätzung wird eine Genauigkeit von  $\pm 2,1$  % bei der Methode der konzentrischen Kreise und  $\pm 2,2$  % bei der Winkelzählprobe erreicht.

Nach Distrikten (und beiden Inventurmethode) erreicht die Vorrats- und Zuwachsschätzung eine Genauigkeit von unter  $\pm 10$  % in 10 von insgesamt 20 Distrikten. In

weiteren 5 Distrikten liegt die Genauigkeit zwischen  $\pm 10\%$  und  $\pm 15\%$  und in den restlichen 5 Distrikten zwischen  $\pm 15\%$  und  $\pm 20\%$ .

Nach Entwicklungsphasen (abgesehen von unterbestockten Flächen und Blößen) wird für den Vorrat in sechs von sieben Phasen eine Genauigkeit von unter  $\pm 11\%$  erreicht, bei der Grenzphase dagegen nur eine Genauigkeit von  $\pm 23\%$ . Für den Zuwachs nach Entwicklungsphasen ist die Genauigkeit nur geringfügig kleiner.

Nach Mischungsformen liegt die Genauigkeit der Vorrats- und Zuwachsschätzung für die flächenmäßig gut vertretenen Formen der Fichte, Lärche und des Laubholzes unter  $\pm 10\%$ . Für die flächenmäßig schwach vertretenen Mischungsformen ist die Genauigkeit entsprechend kleiner ( $\pm 15\%$  bis  $\pm 50\%$ ).

Gegenüber dem Vorrat der Erstinventur sind insgesamt  $13,2\%$  ( $164.477$  Efm bzw.  $26,4$  Efm/ha) ausgeschieden; nach der entsprechenden Stammzahl sind es  $12,7\%$  und nach der Grundfläche  $12,1\%$ . Nach Baumartengruppen schwankt der Anteil des ausgeschiedenen Bestandes gegenüber dem Vorrat bei Erstinventur zwischen  $0,9\%$  bei Zirbe und  $16,9\%$  bei sonstigem Laubholz.

Die Verteilung des Abgangs nach BHD-Stufen ist der Verteilung der Vorräte bei Erst- und Folgeinventur ähnlich. Ein Großteil des Abgangs ( $44\%$ ) findet in der BHD-Spanne von  $35$  cm bis  $49$  cm statt, die nur  $38\%$  an Vorrat (1984) enthält. Ab  $50$  cm BHD (und bis  $147$  cm BHD) sind zwar nur  $6,2\%$  der Bäume (stammzahlmäßig) enthalten, die jedoch  $32\%$  an Vorrat enthalten und deren Abgangsrate auch nur  $32\%$  beträgt.

Nach Expositionen schwankt der periodische Abgang zwischen  $8\%$  auf SO-Expositionen und  $18\%$  auf NW-Expositionen, was mit Sicherheit auf die Dominanz schädlicher Stürme aus NW-Richtungen zurückzuführen ist. Noch stärker ist dieser Effekt an den Anteilen des Abgangs durch Wind- und Schnee nach Expositionen zu sehen (von  $3,8\%$  auf SO-Expositionen bis  $11,7\%$  auf NW-Expositionen).

Flächenmäßig hat auf  $2/3$  der Fläche kein Ausfall stattgefunden, in der Kernzone sogar auf  $72\%$ . „Totalausfall“ (über  $80\%$  an Grundfläche) wurde auf  $3,6\%$  der Fläche ( $1,8\%$  aus der Kernzone und  $6,9\%$  aus der Pflegezone) verzeichnet. Die Wälder der Kernzone zeichnen sich somit gegenüber jenen der Pflegezone durch eine höhere Stabilität aus und liefern einen entscheidenden Beweis ihrer Angepasstheit an die Standorte. Die erhöhten Ausfälle in der Pflegezone sind ein klarer Hinweis auf die in weiten Teilen überhöhten oder standortsfremden Fichtenanteile.

Wind- und Schneebrüche oder -würfe stellen die Abgangsursache mit den größten Volumenanteilen ( $56\%$  vom Gesamtabgang) dar. Es folgen Borkenkäfer mit  $31\%$ , „Unbestimmbar“ mit  $7\%$ , Pflegehiebe mit  $3\%$ , Bedrängung mit  $3\%$  (Wild/Vieh und Überschüttung haben sehr kleine Anteile,  $0,3\%$  bzw.  $0,1\%$ ). Nach Stammzahlanteilen beinhaltet die Abgangsursache Wind- und Schneebrüche oder -würfe  $44\%$ , gefolgt von

Bedrängung mit  $19\%$ , Borkenkäfer mit  $15\%$ , Pflegehieben mit  $10\%$ , „Unbestimmbar“ mit  $9\%$ , Wild/Vieh mit  $2\%$  und Überschüttung mit  $1\%$ .

Überdurchschnittlich große Bäume werden durch Wind und Schnee ausgeschieden, was sicherlich mit der Kronengröße (Angriffsfläche) und/oder ihrer exponierten Position innerhalb des Bestandes zusammenhängt. Die Borkenkäfer befallen mit Vorliebe starke bis sehr starke, bzw. alte und sehr alte Bäume (Fichten ab  $80$  Jahren und vermehrt ab  $160$  Jahren). Durch Bedrängung (Konkurrenz der Nachbarbäume) werden erwartungsgemäß schwache, überschirmte Bäume ausgeschieden. Durch Wild/Vieh (Schältschäden) sind überraschend wenige Bäume ausgeschieden. Hier zeigt sich mit Sicherheit auch eine Schwierigkeit der Ansprache. Fällt nämlich z.B. ein geschälter Baum dem Sturm oder Schnee zum Opfer, so wird nur die letzte Einwirkung als Ausscheidungsursache registriert. Die Anteile der waldbaulichen Pflegemaßnahmen im Nationalpark haben unerwartet niedere Anteile. Diese Anteile sind nicht mit den (noch) genutzten Mengen gleichzusetzen, da in der Pflegezone teilweise sowohl Sturm- als auch Käferholz aufgearbeitet wurde. Durch Überschüttungen sind im Wimbachgries in einigen wenigen Probekreisen Spirken abgestorben.

Die Ausfallrate steigt, bei vorhandenen altem Schäden, gegenüber der Gruppe der nicht geschädigten Bäume, je nach Schadensart unterschiedlich an. Am stärksten wirken sich Schältschäden auf die Ausfallrate aus: von  $11,4\%$  (ohne Schaden) steigt sie auf  $26,6\%$  an, bzw. eine Steigerung von  $233\%$ . Kronenbrüche ziehen eine Steigerung von  $210\%$  nach sich, Stammfäule entsprechend  $135\%$ , Kronenverlichtung  $187\%$ , und Kronenverfärbung  $138\%$ . Diese alten Schäden sagen aber noch nichts über die konkrete Abgangsursache aus, sondern nur, daß der Baum geschwächt und damit seine Lebenserwartung stark gemindert worden ist. Die geschwächten Bäume werden anschließend bevorzugt durch Konkurrenz (Bedrängung), Wind-/Schnee-Einwirkungen oder Borkenkäfer ausgeschieden. Die Konkurrenz innerhalb des Bestandes ist dabei besonders selektiv: nur  $1,7\%$  der ungeschädigten Bäume scheiden konkurrenzbedingt aus, gegenüber  $7,3\%$  der geschädigten bzw. eine Steigerung von  $429\%$ . Wind- und Schneeeinwirkungen haben als externer Faktor eine viel weniger selektive Wirkung auf den Ausscheidungsprozess:  $5,2\%$  bei gesunden und  $7,8\%$  bei geschädigten Bäumen (Steigerungsrate  $150\%$ ). Die Borkenkäfer bevorzugen zwar geschädigte Bäume ( $3,3\%$ ) ohne jedoch die gesunden zu verschmähen ( $1,9\%$  bzw. eine Steigerung von  $173\%$ ). Die durchgeführten Pflegemaßnahmen haben sich auch als selektive Eingriffe erwiesen ( $1\%$  der gesunden gegenüber  $2,3\%$  der geschädigten Bäume wurden entnommen). Die Überschüttungen dagegen wirkten sich gleich auf gesunde und geschädigte Bäume aus (jeweils  $0,1\%$ ), was eigentlich auch den Erwartungen voll entspricht.

Der Kronenzustand (Nadel/Blattverlust) der Bäume aus der Oberschicht wurde gemäß den Kronenverlichtungsstufen der Waldzustandsinventur bonitiert und ausge-

wertet. Insgesamt sind 27 % dieser Bäume in Stufe 0; 57 % in Stufe 1; 14 % in Stufe 2 und 3 % in Stufe 3. Nach Vorratsprozenten sind die Verhältnisse entsprechend 21:60:17:2 und damit in großen Zügen mit denen der Stammzahlprozentage vergleichbar. Nach der Summe der Stufen 2 und 3 ist die Tanne die Baumart mit dem höchsten Nadelverlust (55 %), gefolgt von den Kiefernarten (Zirbe, Spirke und gemeine Kiefer) (23 %), Lärche (20 %), Fichte (19 %), Bergahorn (19 %), sonstiges Laubholz (14 %), Edellaubholz (9 %) und Buche (6 %). Außer der Baumart haben noch das Alter, die Exposition und die Höhenlage über NN entscheidende Einflüsse auf den Kronenzustand (siehe auch ELLENBERG, 1996).

Alte Schälwunden haben eine durchschnittliche Häufigkeit von 6 %. Nach Baumarten wurden Weiden am häufigsten geschält (8 %), gefolgt von Fichte und Esche (jeweils 7 %), Bergahorn (1,5 %), Lärche (0,3 %) und Buche (0,2 %). Neue Schälwunden (nicht älter als 5 Jahre) kommen nur vereinzelt (0,3 %) bei Fichten im Umkreis der aktuellen Wildfütterungen vor. Steinschlag tritt bei Bäumen unterhalb von Felswänden, Schuttfeldern oder in Steillagen mit einer durchschnittlichen Häufigkeit von 0,8 % auf.

Schnee- und Windbrüche haben eine durchschnittliche Häufigkeit von 0,9 %. Die Reihenfolge der Baumarten in absteigender Anfälligkeit ist: Ulme (10,5 %), Weiden (6 %), Mehlbeere (3,7 %), Tanne (3,4 %), Bergahorn (1,6 %), Zirbe (1,5 %), Lärche und Vogelbeere (je 1,4 %), Fichte und Buche (je 0,7 %), Esche (0,6 %) und Spirke (0,5 %). In den Tieflagen (600 m) und in den Hochlagen (1600 m und 1800 m) wurden erhöhte Häufigkeiten von Kronenbrüchen (1,2 % bis 1,9 %) verzeichnet.

Blitzschäden treten insgesamt selten auf (0,1 %). Ab 1200 m und vermehrt in den subalpinen Hochlagen des Hochalters und des Watzmanns steigt jedoch ihre Häufigkeit gegenüber diesem Mittelwert stark an (bis 1,1 %). Die Zirbe, als Baumart der Höchstlagen, ist die mit Abstand am häufigsten vom Blitz getroffene Art (1,2 %), gefolgt von Lärche (0,4 %), Tanne (0,2 %) und Fichte (kleiner als 0,1 %). Dem Alter nach werden Bäume ab 160 Jahren bevorzugt vom Blitz getroffen (größere Baumhöhen). Nach Entwicklungsphasen werden Bäume aus unterbestockten Flächen (Solitäre) (0,5 %) und Bäume der Verjüngungs- und Zerfallsphase (0,3 %) bevorzugt.

Zwischen den Inventuren sind 2 % der lebenden Bäume durch Borkenkäfer abgestorben. Die befallenen Bäume (Fichten und ganz selten Lärchen) hatten alle ein Mindestalter von 80 Jahren vermehrt jedoch ein Alter von 160 Jahren und älter.

Säbelwuchs weisen 1,4 % der Bäume im Nationalpark auf. In absteigender Häufigkeit des Säbelwuchses ergibt sich baumartenweise folgende Reihung: Vogelbeere (9,6 %), Lärche (5,4 %), Mehlbeere (4,9 %), Spirke (3,1 %), Birke (3 %), Esche (2,8 %), Bergahorn (2 %), Buche (1,9 %), Fichte (0,4 %), Grauerle (0,3 %) und Zirbe (0,2 %). Die Geländeneigung beeinflusst entscheidend die Häufigkeit des Säbelwuchses: von 0,3 % bei einer Neigung unter 5° steigt der Säbelwuchs bis auf 3,1 % bei

einer Neigung von 50° an. Die Pflegezone (tiefere Lagen, kleinere Neigungen gegenüber der Kernzone) hat mit 0,7 % eine 3-mal kleinere Häufigkeit an Säbelwuchs als die Kernzone mit 2,2 %.

In der Zeit zwischen den Inventuren (1984–1997) haben sich die Baumartenanteile der Verjüngungsschicht in Richtung zu mehr Natürlichkeit verändert. Der Fichtenanteil ist auf Nationalparkebene von 44 % auf 38 % zurückgegangen. In der Pflegezone ist die Abnahme viel größer (von 58 % auf 47 %) als in der Kernzone (von 33 % auf 32 %). Mit der Abnahme des Fichtenanteils ist eine Zunahme der Anteile anderer Baumarten gekoppelt z.B.: Tanne von 0,5 % auf 0,9 %, Bergahorn von 12 % auf 16 %. Der Verbiss durch Schalenwildarten und Weidevieh (Rinder und Schafe) hat sich in dieser Periode insgesamt über alle Baumarten von 26 % auf 17 % stark verringert. Nach ihrem Verbiss können die Baumarten in zwei Gruppen aufgeteilt werden:

1. Baumarten, die nur gering oder nicht verbissen werden: Zirbe, Spirke, Fichte, Lärche mit einem durchschnittlichen Gesamtverbiß (1997) von 2 %;
2. Baumarten, die stark verbissen werden: Esche, Bergahorn, Vogelbeere, Mehlbeere, Tanne, Buche, Grünerle mit einem durchschnittlichen Gesamtverbiß (1997) von 34 %.

Gleichzeitig hat sich auch die Höhenstruktur der Verjüngung positiv entwickelt: die Anteile der Höhenklassen 70–120 cm und  $\geq 130$  cm sind gegenüber jenen der Klassen 20 cm und 30–60 cm erheblich angestiegen.

Die Höhenstrukturanalyse der Verjüngung nach Baumarten zeigt deutlich die Vorteile die den wenig verbissenen Baumarten, gegenüber den Baumarten die vom Wild und dem Weidevieh stark angenommen werden, erwachsen. So steigt bei der Erstinventur 1984 der Anteil der Fichte von 41 % in der Höhenklasse 20 cm auf 58 % in der Höhenklasse  $\geq 130$  cm an, bei Lärche entsprechend von 3 % auf 18 %. Demgegenüber sinken die Anteile des Bergahorns von 21 % auf 4 % und die der Tanne von 0,9 % auf 0,1 %. Bei der Folgeinventur 1997 steigt der Anteil der Fichte von 25 % in der Höhenklasse 20 cm auf 48 % in der Höhenklasse  $\geq 130$  cm an, bei Lärche entsprechend von 4 % auf 18 %. Demgegenüber sinken die Anteile des Bergahorns von 30 % auf 9 % und die der Tanne von 1,8 % auf 0,4 %. Im Falle der Tanne erreichten somit 1984 von neun 20 cm hohen Bäumchen nur ein einziges die Höhe von 130 cm; 1997 erreichte jedoch „schon“ jede vierte 20 cm hohe Tanne diese „gesicherte“ Höhe.

Weitere Faktoren die den Verbiss beeinflussen, sind die Exposition und die Höhenlage über NN.

Bei der Folgeinventur wurde für jede Probefläche bei vorhandener Verjüngung die Art der Keimunterlage – Rannen, Stöcke, Rohboden, Steinblöcke, - bzw. die Art der Bodenvegetation – Zwergsträucher oder Gras/Farn-, für die Hauptbaumarten angesprochen. Über das Verhältnis der Verjüngungshäufigkeit zu dem Flächenanteil des jeweiligen Substrats (Bodenvegetation) kann die relative Eignung der Substrate für das Ankommen der Ver-

jüngung beurteilt werden. Am günstigsten sind hiernach die Stöcke (Verhältnis = 11), gefolgt von Rannen (5), Steinblöcken (1,6), Rohboden (1,4), Gras/Farn (0,9) und am ungünstigsten Zwergsträucher (0,5). Diese Daten bestätigen die Untersuchungen von RALL (1995) und MAI (1998) über die große Rolle die das Moderholz für die Verjüngung, insbesondere der Fichte, darstellt.

Insgesamt hat sich die Verjüngung in der Zeitspanne zwischen den Inventuren (1984–1997) zu mehr Naturnähe entwickelt, wobei die Buchen- und Tannenanteile noch nicht die als Fernziel gesteckten Anteile vorweisen. Der Verbiss ist um ein Drittel gegenüber der Erstinventur zurückgegangen, bleibt jedoch in Teilgebieten des Nationalparks (ca. 35 % der Waldfläche), bzw. bei einigen Baumarten noch relativ hoch. Die durchgeführten Pflege- und Schutzmaßnahmen, einschließlich der Trennung von Wald und Weide und der Schalenwildreduktion, erweisen sich, besonders in der Pflegezone, als richtig und sollten auch in Zukunft weitergeführt werden.

Über die gesamte Waldfläche des Nationalparks wurden 29,5 fm/ha Totholz mit einem durchschnittlichen Mittenstammdurchmesser von 33 cm bzw. einem durchschnittlichen Durchmesser am starken Ende von 42 cm ermittelt. Das Totholz ist auf 48,4 % der Waldfläche verteilt. Der Form nach entfallen insgesamt 58 % auf liegendes, 39 % auf stehendes und 3 % auf hängendes Totholz. Nach Zersetzungsstadien wurden 10 % in Stadium 0 und 1 (im Absterben begriffen und frisch abgestorben), 39 % in Stadium 2 (noch nicht erkennbar zersetzt), 30 % in Stadium 3 (wenig zersetzt), 18 % in Stadium 4 (in Zersetzung begriffen) und 3 % in Stadium 5 (überwiegend zersetzt) ermittelt.

Bei der Folgeinventur wurde auch der Deckungsgrad der verschiedenen Vegetationsschichten (Baum-, Strauch-, Zwergstrauch-, Stauden-, Farn-, Gras- und Mooschicht) erhoben und gegenüber dem Deckungsgrad der Baumschicht (BDG) analysiert. Die Sträucher und Zwergsträucher sind lichtliebende Arten, die sich bis zu einem BDG = 30 (40) % optimal entwickeln können. Die Stauden und Farne kommen auf Sonderstandorten vor und reagieren nur mäßig auf den Lichtfaktor. Die Grasschicht ist bis zu einem BDG = 70 % stark bis sehr stark vertreten. Ihre Arten können sich auch unter eingeschränkten Lichtverhältnissen noch relativ gut entwickeln. Die Moose sind typische Schattenarten und können sich erst bei größeren Deckungsgraden der darüberstehenden Schichten optimal entwickeln.

Weiter Parameter die für Monitoringzwecke aufgenommen wurden sind: Kleinbiotope und Ameisenhaufen, Belastungen und Schäden auf Flächen oder Boden, Straucharten und Weidebelastung und Weidezeigerarten.

Die Weidebelastung wurde nach drei unterschiedlichen Verfahren angesprochen und ausgewertet. Das Verfahren über Weidezeigerarten und ihre Deckungsgrade korreliert gut mit den anderen beiden Verfahren (visuelle Ansprache, Spuren von Schalenwildarten). Alle drei Verfahren bleiben jedoch in der Abgrenzung von nicht beweideten zu schwach beweideten Flächen unscharf. Diese Unschärfe entspricht jedoch im Großen dem zeitlichen Wandel der Weidebelastung auf derselben Fläche. Der Vergleich des Verbisses der Verjüngung mit den Weidebelastungsparametern zeigt, dass über die Weidezeigerarten und die Summe ihrer Deckungsgrade eine gute Schätzung der Verbissklassen möglich ist. Zusätzlich können mit Hilfe des Deckungsgrades der Baumschicht und der Weidezeigerarten mit ihren Deckungsgraden, auch die Probeflächen mit Totalverbiss (keine Forstpflanzen wegen Weidebelastung vorhanden) objektiv von den Flächen ohne Verjüngung (Lichtmangen) getrennt werden.

Die Natürlichkeit der Waldvegetation (Waldökosysteme) wurde über den Vergleich der aktuellen mit der potentiellen Vegetation bestimmt. Als zusätzliche Korrekturfaktoren wurden noch die Nutzungsintensität (rezente Stöcke) und das Totholz (Menge und mittlerer Durchmesser) verwendet. Nach diesen Berechnungen sind 20 % der Waldfläche der Klasse 1 (natürliche bis bedingt natürliche Ökosysteme), 33 % der Klasse 2 (naturnahe Ökosysteme), 24 % der Klasse 3 (halbnatürliche Ökosysteme), 16 % der Klasse 4 (bedingt naturferne/naturbetonte Ökosysteme) und 7 % der Klasse 5 (naturferne Ökosysteme) zuzuordnen. Die Pflegezone enthält nur 25 % natürliche bis bedingt natürliche und naturnahe Ökosysteme (Klassen 1 und 2) während in der Kernzone 68 % der Fläche von diesen beiden Klassen eingenommen werden. Naturferne bis bedingt naturferne Ökosysteme (Klassen 4 und 5) sind in der Pflegezone mit 47 % und in der Kernzone mit 11 % vertreten.

Somit grenzen sich die beiden Behandlungszonen deutlich voneinander ab: relativ natürliche Wälder in der Kernzone gegenüber anthropogen stark veränderten Wäldern der Pflegezone.

## 11 Literaturverzeichnis

- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) (1966): Hilfstabeln für die Forsteinrichtung. Auflage 1979. S. 232. StMELF Hrsg.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) (1982): Richtlinien für die mittel- und langfristige Forstbetriebsplanung in der Bayerischen Staatsforstverwaltung (Forsteinrichtungsrichtlinien)-FER 1982. Selbstverlag.
- BOCHTER, R. (1984): Böden naturnaher Bergwaldstandorte auf carbonatreichen Substraten. Forschungsbericht Nr. 6, Nationalpark Berchtesgaden.
- ASSMANN, E., FRANZ, F. (1963): Zuwachsreduktionstafel für Fichte. In: StMELF Hrsg. (1966), Hilfstabeln für die Forsteinrichtung, S. 64–87.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- ENDERS, G. (1979): Theoretische Topoklimatologie. Forschungsbericht Nr. 1, Nationalpark Berchtesgaden.
- FREYER, K. (1986): Forstliche Standortskartierung im Hochgebirge. AFZ 39, 967–969.
- FREYER, K. (1988): Standortserkundung, Nationalpark Berchtesgaden, Manuskript.
- FUCHS, A. (1993): Wiederholungsaufnahme und Auswertung einer permanenten Betriebsinventur im Bayerischen Forstamt Ebrach. Forstl. Forschungsberichte München, Nr. 131, S. 157.
- HABER, W. (1985): Erwartungen und Ansprüche an die ökologische Forschung. MAB-Mitteilungen 19; 54–72;
- HELLER, S. (1996): Der Einsatz des Geographischen Informationssystems bei der Regionalisierung des Niederschlags im Nationalpark Berchtesgaden. Diplomarbeit, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, Manuskript.
- HOFFMANN, G. (1992): Klimatologie des Alpenparks, Windsysteme und Inversionen. Forschungsbericht Nr. 25, Nationalpark Berchtesgaden.
- HRADETZKY, J., POKORNY, B.: (1996): Zuwachsermittlungen auf Grundlage von permanenten Winkelzählproben mit Probebaumaufnahme. AFZ 51. 15, 826–828.
- KENNEL, E. (1973): Bayerische Waldinventur 1970/71. Inventurabschnitt I: Großrauminventur Aufnahme und Auswertungsverfahren. Forschungsberichte der Forstlichen Forschungsanstalt München 11.
- KNOTT, H. (1991): Geschichte der Salinenwälder von Berchtesgaden. Forschungsbericht Nr. 12, Nationalpark Berchtesgaden.
- LANGENSCHIEDT, E. UND SEIDENSCHWARZ J. (1995): Erläuterungen zur Bodenkarte. Nationalpark Berchtesgaden, Manuskript.
- LANGENSCHIEDT, E. (1994): Geologie der Berchtesgadener Berge. Verlag Berchtesgadener Anzeiger.
- MAI, W. (1998): Naturverjüngung auf Moderholz. AFZ/der Wald (11), S. 591.
- MAYER, H. (1976): Gebirgswaldbau, Schutzwaldpflege. Gustav Fischer Verlag Stuttgart.
- NATIONALPARK BAYERISCHER WALD (1991): Waldinventur 1991, Inventuranweisung. S. 30, unveröffentlicht.
- NATIONALPARK BERCHTESGADEN (1995): Waldinventur 1995/97, Inventuranweisung. S. 40, unveröffentlicht.
- PFADENHAUER, J., POSCHOLD, P. UND BUCHWALD, R. (1986): Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerflächen für Bayern. Ber. Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege 10, 41–60, Laufen/Salzach.
- POLLANSCHUTZ, J. (1966): Methodik der Rauchschadenfeststellung, wie sie gegenwärtig von der Forstlichen Bundesanstalt angewandt wird. Mitt. der F.B.A., Mariabrunn 73, 81–90.
- POLLEY, H. UND SCHOPFER, W. (1996): Inventurkonzept zwischen Kontinuität und Innovation. AFZ/Der Wald 15, 816–819.
- RALL, H. (1990): Waldinventur und Waldpflegeplanung im Nationalpark Berchtesgaden 1983–1986. In: Wälder Geschichte, Zustand, Planung, Forschungsbericht 20, Nationalpark Berchtesgaden. 21–107.
- RALL, H. (1995): Die Wälder im Nationalpark Bayerischer Wald: Von forstwirtschaftlicher Prägung zur natürlichen Entwicklung. In: 25 Jahre auf dem Weg zum Naturwald. Selbstverlag Nationalpark Bayerischer Wald, 9–57.
- SCHMID-HAAS, P. (1989): Schweizer Kontrollstichprobenverfahren in der Forsteinrichtung. Schweiz. Z. Forstw. Nr. 140; 43–56.
- SPANAU, L. (1988): Angewandte Ökosystemforschung im Nationalpark Berchtesgaden. Forschungsbericht Nr. 20, Nationalpark Berchtesgaden.
- STORCH, M. (1994): Natürliche Waldgesellschaften im Nationalpark Berchtesgaden. Baum-/Strauchartenkombination, mittlerer Deckungsgrad in den Vegetationsaufnahmen. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Manuskript.
- STORCH, M. (1995): Vervollständigung der Vegetationskarte für den Nationalpark Berchtesgaden. NPV Berchtesgaden, Manuskript.

Anschrift des Autors:

Dr. Volkmar Konnerth  
Nationalparkverwaltung Berchtesgaden  
Doktorberg 6  
D-83471 Berchtesgaden



## Natürliche Wiederbewaldung und Struktur eines ungeräumten Fichten-Windwurfs auf potentiellern Bergmischwaldstandort im Nationalpark Berchtesgaden

Jochen Siegrist

### 1 Einleitung

Windwürfe verursachen in Wäldern immer wieder kleinere oder größere Öffnungen des Kronendachs. Sie sind als systemimmanente Faktoren zu begreifen (KÖSTLER & MAYER 1974, SCHAETZL 1989, JÄGER 1994, FISCHER 1995a), die in Urwäldern wesentlich an der Sicherung eines dynamischen Waldlückensystems beteiligt sind (FALINSKI 1976, KOOP 1982, STURM 1993, SCHERZINGER 1998), welches wiederum für viele Arten eine zeitlich begrenzte ökologische Nische bildet (ZIERL 1991, REMMERT 1991). Das stehende und liegende Totholz (LEIBUNDGUT 1984, AMMER 1991, ALBRECHT 1991, UTSCHICK 1991, KENK 1991, LÄSSIG 1993, WILLIG & SCHLECHTE 1995, DETSCH 1994, OTTO 1994), wie auch die aufgeklappten Wurzelteller (FALINSKI 1978, SCHAETZL 1989, PETERSON & PICKETT 1990, SCHULZ 1996) bilden wesentliche Strukturele-

mente. Eine natürliche Wiederbewaldung, die über bereits vorhandene Verjüngung des Vorbestandes und / oder nach einem Baumartenwechsel über Pioniere laufen kann, leitet die nächste Waldgeneration ein (WEST et al. 1981, LEIBUNDGUT 1984, 1993, HOMAN & ENGELS 1991, RÖHRIG 1991, KENK et al. 1991, LÄSSIG 1993, SCHÖLCH et al. 1994, JEHL 1995, FISCHER 1995b, SCHERZINGER 1996, LEDER & KRUMNACKER 1998, SCHÖLCH 1998).

Die Wälder des Berchtesgadener Landes wurden seit der Besiedlung um 1100 n. Chr. durch bäuerliche Holznutzung, Waldweide, Streunutzung, Brennholznutzung der Salinen, Hofjagd und Forstwirtschaft hinsichtlich ihrer Baumartenzusammensetzung und Walddichte stark verändert (BÜLOW 1962, KÖSTLER & MAYER 1974, KNOTT 1991, GÖDDE 1997). Im Bereich der Bergmischwaldzone dominieren heute vielfach Fichtenreinbestände (KRAL 1990). Diese sind auf geringmächtigen Böden und durch ihre Struktur (Gleichschluss, Höhen-Durch-



**Abb. 1:**  
Ausgangssituation:  
Geschälter Fichten-  
Lärchen-Bestand.



**Abb. 2:**  
Windwurf „Ofental“  
(1997).



**Abb. 3:**  
Struktur 7 Jahre  
nach Sturmwurf.

messer-Verhältnis über 100) stärker windwurfgefährdet (EVERHAM & BROKAW 1996). In der Umgebung von Berchtesgaden traten immer wieder Sturmwürfe auf. 1854 wurden 30.000 fm geworfen (KÖSTLER & MAYER 1974), 1976 waren es 20.000 fm (NERL 1976) und 1990 rissen die Stürme Vivian und Wiebke allein im Nationalpark Berchtesgaden 27.000 fm zu Boden (FREYER, pers. Mitt.).

Bei diesen Stürmen im Februar 1990 entstand im Nationalpark eine 15 Hektar große Windwurffläche in einem standortswidrigen Fichten-Lärchen-Bestand in der Bergmischwaldzone (950 – 1200 m üNN). Die Fläche wurde gemäß der Nationalparkidee ohne Räumung und ohne Pflanzung sich selbst überlassen. Durch die Ausgangssituation (Fichtenbestände in der Bergmischwaldzone) und die Lage des Windwurfs im Nationalpark ergibt sich ein besonders interessantes Forschungsobjekt. Es kann hier die Entwicklung stark gestörter Systeme in Richtung einer naturnäheren Vegetation ohne menschliche Eingriffe beobachtet werden. Nur der Einfluss von Schalenwild (Verbiss) und neuartigen Waldschäden können indirekt anthropogene Störungen verursachen.

Ziel dieser Arbeit war eine Erfassung der Struktur (Totholz) und Dokumentation der natürlichen Wiederbewaldung (Verjüngung), sowie eine Quantifizierung des Einflusses eines selektiven Verbisses durch Schalenwild auf die Baumartenzusammensetzung.

## 2 Lage und Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

### 2.1 Nationalpark Berchtesgaden

#### 2.1.1 Lage und Naturraum

Der Nationalpark Berchtesgaden liegt im Südosten der Bundesrepublik Deutschland im Freistaat Bayern an der Grenze zu Österreich. Er umfasst eine Fläche von 20.808 ha, die sich vollständig in Staatseigentum befindet. Innerhalb der Nördlichen Kalkalpen gehört der Nationalpark dem Naturraum Berchtesgadener Alpen an, der sich im westlichen, südlichen und östlichen Umgriff des Schutzgebietes auf österreichischer Seite als Naturraum Salzburger Kalkhochalpen fortsetzt.

#### 2.1.2 Geologie

Der geologische Aufbau wird von Gesteinen der Trias dominiert. Die Berggipfel und Hochflächen des Nationalparks bestehen größtenteils aus sehr mächtigem, flachlagerndem Dachsteinkalk über grusig zerfallendem und von Runsen durchzogenem Ramsaudolomit. Nur in geringerem Umfang liegen Reste von jüngeren Schichten der Jurazeit auf den Hochflächen oder sind an den Bergflanken aufgeschlossen. Infolge der geologischen



Abb. 4:  
Lage des Nationalparks  
Berchtesgaden.

Voraussetzungen überwiegen wenig entwickelte Böden (LANGENSCHIEDT 1994).

### 2.1.3 Klima

Klimatisch liegt Berchtesgaden (550 m üNN) im Übergangsbereich zwischen atlantischen und kontinentalen Einflüssen. Die Jahresmitteltemperaturen erstrecken sich je nach Höhenlage von +7° bis -2° Celsius. Das mittlere monatliche Maximum liegt im Juli bei +16,2° C. Das mittlere monatliche Minimum im Januar beträgt -2,9° C. Die 0° C Grenze liegt im langjährigen Mittel bei ca. 2200 m üNN (WÖRNLE 1981).

Die durchschnittlichen Jahresniederschlagsmengen erreichen Werte von 1500 mm in Tallagen, bis 2700 mm in der Gipfelregion. Die mittleren Monatssummen zeigen höchste Niederschlagswerte im Juli (219 mm) und minimale Werte in den Monaten März (88 mm) und November (85 mm) (LIPPERT 1966).

### 2.1.4 Böden

Im Nationalpark Berchtesgaden überwiegen geringmächtige Böden. Rendzinen treten häufig im Verwitterungsbereich des Dolomit sowie über klastischen Lockersedimenten (Hangschutt, Moränen) aus Carbonatgesteinen auf. Humuscarbonatböden sind sowohl auf anstehendem Dachsteinkalk und Dolomit als auch in Blockschuttbereichen zu finden. In ungestörter Lage kann

die Mächtigkeit der organischen Auflage unter Wald 80 – 100 cm erreichen. Lehmdecken über den sehr reinen Kalken stammen nicht aus eigener Verwitterung, sondern sind kolluviale oder äolische Sedimente. Den häufigsten Bodentyp im Nationalpark bilden Braunerden. Sie entstehen aus mergeligen und schieferigen triassischen Sedimenten und Juraablagerungen sowie über Moränen, die auch jurassische oder kristalline (Fernmoräne) Gesteine beinhalten. Podsole haben sich kleinflächig aus Jura-Kieselkalk- und Radiolarit-Verwitterung entwickelt. Pelosole treten vereinzelt in Hanglagen als Verwitterungsprodukte des Haselgebirges, der Werfener Schichten, der tonreichen Liaskalke und der Gosau- bzw. Nierentaler Schichten auf. In ebenen Lagen oder Mulden unter Grundwassereinfluß bilden sich Pseudogleye und Gleye.

### 2.1.5 Nutzungsgeschichte

Die Wälder im Berchtesgadener Land sind durch jahrhundertelange Nutzung stark verändert worden. Zur Zeit der dauerhaften Besiedlung um 1100 n. Chr. war, bedingt durch die Klimaverschlechterung, schon ein natürlicher Fichtenvorstoß im Gange (KÖSTLER & MAYER 1974). Durch Rodung für Land- und Weidewirtschaft sowie weitere Nutzungen sank der natürliche Anteil der Bewaldung von 75 % auf 45 %. Am Anfang bestimmte die Hausnotdurft der Lehen das Schicksal des Waldes. Holz war Bau- und Brennstoff. Eine Ausplenterung der



Abb. 5: Waldweide.

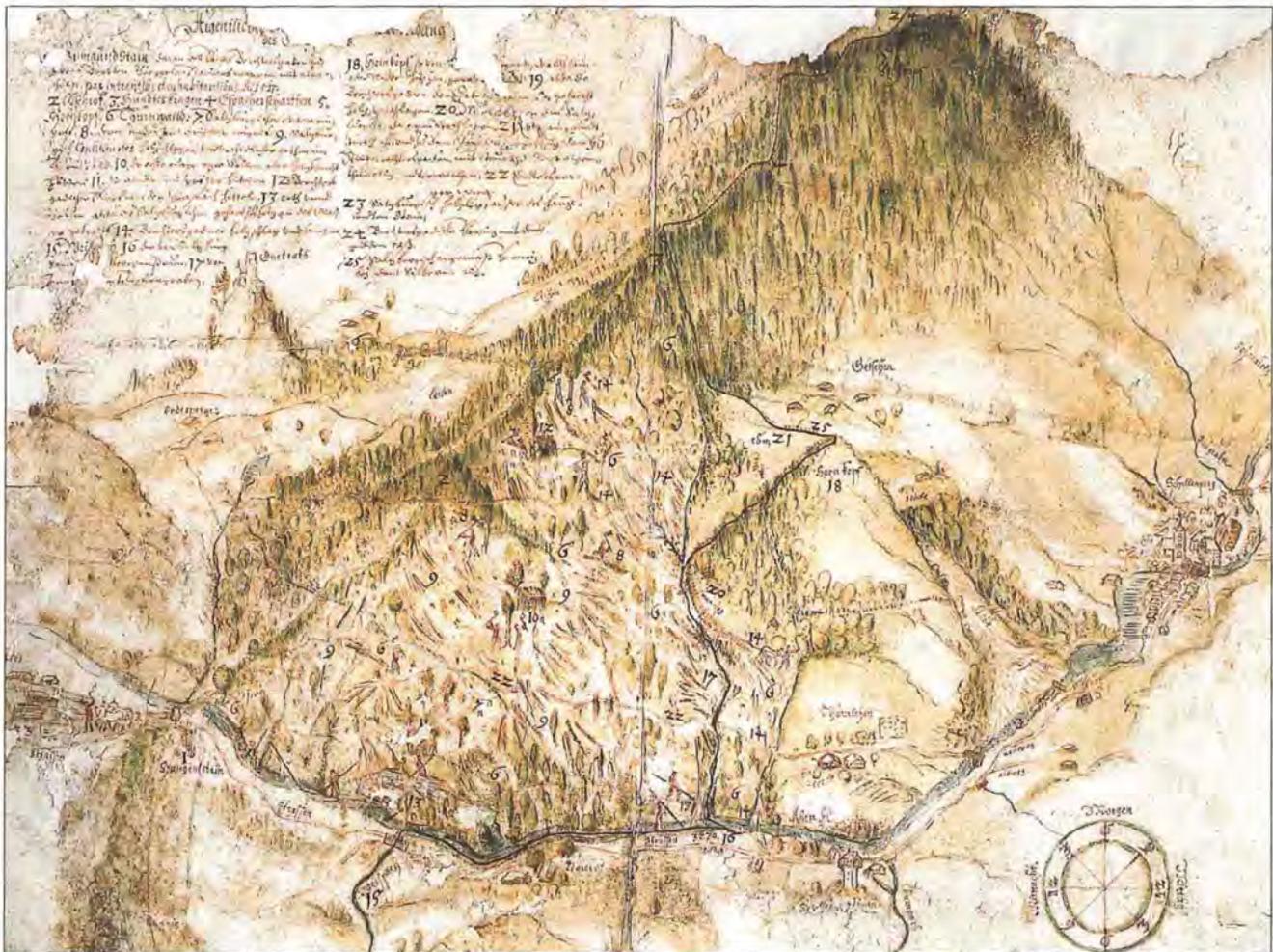


Abb. 6: Großflächiger Kahlschlag um 1625.

Wälder erfolgte zur Gewinnung von Schindel- und Brunnenholz, wodurch bestimmte Baumarten selten wurden. Die Waldweide hatte noch stärkere Auswirkungen auf die Wälder als die bäuerliche Holznutzung. Besonders die Almweide im Bereich der Waldgrenze trug durch Schwenden, Verbiss und Tritt zur Verkarstung der Hochlagen bei. Größere Ahornbäume wurden überwiegend auf Weiden in hofnaher Lage zur Streunutzung geschont. Für das Schnitzhandwerk wurden mit besonderer Sorgfalt bestimmte Laubhölzer (z.B. Ahorn, Mehlbeere, Erle, Kirsche) ausgesucht.

Salzvorkommen waren schon vor der Besiedlung bekannt. Ab dem 13. Jahrhundert erfolgte in Schellenberg eine regelmäßige Salzgewinnung. Um 1600 erreichte die Salinenholznutzung ihren Höhepunkt, wodurch der primär naturbedingte Fichtenvorstoß zwischen 1100 und 1600 sekundär verstärkt wurde. Der Holzbedarf für die Salinen Berchtesgaden und Schellenberg betrug zwischen 1555 und 1817 circa 30.000 rm pro Jahr (FREYER, mündl. Mitt.). Die Salinenschläge griffen bis in die Hochlagen hinauf und zerstörten in vielen Lagen die natürliche Bewaldung. Zum Eindampfen der Sole in Sudpfannen war aus Transportgründen besonders die Fichte gefragt. Ihr leichtes Holz eignete sich besonders zur Trift. Aus diesem Grunde wurde allein ihrer Nachzucht Gewicht geschenkt.

Zwischen 1811 und 1918 war die heutige Nationalparkfläche weitgehend Hofjagdgebiet. Die Jagd galt vor allem kapitalen Hirschen und Gamsböcken. „Feinde“ des Wildes (z.B. Bär, Wolf, Luchs, Geier, Adler) wurden bekämpft oder waren schon zum Teil ausgerottet. Durch extreme Überhege und den Bau eines Hofjagdzaunes 1893 stiegen die Schalenwildbestände stark an, wodurch große Wildschäden in Form von Verbiss, Schälen und Baumartenentmischung in den Wäldern entstanden. MEISTER (1976) hält diese Entwicklung für die Hauptursache des sehr hohen Fichtenanteils und des weitgehenden Verschwindens der Tanne. Ab 1868 wurde nach den Zielen des größtmöglichen Wirtschaftsertrages bewirtschaftet. Im Zentrum der Planung standen Holzartenwahl, Schlaghochwald, Herausstellen der Altersklassen und Festlegung einer Umtriebszeit. Seit 1856 wurde von den Forsteinrichtungen Bergmischwald in den Hanglagen angestrebt und Naturverjüngung, sowie Femel- und Plenternutzung gefordert. In der Praxis wurden stattdessen vertikale Streifenkahlschläge angelegt, die bei dem langsamen, gehemmten Jugendwachstum der Fichte zum Bild des Großkahlschlags führten. Die Veränderung der Baumartenanteile zwischen 1609 und 1966 wird durch einen Vergleich der Ergebnisse der forstlichen Nutzung, die dem naturgegebenen Anteil weitgehend entsprechen, deutlich (Tab. 1).

**Tab. 1: Baumartenanteile (%) im Berchtesgadener Land im Jahr 1609 und 1966 (nach Köstler & Mayer 1974).**

Jahr	Fj	Ta	Lä	Kie (Zi)	Bu
1609	53	11	6	3	27
1966	66	4	9	3	9

Im Jahr 1921 wurde das Gebiet um den Königsee (inklusive Wimbach- und Klausbachtal) Naturschutzgebiet. Im NSG lagen 6000 ha Wirtschaftswaldfläche, für die in den Forsteinrichtungen weiterhin höchste Massen- und Wertleistung als Norm aufgestellt wurden. Eine dem Naturschutzgedanken entsprechende Sonderbehandlung erfolgte nicht. 1972 begann durch Beschluß des bayerischen Landtags die Planung des Alpenparks. Die Verordnung des Nationalparks trat am 1.8.1978 in Kraft. Die künftige Waldbehandlung soll vorhandene natürliche Bestände erhalten sowie stark veränderte Wälder ihrem natürlichen Zustand wieder annähern. Von rund 8100 Hektar Waldfläche wurden 1987 im Rahmen der Waldpflegeplanung 2600 Hektar einer Waldpflegezone zugeordnet, in der naturferne Fichtenreinbestände in Mischwäldern umgebaut werden sollen.

#### 2.1.6 Natürliche Waldgesellschaften

Die Bodenvegetation kann Hinweise auf die ursprüngliche Baumartenzusammensetzung heute stark veränderter Wälder geben (ELLENBERG 1996). Eine Auflistung der nach dieser Methode im Nationalpark abgeleiteten ursprünglich natürlichen Waldgesellschaften findet sich in SEIBERT & STORCH (1982):

- Hainlattich-Tannen-Buchenwald (Aposerido-Fagetum)
- Ahorn-Buchenwald (Aceri-Fagetum)
- Edellaubwälder (Aceri-Fraxinetum)
- Auwälder
- Labkraut-Buchen-Tannenwald (Galioabietetum)
- Weißseggen-Fichtenwald
- Alpenlattich-Fichtenwald (Homogyno-Piceetum)
- Karbonat-Fichtenwälder (Asplenio-Piceetum)
- Lärchen-Zirbenwald (Rhododendron-Pinetum cembrae)

Ergebnisse pollenanalytischer Untersuchungen im Nationalpark Berchtesgaden ermöglichen eine Gegenüberstellung von ursprünglicher Bewaldung (ca. 13./14. Jahrhundert) mit heute potentieller und aktueller Bewaldung: Die heutige Baumgrenze (Zirbe, Lärche) bei 2000/2150 m liegt teilweise über ihrer potentiellen Höhe von 1900/2000 m. Die größtenteils reliktschen höchsten Baumvorkommen sind Hinweise auf einen ehemals höheren Stand der Wald- und Baumgrenze während günstigerer klimatischer Bedingungen. Die aktuelle Waldgrenze erreicht gegenwärtig nur ausnahmsweise ihre potentielle Höhe von 1850/1900 m. Die gesamte Waldgrenzenabsenkung seit dem mittelalterlichen Höchststand (ca. 270 m) setzt sich aus einer klimatischen und einer anthropogenen Komponente zusammen. Die Aufeinanderfolge der Waldgürtel entspricht im Nationalpark Berchtesgaden noch weitgehend der natürlichen Situation. Die Waldgrenze bilden Lärche und Zirbe. Darunter

schließt sich eine Fichtenstufe mit Lärche an. Unter 1500 m würden Mischbestände aus Fichte, Tanne und Buche folgen, denen sich ab 1000 m laubholzbetonte Wälder anschließen – diese werden heute von Fichtenreinbeständen dominiert. Außer bei den oberen Grenzen der Waldgürtel liegen auch hinsichtlich Walddichte und Mischungsanteilen der Baumarten teilweise stärkere Abweichungen von den natürlichen Gegebenheiten vor (KRAL 1990).

#### 2.2 Windwurf „Ofental“

Die 15 ha große Windwurffläche (STEINMETZER 1994) liegt in der montanen Stufe zwischen 950 – 1200 m üNN an der Westflanke des 2607 m hohen Hochkalters im Klausbachtal, dem am weitesten im Westen liegenden der drei parallelen Haupttäler des Nationalparks (Topographische Karte: 52° 71' 2" Nord, 45° 62' 3" Ost. Forstbetriebskarte: Distrikt 23 „Hintersee-Schattseite“, Abteilung 6 „Salzkopf“, Unterabteilungen 6 b und 6 c. (Abb. 15)). Sie weist eine durchschnittliche Hangneigung von 30° auf.

Die detaillierteste Beschreibung der Ausgangsbestände (Tab. 2) liegt für die Unterabteilung 6 b für den Bestand 3 vor (NPV 1987). Diese Fläche liegt unterhalb (westlich) des Wanderwegs 482, der den Windwurf in der Mitte durchquert.

Der Bestand 6 c<sup>2</sup> oberhalb (östlich) des Weges war 1987 durchschnittlich 75 Jahre (63 – 95) alt. Kleine Bestandslücken (6 c<sup>3</sup>, 6 b<sup>4</sup>) waren von älteren Windwürfen verursacht worden. Als Pflegemaßnahmen wurden Auflockern zu dichter Fichtenverjüngung und Auspflanzen mit Tanne, Buche und Ahorn genannt. Die Versuchsergebnisse wurden hierdurch nicht verfälscht, da die Probestrate nicht in diese Flächen fielen.

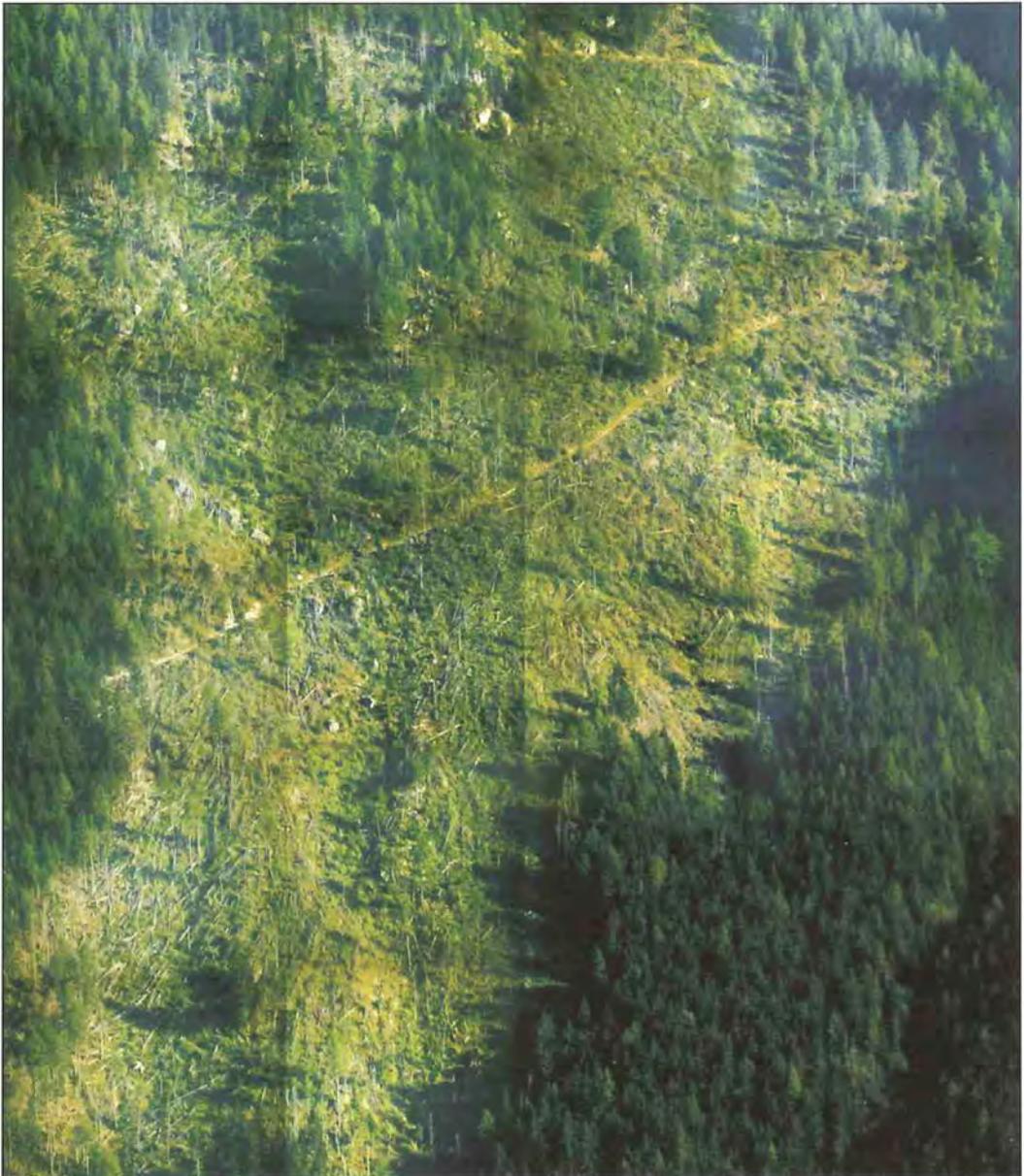
### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Interpretation von CIR-Bildern und Fotos

- a) Mit Hilfe von Color Infrarot Bildern (Maßstab 1:10.000) aus drei Befliegungen (1985, 1990, 1997) im Nationalpark lassen sich das Wurfgeschehen und die weitere Entwicklung der Fläche dokumentieren. Der Zeitreihenvergleich ermöglicht eine Beschreibung des dynamischen Prozesses (Abb. 17).
- b) Um den Zustand und die Struktur der Wurffläche 1997 zu dokumentieren, wurden mit einem 600 mm Teleobjektiv vom Gegenhang (Hubschrauberlandeplatz 1500 m üNN am Fuß der Grundübelhörner – über Pfad vom Teufelskopf erreichbar) sich überlap-



**Abb. 7:**  
Lage des Windwurfs  
im Nationalpark  
(Blick nach Süden).



**Abb. 8:**  
Schrägansicht  
Windwurf Ofental.

Tab. 2: Ausgangsbestand im Jahr 1987 (aus NPV 1987).

Alter	Bestockungsgrad	Vorrat	Oberstand (%)	Unterstand (%)
53-128 (Ø 65)	1,16	228 fm/ha	Fi 87, LÄ 12, Bi 1	Fi 69, Vb 27, Bu 2, Mb 1, Bi 1

pende Einzelbilder der Fläche gemacht und diese zu einer Gesamtübersicht aneinandergesetzt (Abb. 8).

### 3.2 Probeflächendesign

#### 3.2.1 Systematisch zufällig verteilte permanente Stichproben

Die Probeflächengestaltung ist ein zentrales methodisches Problem der waldökologischen Forschung (ALBRECHT 1990). Für eine Dauerbeobachtung dynamischer Waldentwicklungsprozesse sind folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Einfache, leicht nachvollziehbare Anlage, Verteilung und Form der Probeflächen.
- Definierte Fläche (m<sup>2</sup>, ha), um echte Bezugsflächen darzustellen.
- Kompatibilität mit Stichprobenverfahren der Waldinventur im Nationalpark
- Dauerhafte Festlegung, Kennzeichnung und Wieder auffindbarkeit
- Flächendeckung (geklumpte Vorkommen werden so nicht übergewichtet)
- Minimierung von Störeffekten (schnelleres Ausheilen von Trittbelastung als bei Konzentration auf eine Repräsentationsfläche)

Diese Überlegungen führten zum Aufnahmeverfahren „Systematisch zufällig verteilte permanente Stichproben“. Die dauerhaft eingerichteten Probeflächen haben eine Doppelfunktion: Als permanente Stichproben dienen sie der periodisch wiederholbaren Herleitung (Hoch-

rechnung) von Aussagen über Baumartenanteile, Totholzvorrat und andere Parameter. Gleichzeitig ermöglichen sie eine Dauerbeobachtung dynamischer Entwicklungen (Waldentwicklungsphasen, Baumartenwechsel in Pionierphase, Zersetzungsgeschwindigkeit von Totholz, Rannenverjüngung etc.). Eine Wiederholung der Aufnahmen ist in Abständen von fünf Jahren geplant. Besonderes Gewicht wurde auf die exakte Reproduzierbarkeit der Datengewinnung (einfache Anlage der Probeflächen) gelegt.

#### 3.2.2 Lage, Anzahl und Größe der Probequadrate

Um eine Integration der Daten in die derzeit laufende zweite Waldinventur zu gewährleisten, erfolgte eine Anlehnung an das Verfahren (KONNERT 1995). In das bestehende 200 x 200 m Gitternetz der permanenten Aufnahmeplätze (Horizontale Entfernung), das den gesamten Nationalpark deckt, wurde auf der Windwurffläche ein verfeinertes 50 x 50 m Gitter eingehängt (Abb. 9), um eine größere Anzahl von Stichproben zu bekommen. Die Gitterlinien verlaufen von Nord nach Süd und von Ost nach West (Gauss-Krüger-System). Die Schnittpunkte der Gitterlinien bilden jeweils die nordöstlichste Ecke eines Probequadrates. Insgesamt wurden 32 Punkte eingemessen und aufgenommen. Punkte, die am Rand des Windwurfs im Wald lagen, wurden bewusst weggelassen, da speziell die Verjüngung auf der Windwurffläche von Interesse war. Hochgerechnete Zahlen sind also „bereinigte“ Ergebnisse. Ein Vergleich mit der Verjüngung (über 20 cm) im Wald erfolgte über Inventurdaten. Für Dauerbeobachtungsflächen im Wald empfehlen verschiedene Autoren 10 x 10 m als geeignete Aufnahme flächengröße der Grundeinheiten (JEHL 1995, PFADENHAUER 1993, FISCHER et al. 1996). Diese Größe ist ein Kompromiss aus benötigtem Aufwand und erforderlicher Genauigkeit. Sie entspricht den Anforderungen der minimal benötigten Aufnahme flächengröße (FISCHER 1990).

#### 3.2.3 Einmessen, Untergliederung und Markierung der Probequadrate

Das Einmessen der Probequadrate erfolgte ausgehend von den Schnittpunkten der Gitterlinien. Dieser bildete jeweils den nordöstlichsten Eckpunkt eines 10 x 10 m großen Probequadrates. Mit Hilfe eines Kompasses und eines Ultraschall-Entfernungsmessers wurden die nächsten Eckpunkte ermittelt und verpflockt. Fluchtstäbe wurden für die Dauer der Aufnahme aufgestellt und mit einer gut sichtbaren Schnur in Kopfhöhe verbunden (Grenzen). Das 10 x 10 m große Probequadrat wurde durch zwei weitere Schnüre in vier 5 x 5 m große Unterquadrate geteilt, was das Auszählen der Verjüngungspflanzen erleichterte. Die Unterquadrate wurden ausgehend vom Schnittpunkt der Gitterlinien im Uhrzeigersinn

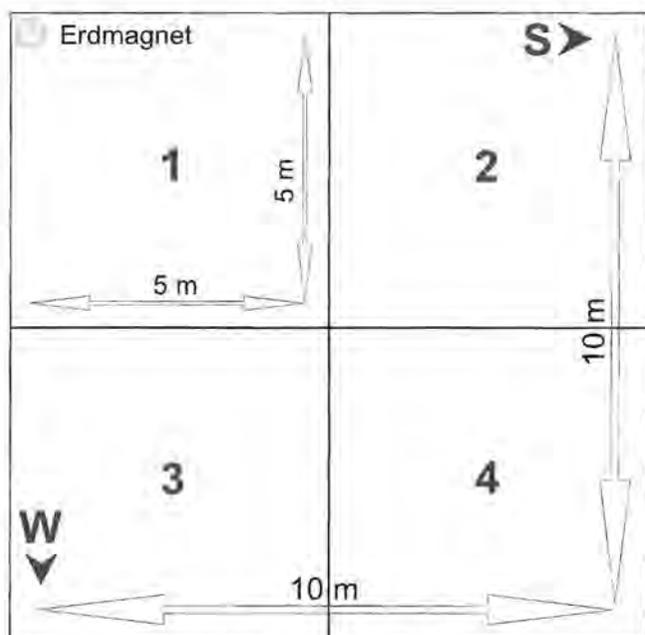


Abb. 9: Probeflächendesign (Blick vom Tal).

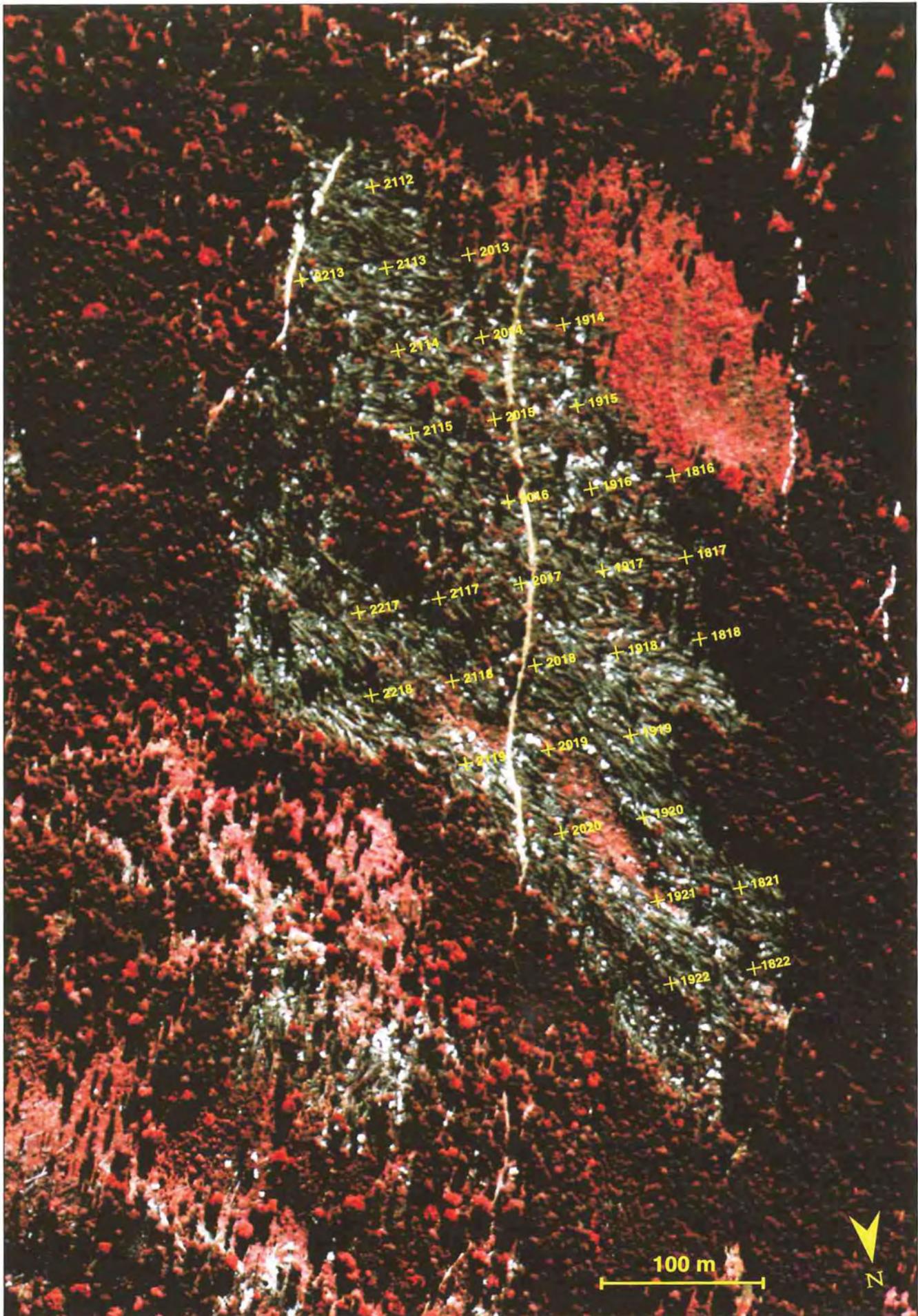


Abb. 10: Lage der Probequadrate im Windwurf.

von eins bis vier numeriert. Am Ausgangspunkt wurde ein Dauermagnet vergraben und eine Farbmarkierung (Sprühfarbe) angebracht.

War das Einmessen eines Probequadrates aufgrund eines Hindernisses (Weg, Zaun, etc.) in der standardisierten Richtung nicht möglich, so erfolgte eine Spiegelung über eine durch den Ausgangspunkt (= Schnittpunkt Gitterlinie) gedachte NW-SO-Linie, um die Objektivität der Stichprobe zu gewährleisten. Die Numerierung beginnt ebenfalls im nordöstlichen Unterquadrat, um Verwechslungen mit der gewohnten Anordnung zu vermeiden.

Das System der Probekreise, wie es HOMANN & ENGELS (1987) verwendeten und welches auch bei den Waldinventuren in beiden bayerischen Nationalparks Anwendung fand, wurde nicht übernommen, da es die Totholzaufnahme erschwert. Ein liegendes Stammstück, das vom Rand eines Probekreises bogenförmig geschnitten wird, ist viel schwieriger aufzunehmen als ein vom Rand eines Probequadrates rechtwinklig oder schräg geschnittenes Stammstück. Die Vergleichbarkeit mit Daten der Waldinventur (Probekreise) ist gewährleistet, da eine Hochrechnung auf Hektar erfolgt.

### 3.3 Auswahl der Systemkompartimente / Aufnahmeparameter

ALBRECHT (1990) unterteilt die im Waldökosystem zu untersuchenden Kompartimente in Standort, Vegetation, Waldstruktur und Fauna. In dieser Arbeit wurde der Schwerpunkt auf Verjüngungs- und Strukturuntersuchungen gelegt. Es wurde versucht, den dynamischen Wiederbewaldungsprozeß zu quantifizieren und zu visualisieren.

„Die natürliche Dynamik von Waldökosystemen spiegelt sich unmittelbar in den Verjüngungs-, Konkurrenz- und Absterbeprozessen der Waldbäume wider. Darüber hinaus bilden die Waldbäume für den überwiegenden Teil der waldspezifischen Fauna die entscheidenden Habitatstrukturen. Aus den genannten Gründen und nach dem Grundsatz der Intensitätsabstufung muss ein deutlicher Schwerpunkt der waldökologischen Forschung auf der Erfassung und Beobachtung der Gehölzkomponente liegen (ALBRECHT 1990).“

### 3.4 Aufnahmeverfahren und Auswertung

#### 3.4.1 Einzelbäume

Bei Bäumen, die den Sturm überlebt haben, wurden Baumart, Höhe, BHD und die Lage des Stammfußes (Rechtwinkelkoordinaten) aufgenommen. Der Nullpunkt, von dem aus gemessen wurde, war standardisiert die nordöstliche Ecke des Probequadrates. Die Rechtwinkelkoordinaten setzen sich zusammen aus einem x-Wert (gemessen nach Süden) und einem y-Wert (gemessen nach Westen) Anschließend wurde eine Stammfußkarte erstellt.

#### 3.4.2 Totholz

##### a) Stehendes Totholz

Abgestorbene stehende Bäume und Hochstümpfe wurden ebenfalls über Rechtwinkelkoordinaten eingemessen, Baumart, Höhe und BHD aufgenommen und in die Stammfußkarte der Einzelbäume eingezeichnet.

Tab. 3: Erfasste Parameter und angestrebte Ergebnisse der waldkundlichen Aufnahme.

Permanente Stichprobe	
Parameter	Ergebnis
1) Stehengebliebene Einzelbäume – Baumarten – Höhe/ Durchmesser – Rechtwinkelkoordinaten	1) Stehengebliebene Einzelbäume – Baumartenanteile (Stabilität) – Wachstum auf Freifläche – Stammfußkarte
2) Totholz (von 1990) – Lage (stehend / liegend) – Baumart – Wurf / Bruch – Dimension (Länge / Durchmesser) – Höhe über Grund (Schichtung) – Rechtwinkelkoordinaten	2) Totholz (von 1990) – Auswirkung auf Zersetzung – Anteil Fichte / Lärche – Stabilität verschiedener Baumarten – Besiedelbares Volumen – Auswirkung auf Zersetzung – Grundriss der Totholzverteilung
3) Verjüngung – Baumarten – Höhe – Verbisssituation – Sonderstandorte – Stammfußpunkte (geschätzt)	3) Verjüngung – Baumartenanteile (Arten-Turnover, PNV) – Höhenstruktur (Konkurrenz / Wachstum) – Selektiver Einfluß / „Zauneffekt“ – Einfluß auf Verjüngung (Baumart / Höhe) – Verjüngungskarte / Differenzierung



Abb. 11: Probequadrat 2113 (10 x 10 m).

#### b) Liegendes Totholz

Innerhalb der Probequadrats erfolgte eine Aufnahme aller 1990 geworfener Stammstücke, die mindestens zwei Meter lang waren und deren stärkeres Ende einen Durchmesser größer 10 cm (entspricht 30 cm Umfang) aufwies. Es wurde notiert, ob der Baum geworfen oder abgebrochen war und die Baumart anhand noch anhaftender Rindenreste bestimmt. Die Länge der Stammstücke wurde mit einem Ultraschall-Entfernungsmessgerät gemessen, für beide Enden wurden Rechtwinkelkoordinaten ermittelt, der Umfang der Stammstücke (ohne Rindenabzug) mit einem Maßband und die Höhe über Grund (nicht ab Unterkante, sondern ab der Mitte des Stammes) mit einem Meterstab gemessen. Im Gelände wurde eine grobe Aufsicht-Lageskizze angefertigt aus der die Schichtung der Stämme hervorgeht. Die Wurzelteller bildeten sehr heterogene Strukturen und wurden deswegen nicht speziell vermessen, sondern in ihrer geschätzten Ausdehnung in dieselbe Skizze eingezeichnet (Abb. 13). Die Auswertung (Volumenberechnung, Stammzahlen, Baumartenanteile, Regressionsanalysen) erfolgte mit EXCEL-Funktionen.

#### 3.4.3 Verjüngung

##### a) Aufnahmeverfahren

Die Verjüngung wurde getrennt nach den vier Unterquadraten (5 x 5 m) eines 10 x 10 m Probequadrats aufgenommen. Erfasst wurden dabei die Baumart, die Höhe und der Verbiss (aktueller und ehemaliger Leittriebverbiss, Nebentriebverbiss, glatte oder faserige Verbißstelle). Um Aussagen über Sonderstandorte und das Umfeld

der Verjüngungspflanzen machen zu können, wurde jeweils angegeben, ob die Pflanze auf einem Wurzelteller, vermoderndem Holz (Ranne), sehr felsigem Untergrund, unter Totholz, im Schatten von Holz oder Himbeeren, in einem Verhau von Ästen („Zaun“), zwischen Himbeeren oder auf von Gras dominierten Flächen stand. Bemerkungen zu Besonderheiten wie Säbelwuchs oder Zwiessel (Bäume mit Doppelgipfel) wurden festgehalten. Ein Aufnahmeformular findet sich im Anhang (Tab. 15).

##### b) Verjüngungskarte

Da eine dauerhafte Markierung der Verjüngungspflanzen sehr schwierig ist, wurde versucht, die Lage im Probequadrat möglichst genau zu schätzen und eine laufende Nummer für die jeweilige Pflanze in eine Skizze einzuzichnen. Um die autogene Differenzierung der Windwurffläche bezüglich der Baumarten deutlich zu machen und eine Grundlage für Zeitreihenvergleiche (dynamische Entwicklung) zu schaffen, wurde für jedes Probequadrat eine Verjüngungskarte mit COREL angefertigt (Abb. 14). Aus dieser gehen die Baumart (Farbe), die Höhe (< 20 cm, > 20 cm oder > 1 m) und die relative Lage (Verteilung) im Probequadrat hervor. Anhand der laufenden Nummer lassen sich weitere Informationen (Standort, Verbiss) zu jeder Pflanze aus den Aufnahmebögen entnehmen.

##### c) Auswertung

Eine Auswertung der Verjüngungsdaten erfolgte in EXCEL und SAS. Um eine Aussage über die Verteilung der Pflanzen im Raum machen zu können, wurde ein Dispersions-Index (D) nach IWAO (zit. n. MÜHLENBERG



Abb. 12: Totholzaufnahme.

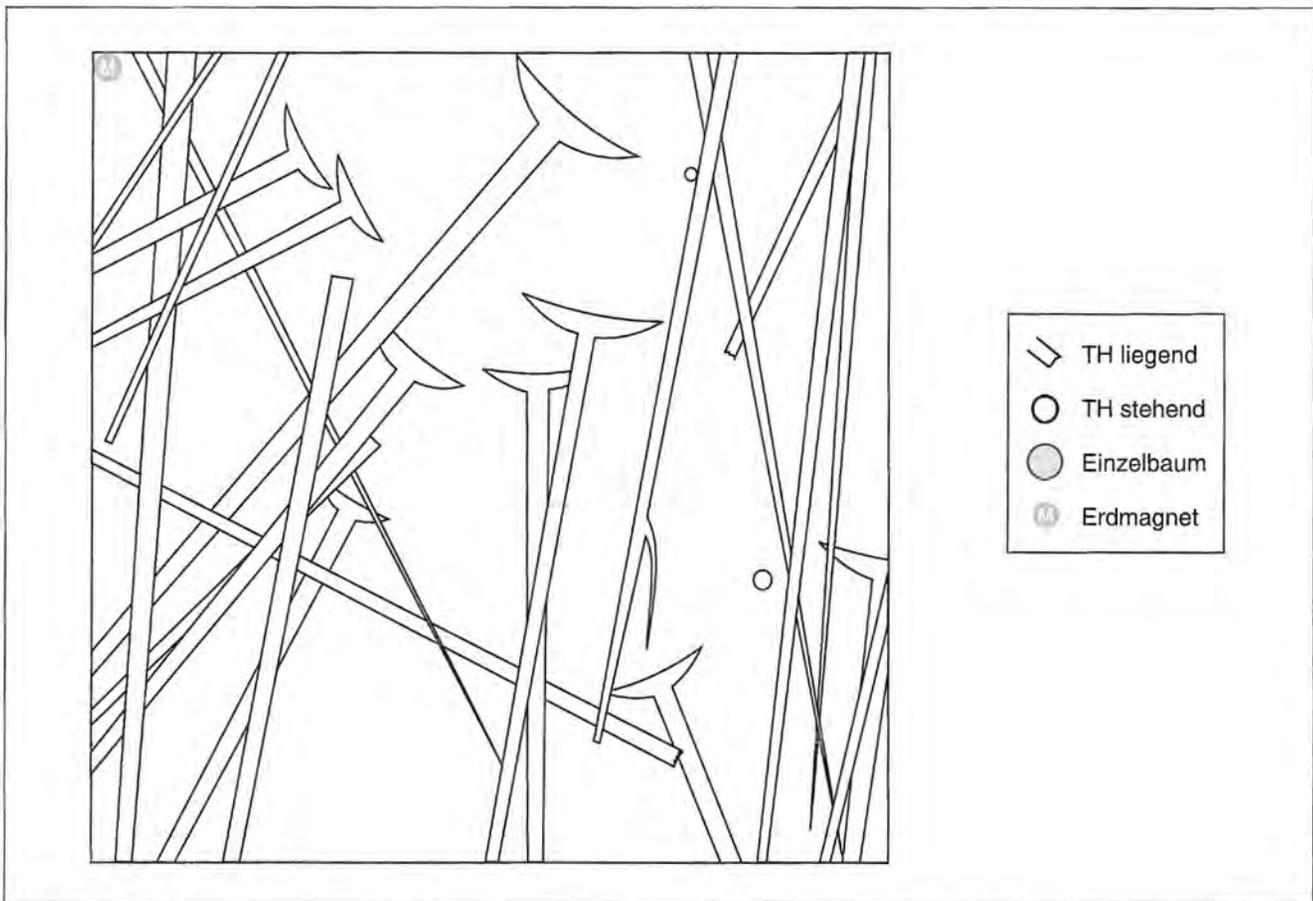


Abb. 13: Skizze Totholzverteilung (PQ 1915)

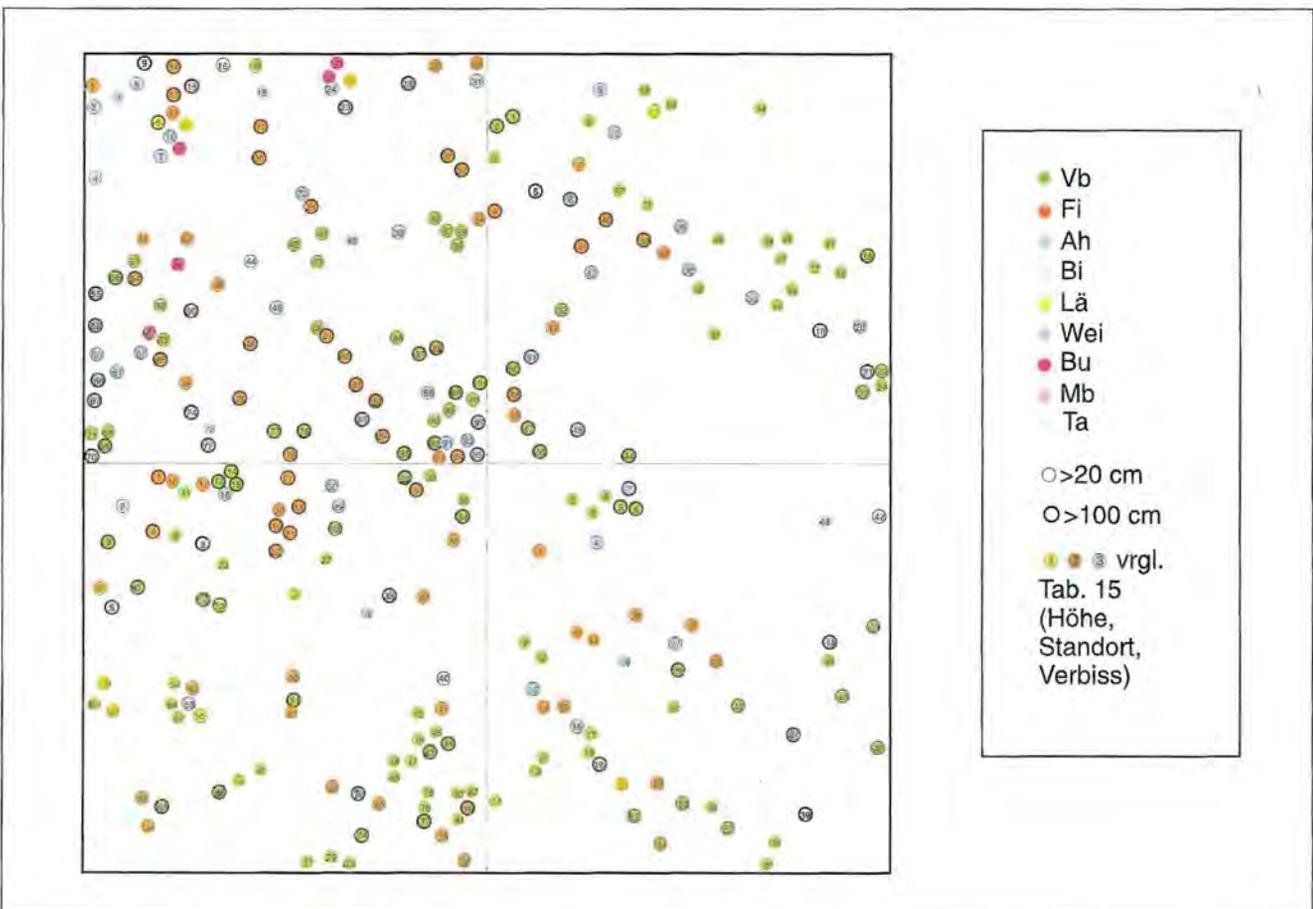


Abb. 14: Stammfußkarte Verjüngung (PQ 2015).

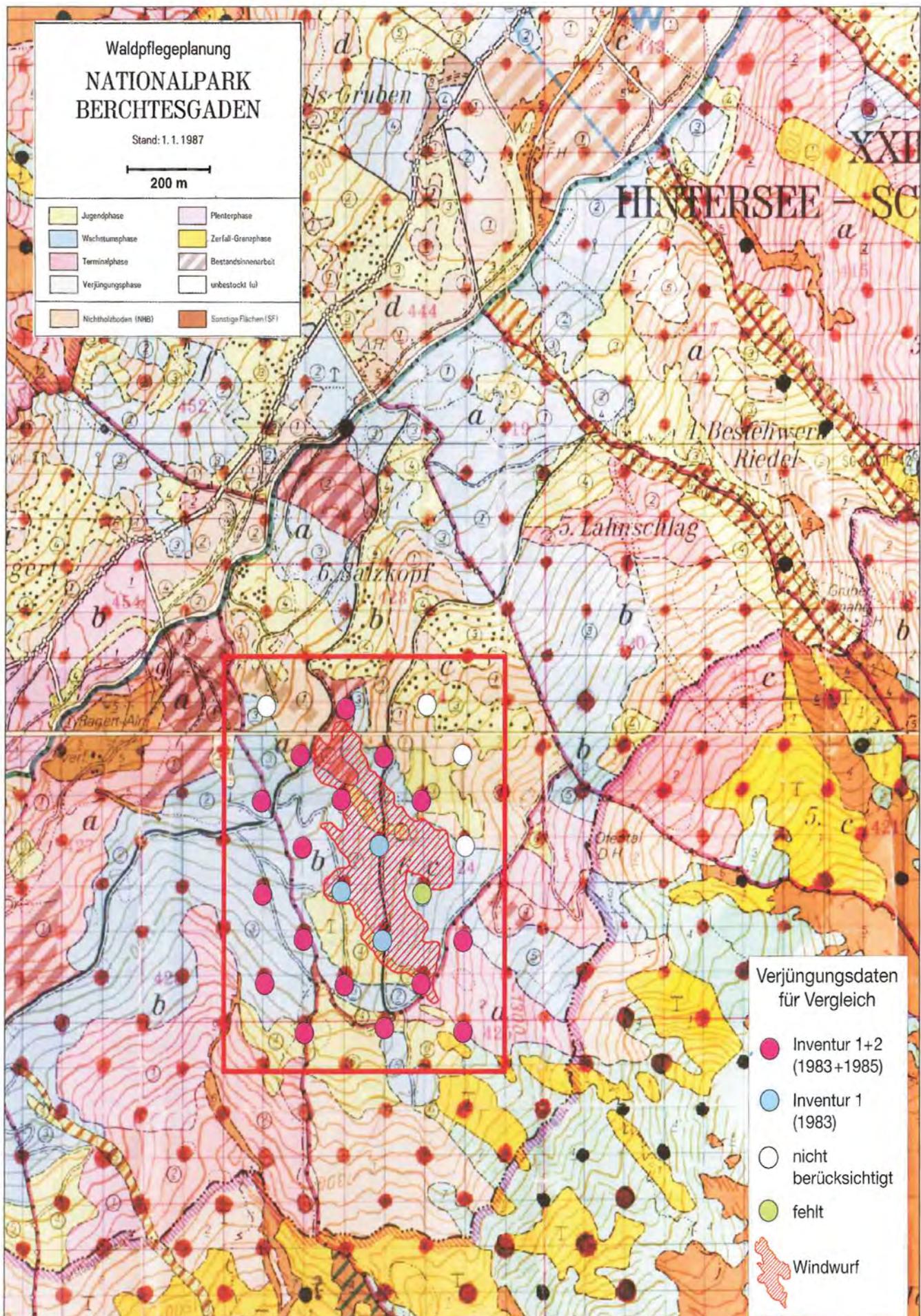


Abb. 15: Lage der Inventurpunkte (Ausschnitt Forstbetriebskarte).

1993) berechnet. Werte von  $D < 1$  zeigen regelmäßige, Werte von  $D > 1$  gehäufte Verteilung an.

$$D = \frac{m_{ci} - m_{ci-1}}{x_i - x_{i-1}} \quad m_{ci} = x_i + \frac{s_i^2}{x_i} - 1$$

$i = 1$  für die kleinste Teilfläche

$x_i$  = mittlere Individuenzahl je Stichprobe

$s_i^2$  = Varianz der Individuenzahlen in den jeweiligen Größen (i) der Stichprobenflächen

### 3.4.4 Vergleich mit Verjüngungsdaten der beiden Waldinventuren

Um eine Vorstellung davon zu bekommen, was an Verjüngung in den Fichtenbeständen vor dem Sturm vorhanden war und was heute in den Beständen um die geworfene Fläche herum vorhanden ist, wurden die Verjüngungsaufnahmen der beiden Waldinventuren (1983 / 1995) im Bereich des Windwurfs und der angrenzenden Bestände ausgewertet (Abb. 15).

Die erste Waldinventur 1983 beschreibt die Situation vor dem Sturm und enthält Inventurpunkte, die direkt auf der Fläche des späteren Windwurfs liegen und damit für einen Vergleich besonders interessant sind (blau). Punkte, die in Bestandslücken lagen (alte Windwürfe) wurden nicht berücksichtigt (weiß). Ein Punkt wurde nicht ausgewertet, da er bei der Zweitinventur 1995 in einer Borkenkäferfläche lag, die nach erfolgter Räumung ausgepflanzt worden war (weiß). Ein anderer Punkt fehlte bei beiden Inventuren (grün). Aus den Verjüngungsdaten der verbleibenden 19 Punkte (blau + rot) wurden Mittelwerte für die einzelnen Baumarten gebildet und diese auf Hektar hochgerechnet. Bei dieser Inventur wurde die Verjüngung ab 20 cm Höhe in einem Probekreis mit einem Radius von  $r = 3,15$  m ( $31,25$  m<sup>2</sup>) aufgenommen.

Bei der Zweitinventur 1995/96 wurde das Aufnahmeverfahren geändert und die Verjüngung in einem kleineren Probekreis mit  $r = 2,82$  m ( $25$  m<sup>2</sup>) aufgenommen. Durch den Sturm waren drei Punkte in den Windwurf gefallen, wodurch sie für den angestrebten Vergleich unbrauchbar wurden (blau). Aus den verbleibenden 16 Punkten (rot) wurden die Pflanzenzahlen pro Hektar ermittelt.

Aus den Verjüngungsaufnahmen im Windwurf 1997 konnten nur die Pflanzen größer 20 cm verwendet werden, da dieser Wert bei beiden Waldinventuren die Aufnahmeuntergrenze bildete. Es wurden 32 Punkte mit jeweils  $100$  m<sup>2</sup> ausgewertet. Die dynamische Entwicklung und autogene Differenzierung der Verjüngung nach dem Sturm soll durch die Gegenüberstellung der Daten aus beiden Waldinventuren und den Verjüngungsaufnahmen im Windwurf aufgezeigt werden (Abb. 41).

### 3.4.5 Zauneffekt

#### a) „Zauneffekt“ (im 10 x 10 m Probequadrat)

Häufig wird die These aufgestellt, dass ein Verhau aus liegengelassenem Sturmholz, die Verjüngung vor Verbiss durch Schalenwild schützt. Diese These sollte hier geprüft werden. Um mögliche Zusammenhänge zwischen

der Anzahl (oder den Laufmetern) der liegenden Stämme (Raumwiderstand = Schutzwirkung = „Zauneffekt“) pro Probequadrat (10 x 10 m) und dem Verbiss oder der Anzahl der liegenden Stämme und der Verjüngungspflanzenzahl festzustellen, wurden mit EXCEL Regressionsanalysen durchgeführt.

#### b) „Zauneffekt“ (in 5 x 5 m Probequadraten)

Um eine mögliche Schutzwirkung der liegenden Stämme auf die Verjüngung vor Wildverbiss noch genauer zu testen, wurden allen 128 Unterquadraten (5 x 5 m) nach der Anzahl der darin liegenden Stämme und ihrer Verteilung im Raum 3 Raumwiderstandsstufen (niedrig, mittel, hoch) zugeteilt. Dazu wurden die prozentual verbissenen Pflanzen im jeweiligen Unterquadrat in Beziehung gesetzt. Hieraus resultieren drei Kurven, die theoretisch nach unterschiedlich starker Schutzwirkung der Stämme eine abgestufte Verbissintensität zeigen sollen.

#### c) „Zauneffekt“ (Individualpflanze)

Eine Untersuchung eines möglichen Verbisschutzes der Pflanzen durch den sie umgebenden Verhau aus Totholz und Ästen (= Zauneffekt) wurde hier auf der Basis von Einzelpflanzen (unterste Test-Ebene) versucht. Jede Pflanze, die sich zum Zeitpunkt der Aufnahme in einem „Käfig“ aus Ästen befand wurde mit dem Vermerk „Zaun“ (vergleichbar einem mechanischen Einzelpflanzenschutz wie z.B. Drahtosen im Forst) versehen. Eine Auswertung der prozentualen Anteile, trotz Schutz verbissener Pflanzen, sollte Auskunft geben, ob diese Hypothese zutrifft oder nicht.



Abb. 16: Durch Fichten und Äste geschützte Tannenverjüngung.

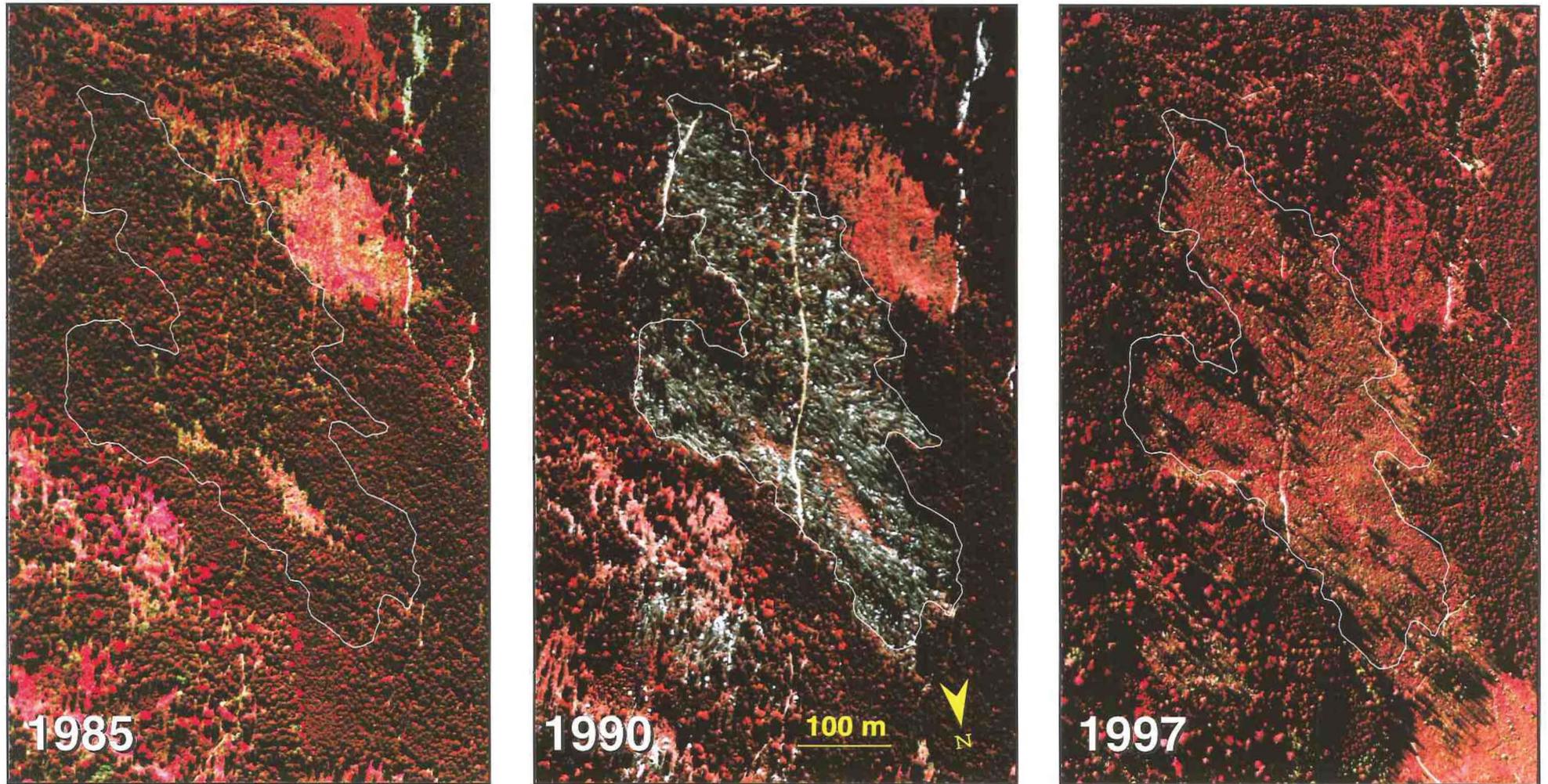


Abb. 17: Entwicklung der Fläche von 1985 – 1997.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Entwicklung der Fläche 1985 – 1997

Die erste Color Infrarot Befliegung am 3.8.1985 (Bild-Nr. 637) zeigt die Situation 5 Jahre vor dem Sturm. Überträgt man den Umriss des Windwurfs von 1990 auf das Bild von 1985, erhält man einen Eindruck der ehemaligen Bestockung. Zwei kleine Bestandslücken ( $6c^4$ ,  $6b^3$ ) im nordöstlichen Teil der Fläche sowie die größere teilweise gezäunte Freifläche südwestlich davon waren vermutlich durch frühere Windwürfe entstanden. Diese Flächen wurden damals noch geräumt und ausgepflanzt. Auffällig sind die Buchengruppe im südlichen Teil des späteren Windwurfs und die beiden einzelnen Buchen am nordwestlichen Rand der schmalen Bestandslücke ( $6b^4$ ), die sich deutlich hellrot von den sie umgebenden Fichten abheben.

Kurz nach dem Wurf im Februar 1990 erfolgte die zweite Befliegung am 24.8.1990 (Bild-Nr. 40). Hier sind noch gut die geworfenen Fichten zu erkennen. Die oben beschriebenen Buchen haben den Sturm überstanden. Deutlich erkennt man nun den freigesägten Wanderweg 482 zum Hochkalter, der den Windwurf in der Mitte annähernd in Nord-Süd Richtung durchquert, am südlichen Ende scharf abbiegt und am oberen Rand den Windwurf nochmal streift. Die im 1985er CIR-Bild erkennbaren Bestandslücken sind nun als hellrote Verjüngungsflächen erkennbar.

Die dritte Befliegung am 28.8.1997 zeigt die Entwicklung der Fläche sieben Jahre später. Die fast vollständige Begrünung der Fläche (durch Himbeeren, Roten Hunder und ankommende Verjüngung) ist gut zu sehen. Die gezäunte Verjüngungsfläche im Südwesten zeigt eine gute Höhenentwicklung. Der Bereich (ehemaliger Erdweg) zwischen den beiden Zäunen ist stark vergast. Einige wenige sehr stark verbissene Buchen, Bergahorn und Tannen harren auf ihm aus.

### 4.2 Einzelbäume

Um eine Aussage über die baumartenspezifische Stabilität gegen Sturm machen zu können und ihre weitere Entwicklung auf der Freifläche zu beobachten, wurden die „Überlebenden“ innerhalb der Probequadrante kartiert. In allen 32 Probequadranten zusammen haben 13 Einzelbäume den Sturm überlebt – 7 Lärchen und 6 Fichten. Der prozentuale Anteil der Lärchen, die den Sturm überstanden haben, ist also wesentlich höher als der der Fichten.

### 4.3 Totholz

#### a) Stehendes Totholz

In allen 32 Probequadranten zusammen wurden 36 Hochstümpfe und abgestorbene stehende Stämme gezählt. Das entspricht einem Wert von 116 Stück pro Hektar. Hiervon waren 8 % Lärchen und 92 % Fichten.

#### b) Liegendes Totholz

Insgesamt wurden 416 Stammstücke innerhalb der Probequadrante aufgenommen. Die Anzahl der Stammsegmente pro Probequadrat ( $10 \times 10$  m) schwankte zwischen 3 und 22 Stück, das Volumen zwischen 0,6 und 4 Festmeter.

Hochgerechnet ergibt sich ein Volumen von 234 Festmeter pro Hektar oder 3500 Festmeter auf dem 15 Hektar großen Windwurf. Von den liegenden Stämmen waren 80 % geworfen worden (Wurzelteller aufgeklappt und noch am Stamm), während nur 20 % abgebrochen waren. Bei beiden Kategorien hatte die Fichte einen Anteil von 90 %, die Lärche von ca. 10 %. Eine einzige abgebrochene Birke wurde noch gefunden.

Der Zersetzungsgrad vieler Stämme ist nach sieben Jahren noch gering, da die oberen Stämme keinen Bodenkontakt haben und nach Regen schnell wieder abtrocknen. An den meisten Stämmen haften noch Rindenstücke, und die Äste sind schwer abzurechen.

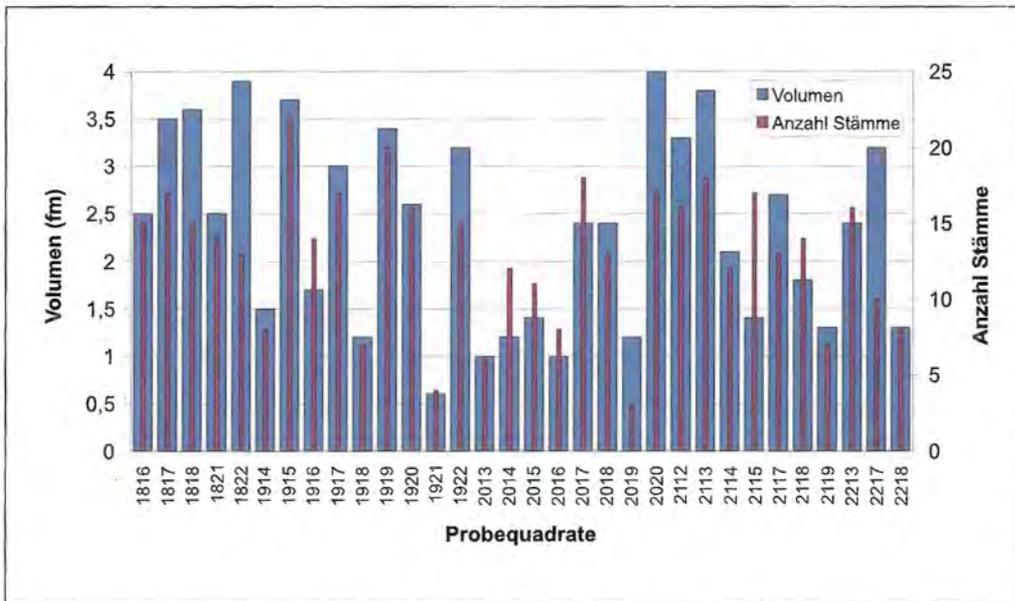
### 4.4 Verjüngungssituation

#### 4.4.1 Baumartenspektrum

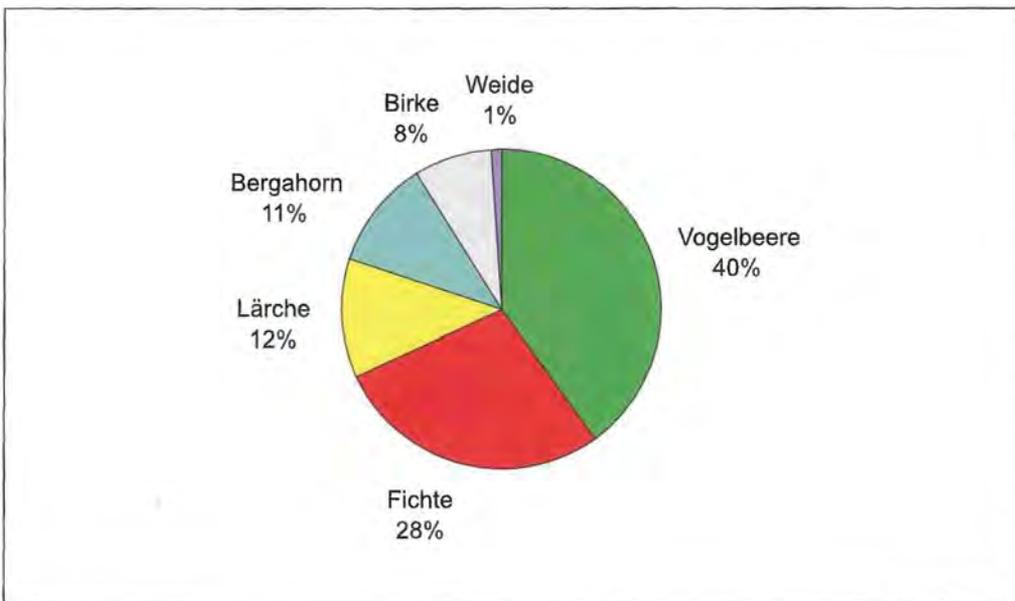
Die prozentuale Zusammensetzung der Verjüngung ab Keimlingsstadium ( $> 1$  %) aus allen 32 Probequadranten zusammen zeigt Abbildung 20.



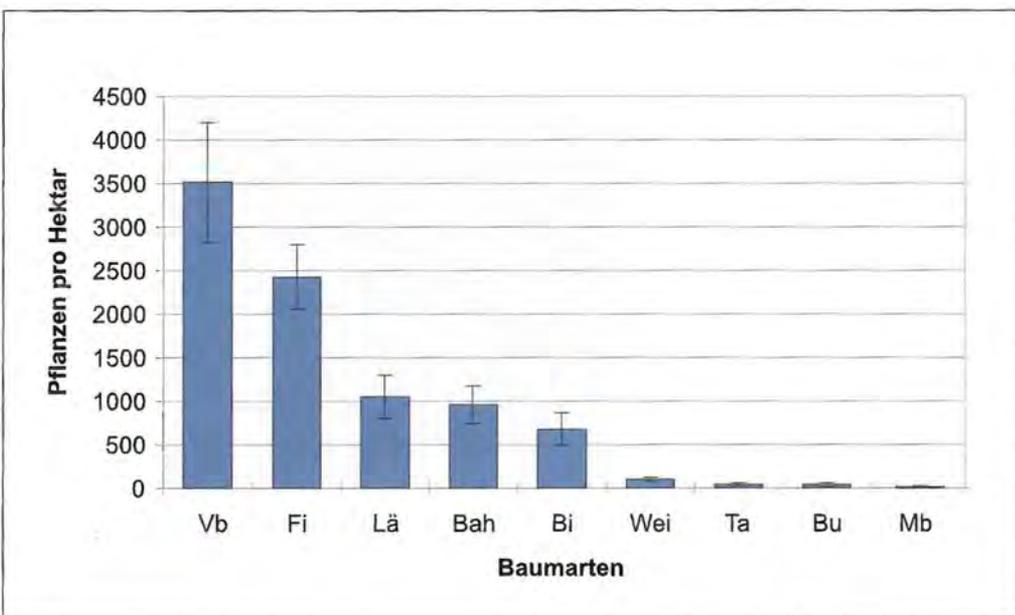
Abb. 18: Buche 7 Jahre nach Sturm.



**Abb. 19:** Totholz: Anzahl Stämme und Volumen nach Probequadraten.



**Abb. 20:** Anteile der Baumarten ( $\geq 1\%$ ) an Verjüngung.



**Abb. 21:** Pflanzenzahlen pro Hektar (nach Baumarten).



Abb. 22: „Verhau“.

Auffällig ist der hohe Anteil der Vogelbeere an der Verjüngung. Mit fast 40 % ist sie die dominierende Baumart. Geht man von 90 % Fichte im Ausgangsbestand aus, so ist der Anteil der Fichte mit nur ca. 30 % an der Verjüngung gering. Lärche, Bergahorn und Birke sind in ähnlichen Anteilen von ca. 10 % beigemischt. Die Weide ist mit einem Prozent beteiligt. In sehr geringen Zahlen (unter einem Prozent und deswegen nicht dargestellt) kommen Tanne (0,5 %), Buche (0,4 %) und Mehlbeere (0,2 %) vor.

#### 4.4.2 Pflanzenzahlen pro Hektar

In allen 32 Probequadraten zusammen wurden 2818 Verjüngungspflanzen gezählt. Das entspricht gerundet einem Mittelwert von 8800 Pflanzen pro Hektar. Die Abbildung 21 zeigt getrennt nach Baumarten die Mittelwerte pro Hektar sowie den Standardfehler.

#### 4.4.3 Baumartenverteilung und Anzahl Pflanzen nach Probequadraten (10 x 10 m)

Um zu dokumentieren, inwieweit Fichtenwälder auf Bergmischwaldstandort sich hinsichtlich der Baumarten-

zusammensetzung ohne menschliche Hilfe wieder differenzieren können, wurde die unterschiedliche Zusammensetzung der Verjüngung in den einzelnen Probequadraten graphisch dargestellt. In Abbildung 23 ist jeweils der prozentuale Anteil der verschiedenen Baumarten an der Verjüngung in einem Probequadrat sowie die Gesamtzahl der Pflanzen abgebildet.

Die absoluten Pflanzenzahlen schwanken in den Probequadraten (10 x 10 m) zwischen 8 (Punkt 1920) und 284 (Punkt 2015). Aus 13 Punkten, in denen über 100 Pflanzen vorkommen, liegen neun oberhalb (östlich) des Wanderwegs 482, der den Windwurf in der Mitte schneidet. Nimmt man alle 15 Punkte oberhalb des Weges zusammen, bekommt man bei 1755 Pflanzen insgesamt im Durchschnitt 117 Pflanzen pro Probequadrat. Die 17 Punkte unterhalb (westlich) des Weges ergeben nur 1063 Pflanzen, was im Durchschnitt 63 Pflanzen pro Probequadrat entspricht. Von den fünf Punkten, die weniger als 30 Pflanzen enthalten, liegen vier unterhalb des Weges.

In vielen Probequadraten dominieren die Vogelbeere und / oder die Fichte. In anderen dagegen entwickeln

Tab. 4: Maximale Pflanzenzahlen an verschiedenen Punkten (nach Baumarten).

Vogelbeere	Fichte	Lärche	Bergahorn	Birke	Weide	Tanne	Buche	Mehlbeere	Eibe
2014 (n=162)	1818 (n=82)	2013 (n=77)	2115 (n=52)	2119 (n=51)	1921 (n=5)	2213 (n=4)	2115 (n=6)	1922 (n=2)	2115 (n=1)
2015 (n=123)	2015 (n=73)		2015 (n=49)	1921 (n=36)		2113 (n=3)	2015 (n=5)		
2017 (n=107)									

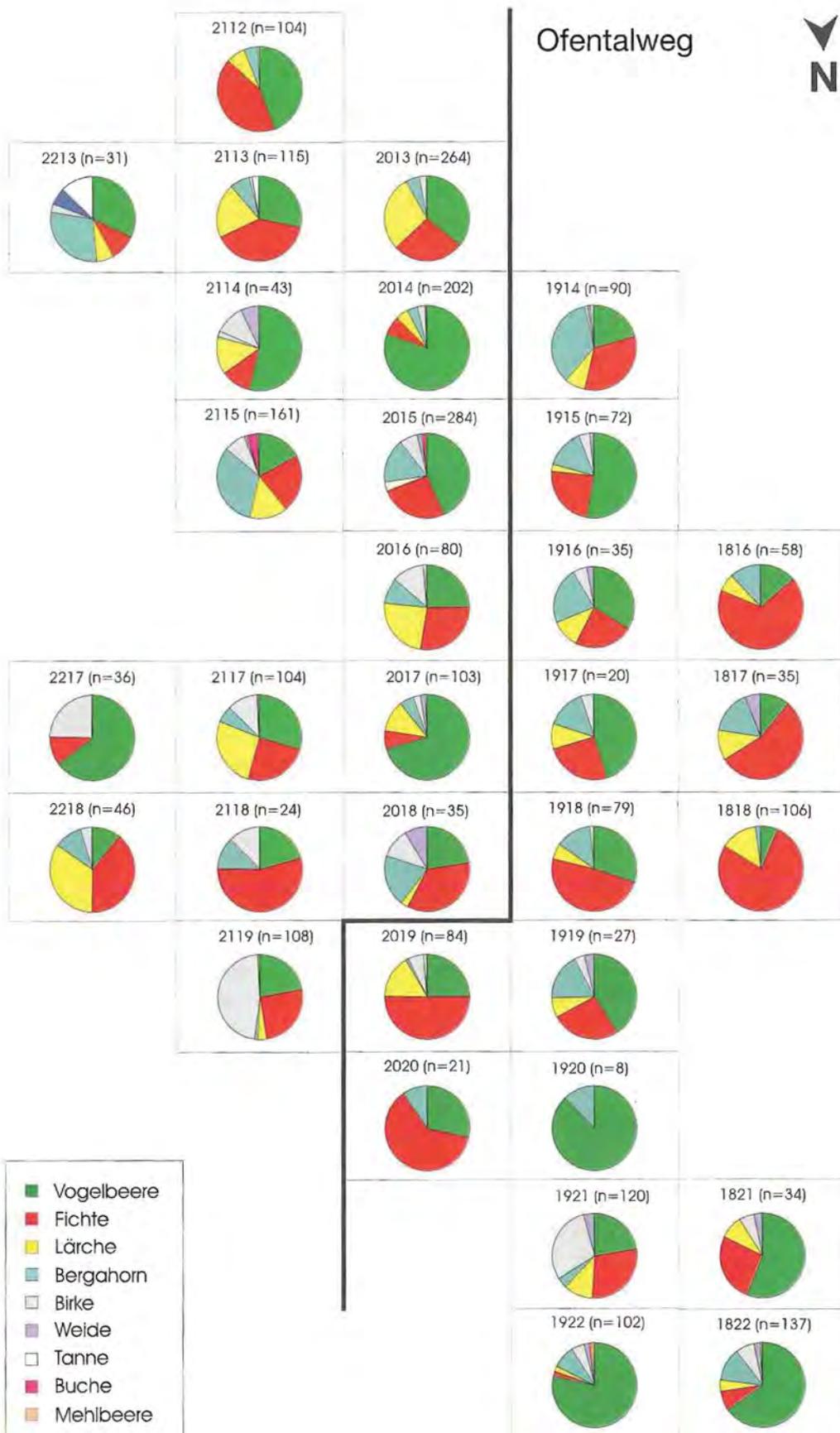


Abb. 23: Baumartenverteilung und Anzahl pro Probequadrat (10 x 10 m).

sich viel Bergahorn, Lärche oder Birke. Insgesamt überwiegt der Anteil der Fichte in sieben Probequadraten unterhalb des Weges, während dies nur in zwei Probequadraten oberhalb des Weges der Fall ist. Es kommen bis zu neun Baumarten (2115) in einzelnen Probequadraten vor, wo vorher nur eine einzige (Fichte) dominierte (Tab. 13).

#### 4.4.4 Höhenstruktur

Eine Auswertung der Verjüngung der häufigeren Baumarten in 20 cm-Schritten bis zu einer Höhe von 300 cm soll Hinweise auf ihre Entwicklung und Vertikalstruktur liefern (Abb. 25 – 29).

Die Fichte zeigt eine hyperbelartige Höhenstruktur. Pflanzen bis 20 cm machen dabei den größten Anteil mit 38 % (n = 295) aus. Viele davon wachsen in faustgroßen dichten Gruppen von mehreren Pflanzen auf aufgeklappten Wurzeltellern.

Die Vogelbeere zeigt eine heterogene Struktur. In der Klasse bis 20 cm kommen relativ wenige Individuen vor. Zwischen 21 – 120 cm ist dagegen ein deutliches Maximum festzustellen.

Beim Bergahorn herrscht auch eine annähernd hyperbelartige Höhenstruktur. Nur zwischen 121 und 140 cm sind etwas mehr Pflanzen vorhanden.

Bei der Birke zeigt sich die ungleichmäßigste Höhenstruktur. In den niedrigeren Höhenklassen sind nicht mehr Individuen zu finden als in den höheren. Einzelne Höhenklassen (61 – 80 cm, 181 – 200 cm) weisen sehr wenige Individuen auf.

Bei der Lärche bestreiten die Pflanzen bis 20 cm einen Anteil von 54 % (n = 178). Diese wachsen häufig auf extremen Standorten wie in Spalten im nackten Fels, der

**Tab. 5: Höhenstruktur der Tannen-, Buchen- und Mehlbeerenverjüngung.**

Baumart	Höhen (cm)	Mittelhöhe (cm)	Anteil bis 20 cm (%)
Tanne (n = 13)	7 – 85	41	30
Buche (n = 12)	11 – 60	26	58
Mehlbeere (n = 5)	70 – 170	112	0

unter den herausgerissenen Wurzeltellern zu Tage tritt, oder auf den sehr trockenen aufgeklappten Wurzeltellern.

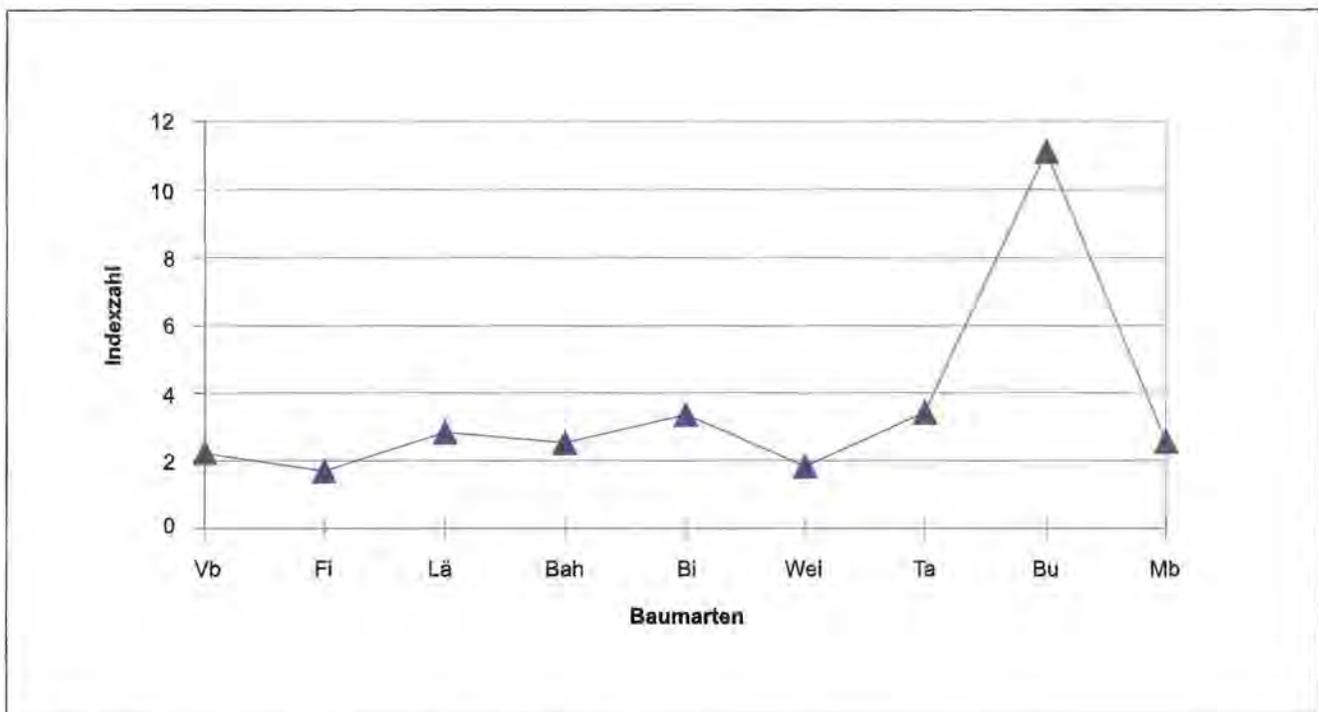
Bei der Weide (n = 33) treten Individuen von 10 – 450 cm Höhe auf. Die Mittelhöhe beträgt 137 cm. Es sind alle Höhenklassen (außer der Klasse 281 – 300 cm) mit ein bis drei Individuen besetzt.

Die Höhenstruktur der wenigen Tannen, Buchen und Mehlbeeren zeigt Tab. 5. Die Tannen und Buchen sind noch relativ klein. Bei der Mehlbeere wurden keine Individuen unter 70 cm Höhe gefunden.

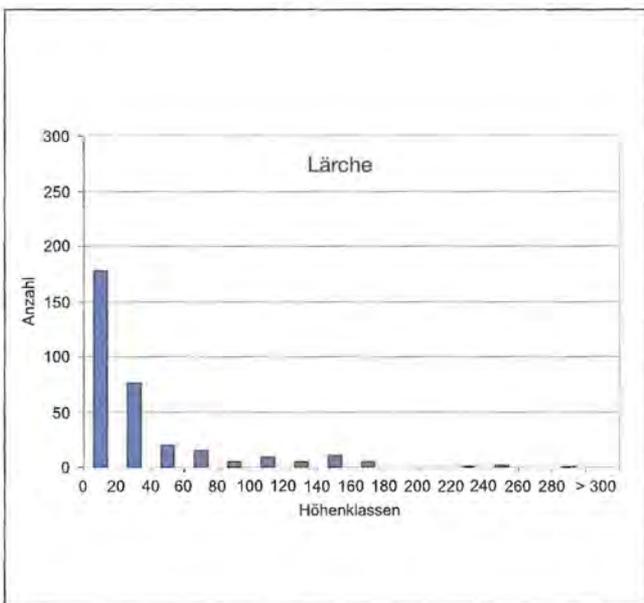
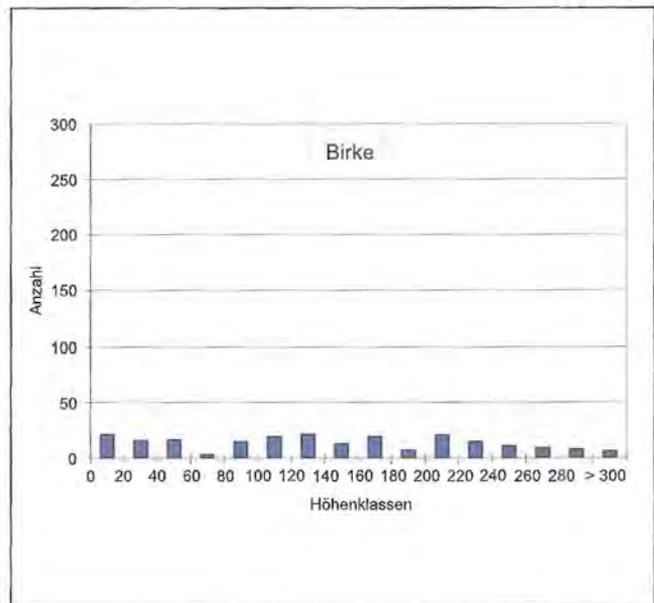
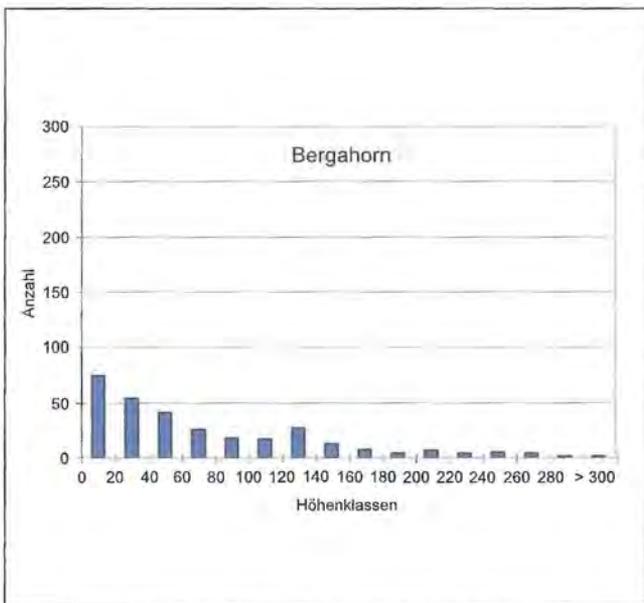
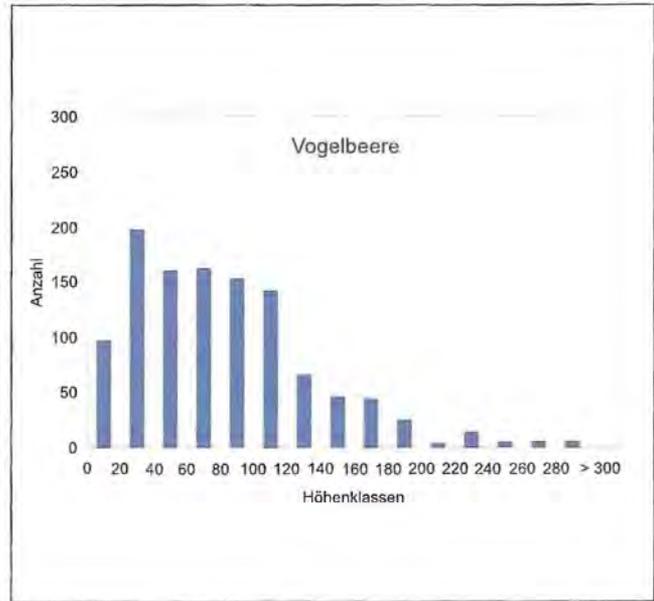
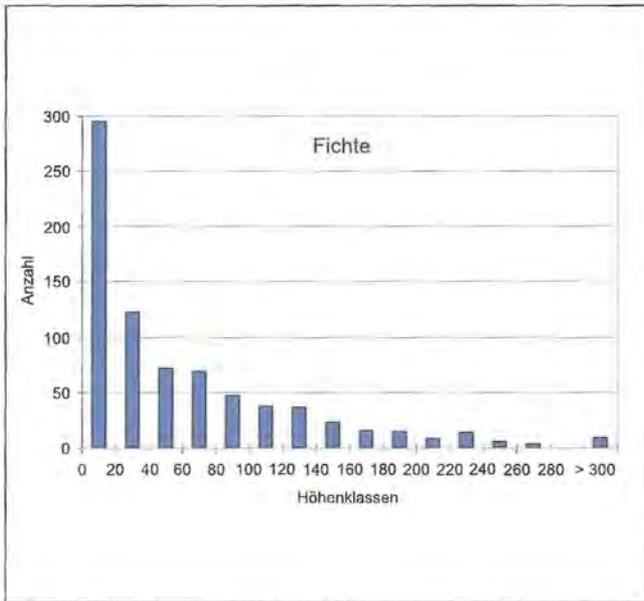
#### 4.4.5 Dispersion

Mit der Berechnung eines Dispersionsindex (D) sollte geprüft werden, ob die Individuen einer Baumart zufällig verteilt sind oder aggregieren. Werte von  $D < 1$  zeigen regelmäßige, Werte von  $D > 1$  gehäufte Verteilung an. Die einzelnen Baumarten wurden ihrer Häufigkeit nach auf der Abszisse aufgetragen.

Deutlich erkennbar ist eine starke Klumpung bei der Buchenverjüngung (unter Samenbäumen). Tanne, Birke und Lärche zeigen schwächere Aggregationen. Vogelbeere, Weide und Fichte sind am gleichmäßigsten verteilt.



**Abb. 24:** Dispersionsindex (nach IWAO, zit. n. MÜHLENBERG 1993).



**Abb. 25 oben links:**  
Höhenstruktur der Fichtenverjüngung.

**Abb. 26 oben rechts:**  
Höhenstruktur der Vogelbeererjüngung.

**Abb. 27 Mitte links:**  
Höhenstruktur der Ahornverjüngung.

**Abb. 28 Mitte rechts:**  
Höhenstruktur der Birkenverjüngung.

**Abb. 29 unten links:**  
Höhenstruktur der Lärchenverjüngung.

4.4.6 Verbiss

a) Sommer-Leittriebverbiss

Für Abb. 30 wurden nur aktuell verbissene Leittriebe gezählt. Die Mehlbeere wird sehr stark verbissen. Der Wert 60 % ist jedoch mit Vorsicht zu interpretieren, da insgesamt nur 5 Exemplare gefunden wurden. Vogelbeere und Buche werden ebenfalls gerne angenommen. Tanne und Weide wurden mit etwas über 15 % gleichstark genutzt. Am wenigsten waren Birke, Bergahorn, Fichte und Lärche verbissen.

b) Gesamtverbiss

Abb. 31 berücksichtigt aktuellen oder ehemaligen Leittriebverbiss und Nebentriebverbiss – also alle Pflanzen, die irgendwann in ihrem Leben einmal verbissen wurden (Mehrfachnennungen bei einer Pflanze wurden einfach gezählt). Vogelbeere und Tanne werden am stärksten verbissen. Auch Weide und Bergahorn werden sehr gerne angenommen. Buche und Birke werden dagegen

nicht so stark genutzt. Fichte und Lärche werden am wenigsten verbissen.

c) Selektiver Verbiss

Einen möglichen Einfluss, den dieser selektive Verbiss auf die Verjüngung haben kann, zeigt Abb. 32. Die Baumarten wurden nach abnehmender Häufigkeit auf der Abszisse aufgetragen. Auf der Primärordinate sind die Mittelwerte der Pflanzen pro Hektar, auf der Sekundärordinate die Verbissprozente (Gesamtverbiß) aufgetragen. Die Ausgleichsgeraden lassen den gegenläufigen Trend erkennen – stärker verbissene Baumarten zeigen abnehmende Häufigkeiten.

Die Vogelbeere bildet hiervon eine Ausnahme. Trotz des starken Verbisses von 76 % ist sie die häufigste Baumart. Die Fichte (7 %) und die Lärche (3 %) werden am wenigsten verbissen. Sie sind die zweit- und dritthäufigsten Baumarten. Der Bergahorn bildet neben der Vogelbeere einen gewissen Ausreißer in dieser Reihe. Er ist

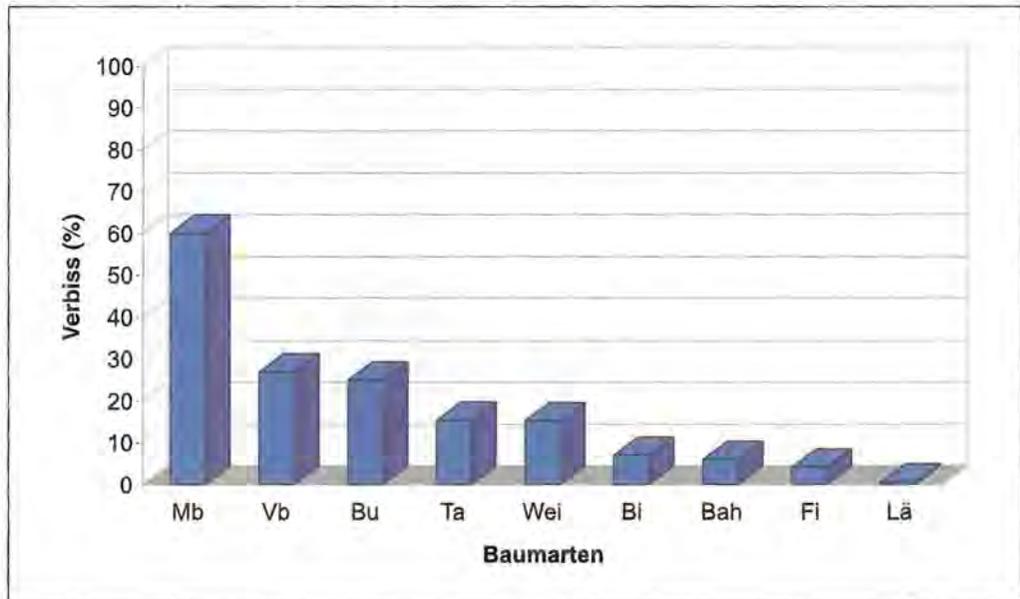


Abb. 30: Sommer-Leittriebverbiss nach Baumarten.

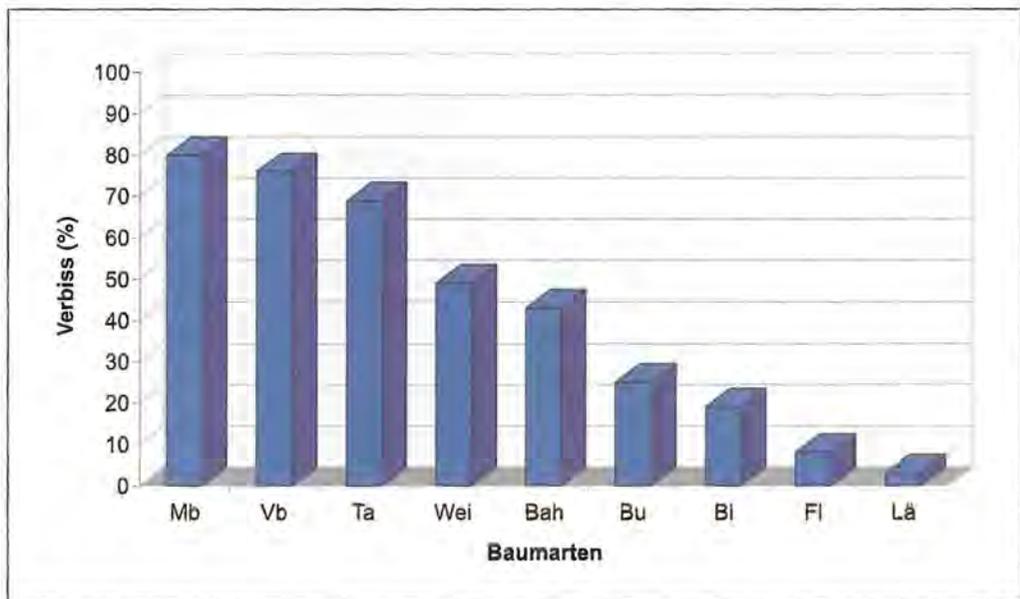


Abb. 31: Gesamtverbiss (aktueller / ehemaliger Leittrieb-, Nebentriebverbiss) nach Baumarten.

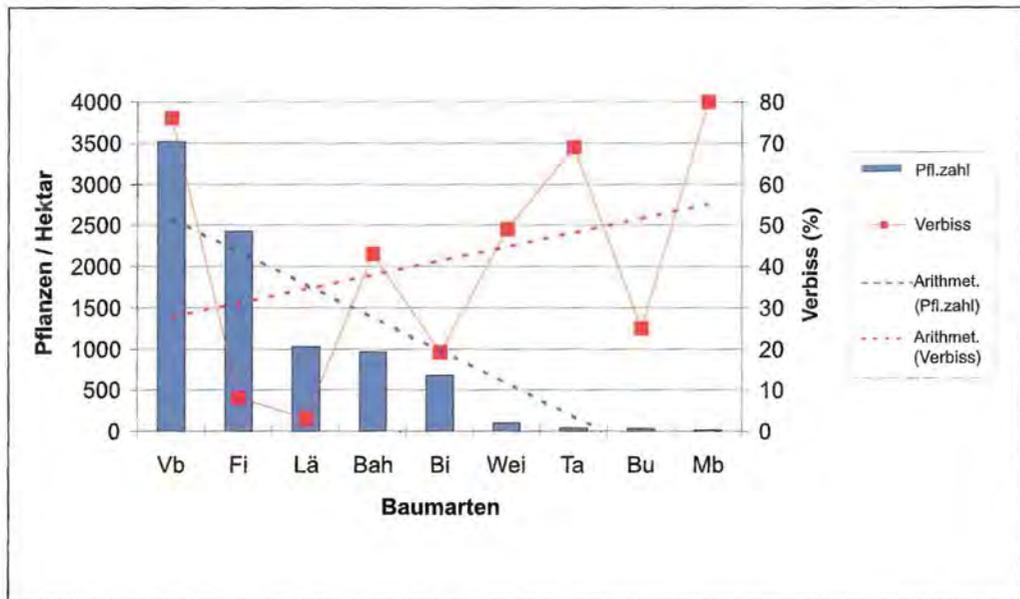


Abb. 32:  
Selektiver Verbiss.

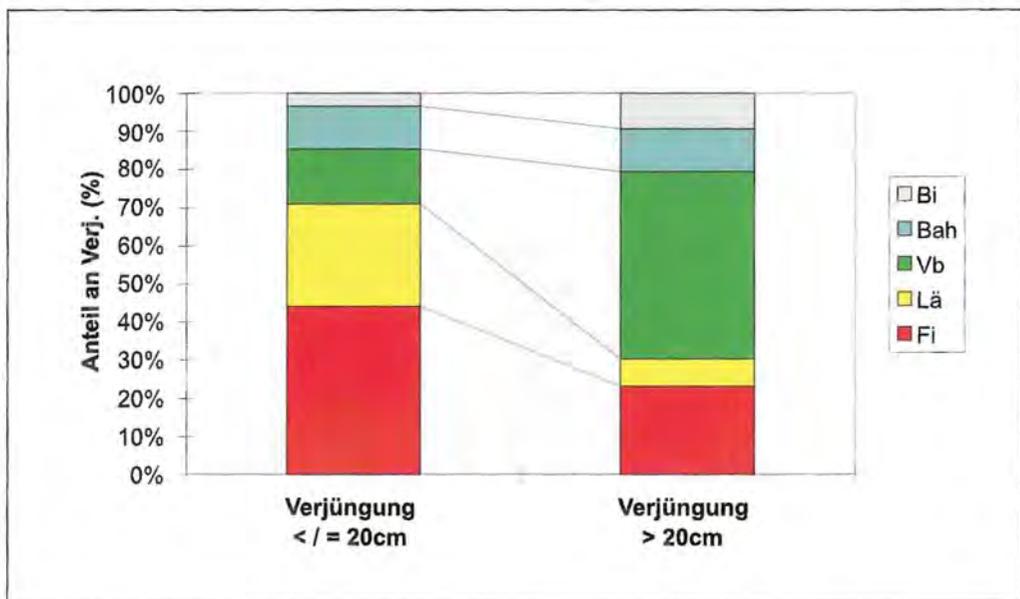


Abb. 33:  
Vergleich der Verjüngung  $\leq 20$  cm und  $> 20$  cm (häufige BA).

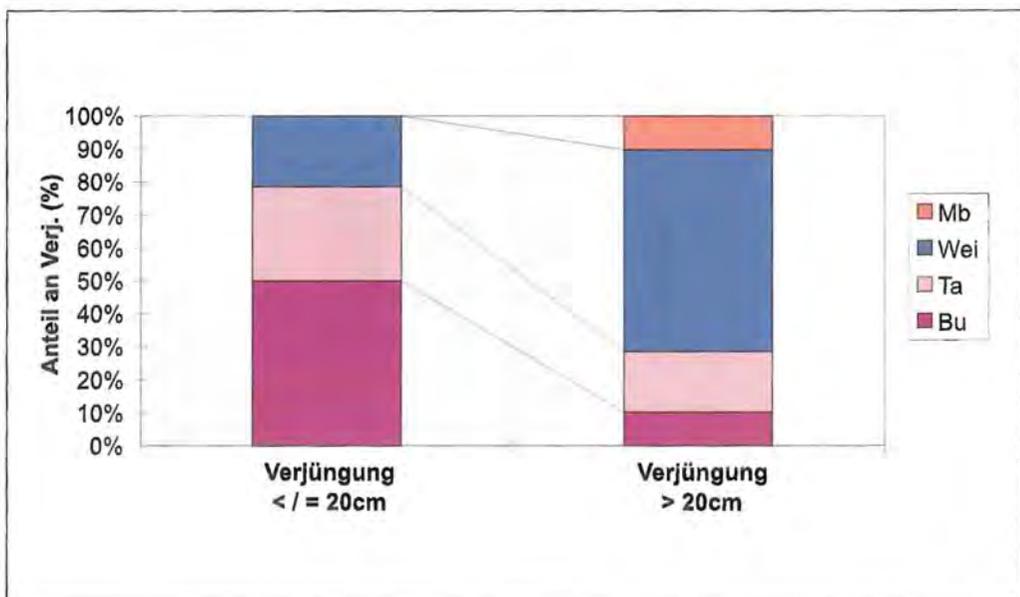


Abb. 34:  
Vergleich der Verjüngung  $\leq 20$  cm und  $> 20$  cm (seltene BA).

**Tab. 6 Verjüngung auf Wurzelteller.**

Baumart	Fichte	Vogelbeere	Lärche	Birke	Bergahorn
Anzahl (n)	105	94	40	9	3
Prozent (%)	42	38	16	4	1

**Tab. 7: Höhenstruktur der Verjüngung auf Wurzelteller.**

Höhe (cm)	0 – 20	21 – 40	41 – 60	61 – 80	81 – 100	101 – 200	>200
Anzahl (n)	120	39	21	11	20	36	3
Prozent (%)	48	16	8	4	8	14	1

mit 43 % relativ stark verbissen, gehört aber zu den häufigeren Baumarten. Die Birke wird wesentlich weniger verbissen (19 %), kommt aber in etwas geringeren Zahlen als der Bergahorn vor. Weide (49 %), Tanne (69 %) und Mehlbeere (80 %) zeigen mit zunehmendem Verbiss abnehmende Häufigkeiten. Die Buche bildet einen weiteren Ausreißer. Bei einem Verbiss von „nur“ 25 % ist sie doch sehr selten.

**d) Pflanzendichte und Verbiss**

Um zu prüfen, ob ein Zusammenhang zwischen der Pflanzendichte pro Probequadrat (mögliche Lockwirkung) und dem Verbiss besteht, wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt. Mit zunehmender Pflanzenzahl läßt sich ein leicht ansteigender Leittrieb-Verbiss erkennen. Unterstellt man bei einem höheren Verbiss eine häufigere Nutzung und demzufolge eine höhere Attraktivität der Teilparzelle, würde der positive Trend die Ausgangshypothese bestätigen. Das Bestimmtheitsmaß  $R^2 = 0,05$  zeigt allerdings keinen Zusammenhang.

**e) Vergleich der Verjüngung  $\leq 20$  cm und  $> 20$  cm**

Durch den Vergleich der vorhandenen Baumartenanteile bis und größer 20 cm Höhe wird deutlich, welche Baumarten durch den Einfluss des Schalenwildes nicht in die Schicht über 20 cm einwachsen können. Bei der Fichte und der Lärche ist eine deutliche prozentuale Abnahme beim Übergang in die Schicht über 20 cm erkennbar. Die Vogelbeere zeigt eine starke Zunahme. Beim Bergahorn bleibt der Anteil etwa gleich, während bei der Birke eine leichte Zunahme festzustellen ist.

Bei den stärker verbissgefährdeten Arten ist aufgrund der geringen Pflanzenzahlen eine Darstellung in einem anderen Maßstab erforderlich. Der prozentuale Anteil der Buche nimmt beim Übergang in die Schicht über 20 cm stark ab. Auch der Anteil der Tanne geht leicht zurück. Bei der Weide dagegen ist ein starker Anstieg zu verzeichnen. Die wenigen Exemplare der Mehlbeere, die gefunden wurden, waren alle größer 20 cm.

**4.4.7 Sonderstandorte**

Um einen möglichen Einfluss der Sonderstandorte auf die Keimung, Höhenentwicklung und Baumartenzusammensetzung zu ermitteln, wurde die Verjüngung auf aufgeklappten Wurzeltellern, vermoderndem Holz (Ranne)

und auf Felsen analysiert. Insgesamt 21 % (n = 593) der Gesamtverjüngung stockt auf solchen Sonderstandorten.

**a) Wurzelteller**

Auf aufgeklappten Wurzeltellern wuchsen neun Prozent (n = 251) aller Pflanzen. Den größten Anteil bilden Fichten (42 %) und Vogelbeeren (38 %) mit zusammen 80 %. Die Lärche ist mit 16 % vertreten. Wenige Exemplare der Birke und des Bergahorn kamen noch vor.

Betrachtet man die Höhenstruktur, so dominiert die Verjüngung bis 20 cm mit 48 %. Hiervon sind 65 % kleine Fichten, die häufig in dichten Gruppen von mehreren Pflanzen wachsen, 24 % Lärchen und 9 % Vogelbeeren.

**b) Moderholz**

Um dokumentieren zu können, wie sich der Anteil der Verjüngung auf Moderholz mit zunehmender Zersetzung des Totholzes verändern wird, wurde die Situation 1997 im Windwurf aufgenommen. Die geworfenen Stämme sind nach sieben Jahren noch kaum zersetzt. Äste lassen sich schwer abbrechen und Rindenstücke sind noch vorhanden. Die aufgenommene Rannenverjüngung entwickelt sich also auf vermoderndem Holz, das aus der Zeit vor dem Windwurf stammt. Dementsprechend gering ist auch die Zahl der Pflanzen auf Moderholz – 109 Pflanzen, das entspricht vier Prozent der Gesamtverjüngung. Besonders Fichten (65 %) keimen auf Moderholz. Birke und Bergahorn profitieren von diesem Substrat weniger.

Die Höhenstruktur der Pflanzen auf Moderholz zeigt Tabelle 9. Es dominieren Pflanzen bis 20 cm. Diese setzen sich zusammen aus 81 % Fichte, 15 % Lärche und vier Prozent Birke.

**c) Felsen**

Auf sehr felsigem Untergrund (in Spalten, auf geringmächtigen Böden) oder einzelnen Felsbrocken wurden acht Prozent der Verjüngung (n = 233) gefunden. Auch mit diesen Bedingungen kommt die Fichte (38 %) am besten zurecht, wobei auch Exemplare mit Mangelercheinungen (gelbe Nadeln) gefunden wurden. Die zweithäufigste Baumart ist die Lärche (24 %), gefolgt von der Vogelbeere (23 %). Einzelexemplare der Weide und der Tanne waren vertreten.

**Tab. 8: Verjüngung auf altem Moderholz.**

Baumart	Fichte	Vogelbeere	Lärche	Birke	Bergahorn
Anzahl (n)	71	17	14	6	1
Prozent (%)	65	16	13	6	1

**Tab. 9: Höhenstruktur der Verjüngung auf altem Moderholz.**

Höhe (cm)	0 – 20	21 – 40	41 – 60	61 – 80	81 – 100	101 – 200	>200
Anzahl (n)	54	17	6	10	4	15	3
Prozent (%)	50	16	6	9	4	14	3

**Tab. 10: Verjüngung auf Felsen.**

Baumart	Fichte	Vogelbeere	Lärche	Birke	Bergahorn	Weide	Tanne
Anzahl (n)	89	53	56	19	12	3	1
Prozent (%)	38	23	24	8	5	1	0,5

**Tab. 11: Höhenstruktur der Verjüngung auf Felsen.**

Höhe (cm)	0 – 20	21 – 40	41 – 60	61 – 80	81 – 100	101 – 200	>200
Anzahl (n)	94	47	27	16	12	22	15
Prozent (%)	40	20	12	7	5	9	6

Die Höhenstruktur zeigt Tab. 11. Die Verjüngung bis 20 cm bildet den größten Anteil mit 40 %. Davon sind 46 % Fichten, 30 % Lärchen und 22 % Vogelbeeren.

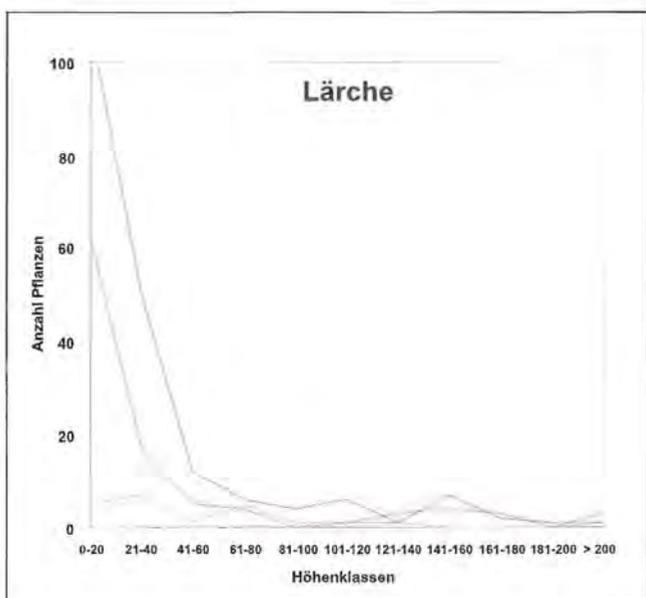
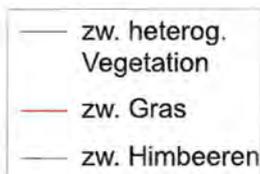
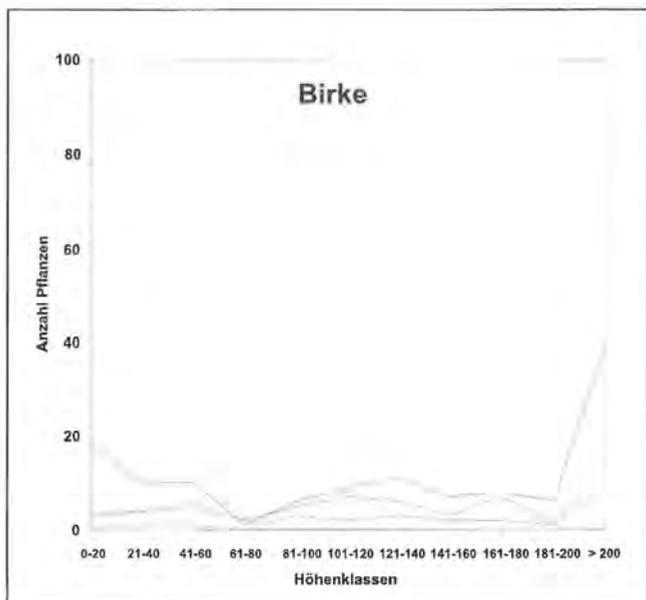
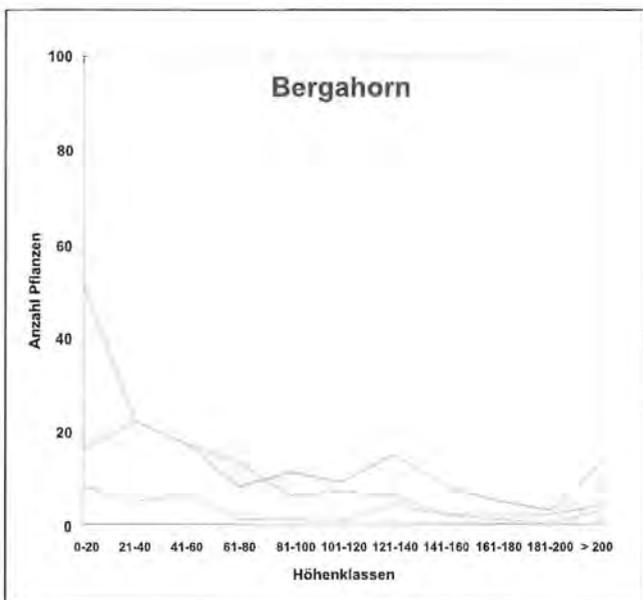
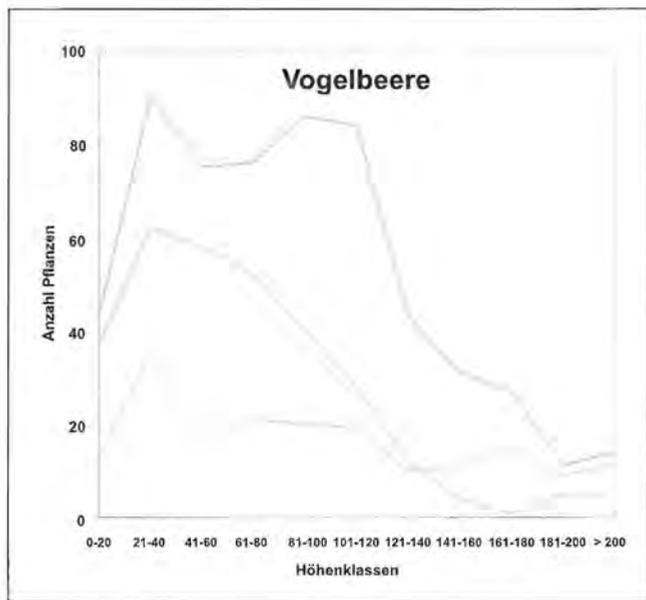
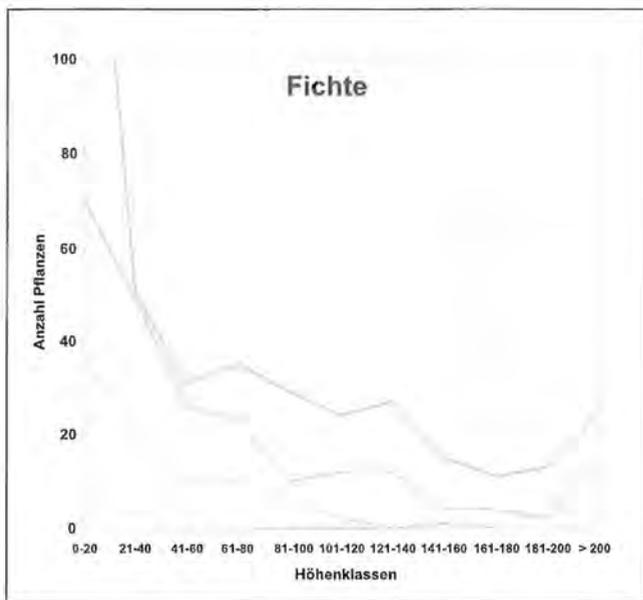
#### 4.4.8 Konkurrenzvegetation

In dieser Arbeit wurde versucht, die interspezifische Konkurrenz zwischen der Himbeere (*Rubus idaeus*) und der Verjüngung zu untersuchen. Hierbei wurde unterstellt, dass die Konkurrenz mit Himbeeren um Wasser, Nährstoffe und Licht so stark sein kann, daß sie das Höhenwachstum der Verjüngung beeinträchtigt oder zu deren Verdrängung führt. Mögliche Auswirkungen auf die Höhenstruktur der Verjüngung der fünf häufigsten Baumarten zeigen die folgenden Abbildungen. Die Höhenstruktur der Verjüngung zwischen Gras (*Calamagrostis*) und zwischen heterogener krautiger Vegetation (z.B. Farne, Moos, Bingelkraut, etc.) wurden dazu in Beziehung gesetzt. Ein Vergleich der Höhenstrukturdiagramme zeigt, daß einzelne Höhenklassen der Verjüngung zwischen Himbeeren wesentlich weniger Individuen aufweisen.

Die Fichtenverjüngung zwischen Himbeeren zeigt zwar weniger Individuen in allen Höhenklassen als beide andere Gruppen, insgesamt aber eine ähnliche Verteilung. Bei der Vogelbeere zeichnet sich ein ähnliches Bild ab. Die Höhenstrukturkurve ist lediglich bezüglich der Individuenzahl verschoben – die Verteilung der Klassen ist ähnlich. Beim Bergahorn fällt auf, dass bis 100 cm eine andere Höhenstruktur vorliegt – zwischen Himbeeren finden sich im Vergleich mit den beiden anderen Kurven weniger Pflanzen. Die Birke zeigt insgesamt geringe Pflanzenzahlen in den Klassen bis 100 cm. Die Verjüngung bis 80 cm zwischen Himbeeren erscheint etwas schwächer ausgeprägt. Bei der Lärche ist die geringe Ausprägung der Verjüngung (bis 60 cm) zwischen Himbeeren besonders deutlich.



**Abb. 35:** Verjüngungsaufnahme zwischen Himbeeren.



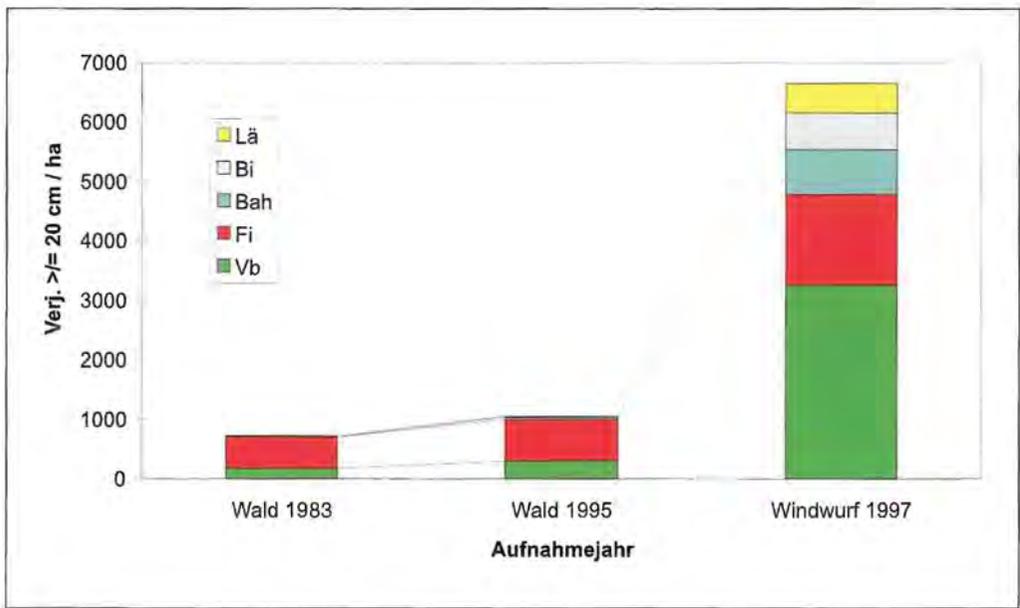
**Abb. 36 oben links:** Fichtenverjüngung zwischen Konkurrenzvegetation.

**Abb. 37 oben rechts:** Vogelbeerverjüngung zwischen Konkurrenzvegetation.

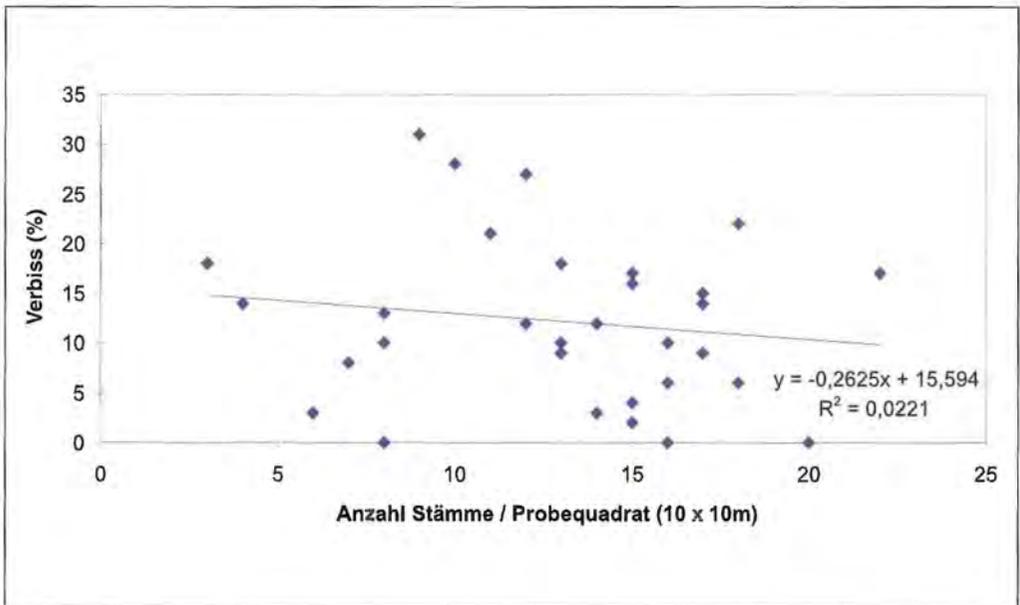
**Abb. 38 Mitte links:** Ahornverjüngung zwischen Konkurrenzvegetation.

**Abb. 39 Mitte rechts:** Birkenverjüngung zwischen Konkurrenzvegetation.

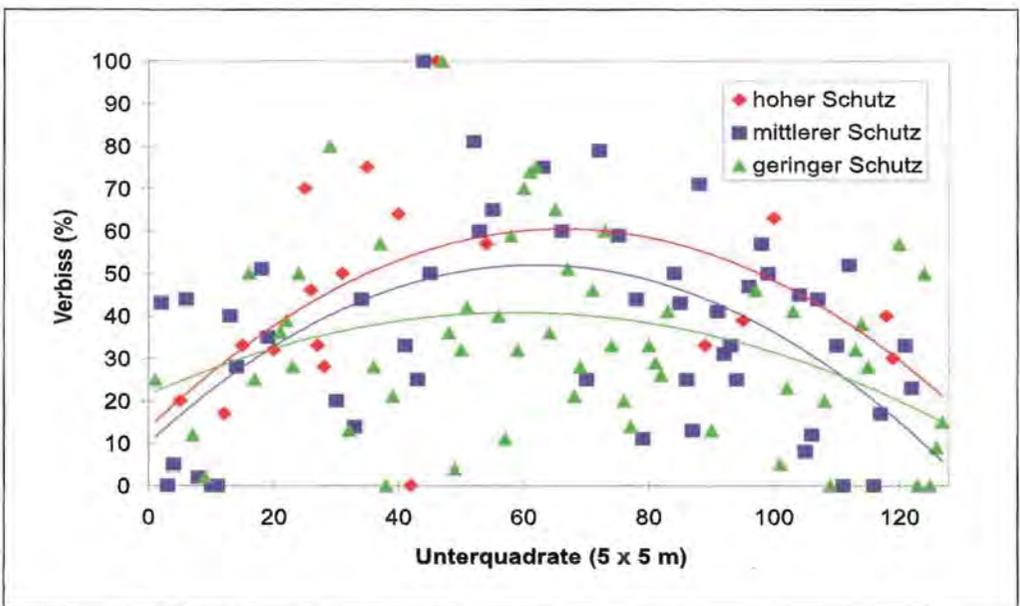
**Abb. 40 unten rechts:** Lärchenverjüngung zwischen Konkurrenzvegetation.



**Abb. 41:** Vergleich Verjüngung im Wald, im angrenzenden Bestand und auf Windwurf.



**Abb. 42:** Anzahl Stämme pro Probequadrat und Sommer-Leittriebverbiss.



**Abb. 43:** Gesamtverbiss getrennt nach Raumwiderstandsstufen in den Unterquadraten (5 x 5 m).

Interessanterweise war Verjüngung der Schattbaumarten Tanne ( $n = 1$ ) und Buche ( $n = 0$ ) zwischen Himbeeren sehr selten bis gar nicht vertreten. Die Mehrzahl der Tannen entwickelte sich zwischen heterogener Vegetation. Die Buchenverjüngung, die gefunden wurde, wuchs auf weitgehend vegetationsfreien Standorten unter den wenigen stehengebliebenen Buchen.

#### 4.5 Vergleich mit Verjüngungsdaten der beiden Waldinventuren

Die Entwicklung der Verjüngung ( $\geq 20$  cm) vor und nach der „Freistellung“ durch den Sturm zeigt für die fünf häufigeren Baumarten Abb. 41. Bei der ersten Waldinventur 1983 wurden im Bereich des später erfolgten Windwurfs 720 Pflanzen pro Hektar gefunden. Zum Zeitpunkt der zweiten Waldinventur 1995/96 waren diese Werte in den Fichten-Beständen um die Windwurffläche herum auf 1050 Pflanzen pro Hektar angestiegen. 1997 betrug die Pflanzenzahl auf der Windwurffläche 7 Jahre nach dem Sturm 6820 Pflanzen pro Hektar. Das entspricht nahezu einem Anstieg um den Faktor 10. Wo 1983 drei Baumarten im Unterstand der Fichten kümmernten, dann 1995/96 zwei Baumarten dazu kamen und eine wieder verschwand, wachsen 1997 auf der Windwurffläche zwölf Baumarten (nur Verj.  $>1$  % dargestellt).

Besonders stark hat sich die Vogelbeere ausgebreitet. Sie ist im Bergmischwald einer der erfolgreichsten Pioniere. Die Fichte hat ebenfalls zugenommen. Ihr prozentualer Anteil an der Verjüngung hat jedoch deutlich abgenommen. Bergahorn und Birke, die 1983 noch gar nicht vertreten waren, entwickeln sich jetzt gut. Bei der Erstinventur 1983 vorhanden, dann 1995/96 wieder verschwunden, profitiert die Lärche von dem erhöhten Lichtangebot auf der Windwurffläche. Auf den untersuchten Waldinventurpunkten fehlte die Verjüngung von Weide, Tanne, Buche und Mehlbeere völlig. Erst nach dem Windwurf wurden einige Exemplare in den Probequadraten gefunden.

#### 4.6 Synoptische Betrachtung: Totholz und Verjüngung (Zauneffekt)

##### a) Zauneffekt (10 x 10 m)

Eine häufig zitierte These ist die mögliche Schutzwirkung des „Verhaus“ aus Totholz auf die Verjüngung vor Verbiß. Es wurde versucht, einen möglichen Zusammenhang zwischen der Anzahl der liegenden Baumstämme pro 10 x 10 m Probequadrat (= Raumwiderstand = Schutzwirkung = „Zaun“) und dem Leittriebverbiss (Sommer) zu finden. In diesem Fall zeigt  $R^2 = 0,02$  keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Stämme und dem Leittriebverbiss. Auch eine Auswertung von Laufmetern Holz pro Probequadrat und dem Verbiss ergab keine Schutzwirkung. In Abbildung 42 kann man höchstens einen leicht abnehmenden Trend beim Sommer-Leittriebverbiss mit zunehmender Stammzahl erkennen.

Betrachtet man in den Probequadraten die Pflanzenzahl in Abhängigkeit von der Totholz-Stammzahl, so ist eine

leichte Abnahme der Pflanzenzahl bei steigender Totholz-Stammzahl festzustellen.

##### b) Zauneffekt (5 x 5 m)

Eine genauere Untersuchung der 5 x 5 m Unterquadrate ergab folgendes Ergebnis: Unterquadrate mit vielen Stämmen (rote Ausgleichskurve), die zusätzlich über die ganze Fläche verteilt waren, zeigten ebenfalls keine besondere Schutzwirkung – der Gesamtverbiss lag in diesen Flächen sogar höher als in Unterquadraten mit wenigen, in einem Bereich konzentrierten Stämmen (grüne Ausgleichskurve).

##### c) Zauneffekt (Einzelpflanze)

Ausgehend von 2818 untersuchten Verjüngungspflanzen waren lediglich vier Prozent ( $n = 109$ ) durch tote Stämme und / oder Äste besonders geschützt. Davon waren trotz der vermuteten Schutzwirkung des Holzes / der Äste sechs Prozent ( $n = 6$ ) der frischen Leittriebe und 24 % ( $n = 26$ ) der alten Leittriebe verbissen. Zusammen ergibt dies einen Gesamtverbiss von 29 % ( $n = 32$ , ohne Doppelnennungen). Sogar auf dieser Test-Ebene (Individualpflanze) ist somit keine besondere Schutzwirkung durch tote Stämme oder Äste erkennbar.

## 5 Diskussion

### 5.1 Material und Methoden

#### 5.1.1 Probeflächenmarkierung und Aufnahme-flächengröße

##### a) Markierung

Die Markierung der Eckpunkte der 10 x 10 m Probequadrate erfolgte mit Fichtenpflocken. Dauerhafter und praktischer wären Rohrmarken aus Metall, in die die Fluchtstäbe, zwischen denen während der Aufnahme eine Schnur zur Markierung der Grenzen des Probequadrates gespannt wird, direkt hineingesteckt werden. Dadurch wäre gewährleistet, daß die Fluchtstäbe bei einer Wiederholungsaufnahme immer genau an der gleichen Stelle stehen. Ein Einstanzen der Probequadratnummer beseitigt Zweifel, ob man sich an der richtigen Probefläche befindet. Sehr hilfreich beim Auffinden der anderen Eckpunkte wäre auch eine dauerhafte Numerierung der Rohrmarken von 1 – 4.

Neben dem ersten Eckpfosten jedes Probequadrates wurde ein Dauermagnet vergraben. Die Dauermagnete können, falls ein Fichtenpflock durch Schneedruck abgebrochen wird oder verrottet, auch noch nach Jahren mit einem speziellen Suchgerät gefunden werden. Die Erfolgsquote beim Wiederauffinden der Magnete liegt bei den 4158 Inventurpunkten der Waldinventur im Nationalpark bei 97% (KONNERT, mündl. Mitt.). Das 50 x 50 m Grundnetz ist somit dauerhaft markiert. Vorteile der Dauermagnete sind der geringe Preis, das geringe

**Tab. 12: Baumartenanteile und Pflanzen pro Hektar bei unterschiedlicher Anzahl und Größe der Probeflächen.**

	Vogelbeere (%)	Fichte (%)	Lärche (%)	Bergahorn (%)	Birke (%)	Pflanzenzahl pro Hektar
32 x 100 m <sup>2</sup>	39	28	12	11	8	8800
32 x 25 m <sup>2</sup>	38	31	11	11	8	8800
16 x 25 m <sup>2</sup>	33	33	14	8	10	8040
10 x 25 m <sup>2</sup>	35	32	5	15	9	7200

Gewicht, die leichte Ausbringung (z.B. mit einem Unkrautstecher) und die lange Lebensdauer (Schwinden der Feldstärke 1 % in 10 Jahren) (RALL 1990). Die Probeflächen sollen noch mit Hilfe eines Global Positioning System (GPS) eingemessen werden.

Zusätzlich sollte eine gut sichtbare Markierung in der Nähe des Dauermagneten angebracht werden, da dies die Suchzeit erheblich verkürzt. Hierzu eignet sich am besten Sprühfarbe – als kleiner Punkt an Bäume oder Felsen gesprüht, bleibt sie relativ lange sichtbar und fällt nicht zu sehr auf (Rücksicht auf Besucher und Einheimische). Absperrband war schon nach einem Winter brüchig geworden und von den Bäumen abgefallen.

#### b) Aufnahme-flächengröße

Für die permanenten Stichproben wurden 10 x 10 m große Probeflächen verwendet. Bei 32 Probeflächen (3200 m<sup>2</sup>) ergibt dies bei der 15 Hektar großen Windwurf-fläche ein Flächenaufnahmeprozent von 2 %. Dieser Wert entspricht bei einem 50 x 50 m Raster der

zehnfachen Aufnahme-fläche der von ALBRECHT (1990) für Naturwaldreservate vorgeschlagenen Methode der kleineren Satellitenkreise für die Verjüngungsaufnahmen. Er empfiehlt zwei Kreise mit jeweils 10 m<sup>2</sup> in einem insgesamt 1000 m<sup>2</sup> großen Probekreis im 100 x 100 m Raster – das ergäbe auf der Windwurf-fläche: 2 x 16 Satellitenkreise mit je 10 m<sup>2</sup> (320 m<sup>2</sup>) = 0,21 % Flächenaufnahmeprozent. Eine Auswertung auf dem Windwurf ergab, dass ein Flächenaufnahmeprozent von 0,26 %, das sind 16 Probeflächen im 100 x 100 m Raster mit jeweils 5 x 5 m Größe, zu ähnlichen Ergebnissen sowohl bezüglich der Baumartenzusammensetzung als auch der Verjüngungspflanzenzahl pro Hektar führt wie die viel aufwendigere Aufnahme aller 32 10 x 10 m großen Probeflächen (zur Lage der verwendeten Stichproben siehe Abb. 62). Akzeptiert man eine gewisse Abweichung (Tab. 12), bestätigt das Ergebnis die Empfehlungen ALBRECHTS (1990) bezüglich der notwendigen Flächenaufnahmeprozente und reduziert den Arbeitsaufwand bei einer Wiederholungsaufnahme um den Faktor acht!

#### 5.1.2 Einzelbaum-Höhenmessung

Es wurde versucht, die Baumhöhen mit dem Höhenmesser „SUUNTO“ zu messen. Für diese Messung ist ein definierter Abstand (20 m) vom zu messenden Objekt erforderlich. Dies zu verwirklichen, war zwischen den kreuz und quer liegenden Stämmen, den Himbeeren (Sicht) und dem sehr heterogenen Untergrund (tiefe Löcher) unmöglich. Die angegebenen Höhen sind aus den genannten Gründen geschätzte Werte. Die Durchmesser wurden in Brusthöhe gemessen. Die bei beiden Schritten möglichen Fehler sind sehr anschaulich bei KONNERT (1995) dargestellt.

#### 5.1.3 Totholz-Aufnahmeverfahren

Ein Einmessen des liegenden Totholzes mittels Stahlmaßband ist in dem Verhau und den dichten Himbeeren ausgeschlossen. Der Ultraschall-Entfernungsmesser hat sich sehr bewährt, da die beiden Bearbeiter schon auf diese kurze Entfernung oft keinen Blickkontakt mehr haben, das Gerät aber problemlos durch Holz und Himbeeren hindurchmessen kann. Eine Kluppe zur Messung der Durchmesser hat sich im Verhau ebenfalls nicht bewährt. Ein Maßband findet in der Hosentasche Platz, und die Durchmesser sind über den Umfang in EXCEL leicht zu errechnen.

Für den Fall, daß Stammstücke nicht bis zum Rand des Probequadrates reichten, sondern ihr Ende relativ weit in der Mitte eines Probequadrates lag, haben sich die Mittelschnüre sehr bewährt, da ein Bearbeiter mit einem



**Abb. 44:** Einmessen der Probequadrates mit GPS.

(möglichst steifen) Meterstab selbstständig ein Wertepaar (Rechtwinkelkoordinaten) ermitteln kann, ohne sich ständig zwischen dem zu messenden Stamm und der das Probequadrat außen begrenzenden Schnur bewegen zu müssen, was im Windwurf sehr schwierig sein kann. Hierdurch war es möglich, einfach zur nächstgelegenen Mittelschnur zu messen und anschließend die „fehlenden“ Meter gedanklich zu ergänzen. Um bei der Auswertung Mess- oder Rechenfehler zu erkennen, wurde im Gelände eine Skizze angefertigt, aus der die Lage und die Schichtung der übereinanderliegenden Stämme hervorgehen.

Innerhalb der einzelnen Probequadrate treten trotz eines relativ einheitlichen Ausgangsbestandes und gleichzeitigen Totholzansfalls extreme Schwankungen der Totholz mengen (0,6 – 4 fm) auf. Es muß hinterfragt werden, inwieweit die systematische Stichprobe für die Totholzerfassung geeignet ist. Möglicherweise ergibt nur eine Vollaufnahme ausreichend genaue Ergebnisse. Das für den Windwurf errechnete Totholzvolumen von 234 fm/ha entspricht jedoch dem für dieselbe Fläche in der Bestandsbeschreibung der Waldpflegeplanung (NPV 1987) angegebenen Vorrat von 228 fm/ha relativ genau. Auch bei einer reduzierten Anzahl von Stichproben passen die Ergebnisse relativ gut: 16 Stichproben ergeben 249 fm/ha und 10 Stichproben 224 fm/ha (zur Lage der verwendeten Stichproben siehe Abb. 62).

#### 5.1.4 Verbiss-Aufnahmezeitpunkt

Bei der Verbissaufnahme bestand die Schwierigkeit, dass das Einmessen und die Aufnahmen der Probequadrate sich über einen Zeitraum von Juni bis Oktober 1997 erstreckten. Nach dem standardisierten bayerischen „Verfahren zur Erfassung der Situation der Waldverjüngung“, welches eine Aufnahme des Leittriebverbisses im zeitigen Frühjahr vorsieht, zählen im vorjährigen Winter verbissene Pflanzen, die im Sommer neu ausgetrieben haben, als nicht verbissen (StMELF 1997). Erstaunlicherweise sollen in Baden-Württemberg laut Ministeriumserlass die Erhebungen in den Revieren in den Monaten Juni und Juli durchgeführt werden. Eine Aufnahme des Winterverbisses ist zu dieser Zeit nicht mehr ausreichend zu dokumentieren. Der örtlich gravierende Winterverbiss wird dadurch verharmlost und die Aussagefähigkeit des Gutachtens stark eingeschränkt (ÖJV 1997). Eine Aufnahme des Leittriebverbisses sollte daher bei einer Wiederholung im April stattfinden.

## 5.2 Ergebnisdiskussion Struktur

### 5.2.1 Baumartenspezifische Stabilität gegen Sturm

Einzelne Bäume haben den Sturm überlebt und bilden an verschiedenen Stellen einen lichten Schirm über der Fläche. Es sind dies hauptsächlich Lärchen aber auch Fichten. Einzelne Tannen, Buchen, Bergahorn und Birken kommen ebenfalls vor. In den Probequadraten wurden zusammen 7 Lärchen und 6 Fichten gezählt. Vergleicht man diese Zahlen mit dem Ausgangsbestand (90 % Fichten, 10 % Lärchen) so kann daraus auf eine

höhere Widerstandsfähigkeit der Lärche gegenüber Stürmen geschlossen werden. Auch die Schrägaufnahme vom Windwurf bestätigt diese Hypothese (Abb. 8). Eine baumartenspezifische „Sturmstabilität“ bestätigen verschiedene Autoren (WEBB 1988, ausführliche Literaturübersicht bei EVERHAM & BROKAW 1996). Unterschiedliche Wurzelsysteme, Baumgeometrien, Kronenformen und Eigenschaften des Holzes werden zur Erklärung herangezogen. Besonders anfällig gegenüber Sturmwurf sind Baumarten, die auf geringmächtigen Böden (NEUSTEIN zit. n. EVERHAM & BROKAW 1996) oder auf nassen Standorten (SAUER zit. n. EVERHAM & BROKAW 1996) zur Ausbildung von flachen Wurzelsystemen (TOULIATOS & ROTH zit. n. EVERHAM & BROKAW 1996) neigen, wie dies z.B. bei der Fichte der Fall ist (HORNDASCH 1997). Auf dem Windwurf dominieren geringmächtige Böden auf Fels. Das Sturmholz besteht zu 90 % aus Fichte. FREYER (pers. Mitt.) vertritt die Ansicht, dass weniger die Ausprägung des Wurzelsystems als eher die Bestandsstruktur (Gleichschluss) für den Wurf verantwortlich war – insbesondere die fehlende innere Struktur der Bestände, der hohe Kronenansatz, der zu einem hohen Schwerpunkt führt, und dem nahe bei 100 liegenden Höhen-Durchmesser-Verhältnis der Bäume. Das Überleben vieler Lärchen und der wenigen Laubbäume erklärt er durch die fehlende Benadelung beziehungsweise Belaubung zum Zeitpunkt des Wurfgeschehens (Februar). NEUSTEIN (zit. n. EVERHAM & BROKAW 1996) beobachtete auf schottischen Windwürfen für Laubbäume und Lärchen Ähnliches.

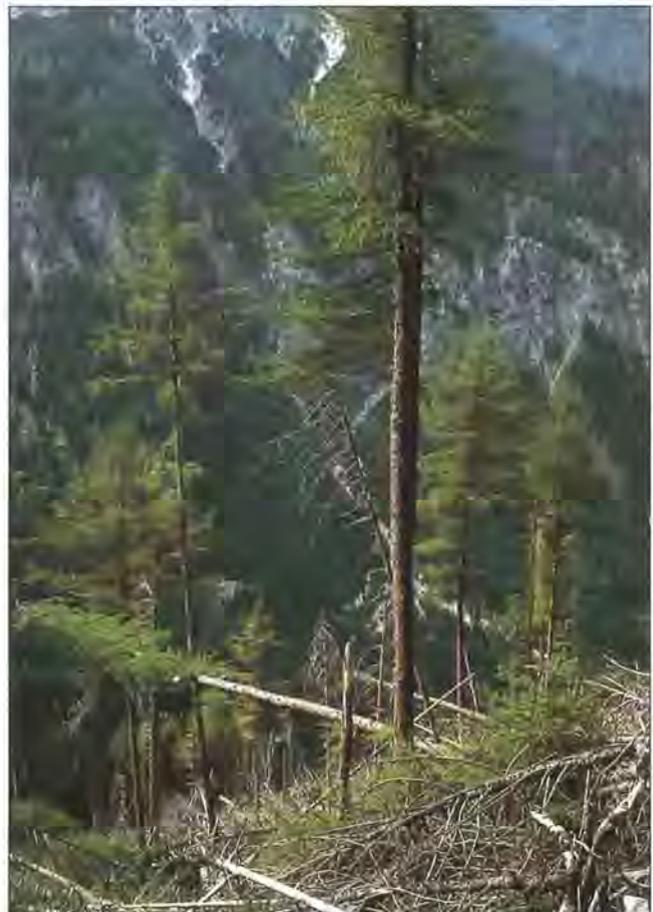


Abb. 45: Lärchen 7 Jahre nach Sturm.

HOMAN & ENGELS (1991) berichten von einer starken Abhängigkeit der Fallrichtung der Fichten von der Hauptrichtung der lokalen Winde – ein Großteil der Stämme lag nicht kreuz und quer durcheinander sondern fast parallel zueinander. Auch in dieser Untersuchung konnte eine Hauptwurfrichtung (WNW) festgestellt werden. Zu möglichen reliefbedingten Einflüssen auf die Windrichtung siehe STEINMETZER (1994).

## 5.2.2 Totholz

### a) Color Infrarot Bild Interpretation

Der im Nationalpark Bayerischer Wald von JEHL (1995) am Rand von Windwürfen beobachtete Totholzsaum, entstanden durch eine sprunghafte Borkenkäfervermehrung nach dem Sturm, entwickelte sich um den Windwurf Ofental herum nicht. Lediglich am unteren Rand der Fläche gab es in den Folgejahren eine stärkere Borkenkäferentwicklung, die sich jedoch nicht von der Windwurffläche aus entwickelte, sondern im Tal begann und sich nach oben bis zum Windwurf ausdehnte, bevor sie wieder zum Erliegen kam (ZIERL 1997, pers. Mitt.). Der untere Teil der Fläche wurde geräumt und ausgepflanzt und ist inzwischen stark vergrast.

### b) Totholzvolumen + Zersetzungsgrad

Bei der Aufnahme des liegenden Totholzes wurde ein Mittelwert von 234 fm/ha ermittelt. Dieses, verglichen mit den Totholz mengen mancher Urwälder oder Natio-

nalparke, „relativ niedrige“ Volumen resultiert aus dem geringen Durchschnittsalter (68 – 78 Jahre) der geworfenen Fichten und den nur geringmächtigen Böden. WALDENSPUHL (zit. n. SCHERZINGER 1996) berichtet von einem Maximum von 400 fm/ha und WILLIG (1994) für einen Windwurf in einem Naturwaldreservat am Vogelsberg von 435 fm/ha. ENGELS & HOMANN (1987) fanden auf einer Windwurffläche im Nationalpark Bayerischer Wald 660 fm/ha. Nach ALBRECHT (1991) beträgt die Totholzmenge in Urwäldern Mittel- und Osteuropas 50 bis 200 fm/ha. Vergleicht man das Totholzvolumen auf der Windwurffläche mit Wirtschaftswäldern in Deutschland, wo im Durchschnitt nur 1 bis 5 Festmeter Totholz pro Hektar zu finden sind (AMMER 1991, RAUH zit. n. SCHERZINGER 1996), so ist dies doch eine beträchtliches besiedelbares Volumen.

Der Zersetzungsgrad der liegenden Stämme ist nach 7 Jahren insgesamt als gering einzustufen. Dies hängt damit zusammen, dass ein Großteil der Stämme (außer über den Wurzelteller) keinen Bodenkontakt hat, da oft mehrere Stämme übereinandergestapelt liegen und demzufolge nach Regen schnell abtrocknen. Die fehlende Beschattung durch Bäume ermöglicht eine volle Sonnenbestrahlung der obersten Stämme. Hierdurch wird ein Eindringen von Pilzen und anderen Holzabbauenden Organismen erschwert, was die Zersetzung verlangsamt (WILLIG & SCHLECHTE 1995). Bei zukünftigen Aufnahmen werden Aussagen über das Setzungsverhalten und die Zersetzungsgeschwindigkeit des Totholzes möglich.



Abb. 46: Fuchskot mit unverdauten Vogelbeeren.

## 5.3 Ergebnisdiskussion Verjüngung

### 5.3.1 Pflanzenzahl

In dieser Arbeit wurde ein Mittelwert von 8800 Pflanzen pro Hektar für die Windwurffläche ermittelt. STEINMETZER (1994) ermittelte auf derselben Windwurffläche hochgerechnet einen Mittelwert von 25.000 Pfl./ha. Diese Abweichung vom oben genannten Ergebnis resultiert möglicherweise aus einer anderen Lage ihrer Stichproben (15 x 120 m<sup>2</sup>). Eventuell erfolgten auch in den vier Jahren zwischen beiden Aufnahmen natürliche Abgänge durch Schimmelpilze, Totverbiss oder Verdämmung schon im Keimlingsstadium. Die geringere Anzahl an Stichproben dürfte weniger ausschlaggebend gewesen sein, da in dieser Untersuchung auch schon die Hälfte der Stichproben mit einem Viertel der Größe (16 x 25 m<sup>2</sup>) der ursprünglichen Probequadrate hochgerechnet einen Wert von 8040 Pfl./ha ergeben (Kap. 5.1.1).

SCHÖLCH et al. (1994) berichten von stark schwankenden Pflanzenzahlen bei verschiedenen Untersuchungsflächen in Baden-Württemberg (4200-41.800 Pfl./ha) und geben als Durchschnitt 8500 Pfl./ha an. KENK (1991) hatte einige Jahre zuvor 6000-20.000 Pfl./ha angegeben. WILLIG (1994) fand in einem Buchen-Naturwaldresevat in Hessen 3600-87.200 Pfl./ha. Die höchsten Zahlen wurden auf betont frischen Standorten festgestellt. ENGELS & HOMANN (1987) zählten im Nationalpark Bayerischer Wald 17.289 Pfl./ha. SCHMITZ (1993) berichtet aus Baden-Württemberg von 26.000 Pfl./ha. LÄSSIG & SCHÖNENBERGER (1997) fassten die Ergebnisse von 20 Versuchsflächen zwischen 1000 – 1750 m üNN in der Schweiz zusammen und kamen auf 4200 – 29.100 Pfl./ha. Hiervon war ein sehr großer Teil der Pflanzen kleiner 20 cm. Über 20 cm schwankte die Pflanzenzahl zwischen 200 – 2100 Pfl./ha. Diese Ergebnisse sollen nur einen Überblick über die Verjüngungssituation auf anderen Windwürfen geben, sie lassen sich nicht direkt mit den hier ermittelten Werten vergleichen. Übereinstimmend läßt sich jedoch feststellen: Obwohl auch auf der Windwurffläche Ofental extreme Schwankungen in den Pflanzenzahlen auftreten (8 – 284 Pfl./10 x 10 m Probequadrat) sind im Durchschnitt genügend Pflanzen vorhanden, um einen neuen Wald zu begründen.

### 5.3.2 Ausbreitungsstrategien

#### a) Zoochorie

Der hohe Anteil der Vogelbeere erklärt sich einerseits aus einem gewissen Vorsprung durch ihre Präsenz in der Verjüngung im Vorbestand – die Vogelbeere ist imstande, relativ viel Schatten zu ertragen (JEHL 1995) und kann durch ihre ektotrophe Mykorrhiza auf Rohhumus gedeihen (ERLBECK 1997) – andererseits aus ihrer Fähigkeit zur vegetativen Vermehrung (Wurzelbrut) und der sehr erfolgreichen Strategie der zoochoren Ausbreitung. COLLINS et al. (1985) verwenden den Begriff „light flexible plants“. Dies sind Pflanzen, die im Schatten überdauern, sich unter den ungünstigen Bedingungen höchstens vegetativ vermehren, um dann bei erhöhtem Lichtgenuss auf eine generative Vermehrung umzustel-

len (APFFELSTAEDT & BERNHARDT 1996). DIETERICH (1995) unterstreicht die Bedeutung der Plastizität als Überlebensstrategie in einer dynamischen Umwelt. ERLBECK (1997) schließt durch das rasche Erscheinen der Vogelbeere in Windwürfen noch auf ein Überliegen der Samen in Diasporenbanken im Boden. Die Vogelbeere kommt in allen Probequadraten vor. Auf verschiedenen Versuchsflächen in der Schweiz wurden neben Fichtenverjüngung ebenfalls hohe Anteile der Vogelbeere gefunden (LÄSSIG & SCHÖNENBERGER 1997).

Vögel, Rehe, Füchse oder Marder nehmen die Beeren auf, transportieren sie und scheiden sie an anderer Stelle in keimfähigem Zustand (Endozoochorie) wieder aus (PIJL 1982, SCHERZINGER 1996). Die Darmassage entfernt das Fruchtfleisch und die darin enthaltenen keimungshemmenden Substanzen (ERLBECK 1997). Die Retentionszeit wird durch in den Früchten enthaltene Parasorbinsäure, die stark abführend wirkt, verkürzt, was ein Überleben der Samen garantiert. Die Keimlinge haben durch den mitgelieferten Kot einen Vorteil bezüglich des Nährstoffangebots gegenüber windverbreiteten Arten. „Das Muster zoochorer Samenverbreitung entspricht bevorzugten Aufenthaltsgebieten der Tiere, so dass Samen von Beerensträuchern, Wildkirsche, Weißdorn, Vogelbeere oder Holunder durch Füchse, Marder, Häher, Drosseln oder Waldhühner vor allem an Grenzlinien wie Wegschneisen, Waldrändern und Lichtungen verbracht werden, wo sie gleichzeitig beste Wuchsbedingungen finden (SCHERZINGER 1996).“ Auch in dieser Untersuchung konnten besonders hohe Vogelbeerichten entlang von Wegen gefunden werden (Punkte 2014, 2015, 2017, 1822). Der Weg zum Punkt 1822, auf dem unmittelbar am unteren Rand des Windwurfs das Foto der Fuchslosung entstanden ist, führt einige hundert Meter vorher an einem Vogelbeer-Bestand vorbei, der regelmäßig fruktifiziert. Füchse nehmen die Beeren auf, bewegen sich auf dem Weg weiter in Richtung des Windwurfs, der mit einem reichen Angebot an Himbeeren eine starke Lockwirkung entfaltet. Dort finden die Tiere ausreichend Deckung um sich länger ungestört aufzuhalten. Nach einer gewissen Zeit scheiden sie die Vogelbeeren wieder aus. Auch Vögel sind beteiligt: „Bei baumfreien Flächen nimmt die Wiederbewaldung ihren Ausgang von Rastplätzen der Vögel, die dort Samen über ihren Kot absetzen (KOLLMANN 1992).“ Die Äste des liegenden Totholzes bieten viele solche Rastplätze.

Werden die Beeren im Boden versteckt, wie zum Beispiel von Mäusen oder Hähern, und die Tiere finden einige nicht wieder, so haben diese besonders gute Keimbedingungen (STIMM & BÖSWALD 1994). Der Nachteil dieser Synzoochorie, die Samen werden normalerweise gefressen und verdaut, wird durch den Transport zu „safe sites“ aufgewogen.

Die Zoochorie ist eine wichtige ökologische Funktion des Schalenwildes und sollte neben dem Verbiss auch in Betracht gezogen werden. Durch eine Zäunung kann zwar ein Verbiss eingeschränkt werden, ein Transport von Samen ist jedoch damit ebenfalls blockiert. EBERT (1998) weist in seiner Diplomarbeit auf die Bedeutung der endo-

zoochoren sowie der exozoochoren Ausbreitung von Diasporen krautiger Pflanzen und von Gehölzen durch Rehe hin. Hinsichtlich einer erfolgreichen Keimung und des Überlebens der Sämlinge erscheint die Zoochorie effektiver als die Anemochorie (HOLTMEIER 1993).

Anders ist die Situation bei der Buche. Ihre Samen gehören mit 7,0 kcal/g zu den energiereichsten Produkten des Waldes (TURCEK 1960, GRODZINSKI & SAWICKA-KAPUSTA 1970). Pflanzen, die um Ausbreitungsvektoren konkurrieren, müssen viel in ihre Samen investieren (PIJL 1982). Von Buchen geht in Mastjahren eine starke Lockwirkung auf Tiere aus. Um der Samenprädation auszuweichen und keine hohen Räuberdichten aufzubauen, hat die Buche die Strategie des unregelmäßigen Angebots einer sehr großen Samenmenge entwickelt. In Mastjahren werden genug Samen produziert, um einigen das Überleben zu sichern. Buchensamen überleben die Darmpassage nicht (Dysozoochorie). Um den Streukreis ihrer Krone (Ballist) zu erweitern, ist die Buche auf Vektoren wie den Eichelhäher angewiesen, der auf Bucheckern ausweicht, wenn er keine Eicheln findet (WATT 1923, NIELSEN 1977, JOHNSON & ADKISSON 1985, JOHNSON & WEBB 1989). SCHUSTER (1950) beobachtete am Vogelsberg in Hessen, wie Eichelhäher bei Sammelflügen 4 bis 5 Kilometer zurücklegten.

Buchenverjüngung ist auf dem Windwurf sehr selten ( $n = 12$ ) und kommt fast ausschließlich im Bereich von stehengebliebenen Mastbäumen vor (Punkte 2015, 2115). Hieraus resultiert der hohe Dispersionsindex, der eine geklumpfte Verteilung anzeigt. MÜHLENBERG (1993) beobachtete bei vielen Arten geklumpfte Verteilungsmuster. Auffällig ist, dass unter den Buchen kaum krautige Konkurrenzvegetation vorkommt. Nach BICHLMAIER (1997) müßte dies ein Ankommen einer Buchenverjüngung begünstigen. Mögliche Erklärungen für die langsame Ausbreitung im Windwurf sind entweder eine sehr hohe Samenprädation durch Mäuse und andere Tiere oder auch die Tatsache, dass Häher offene Räume meiden (HARRISON 1954). SCHERZINGER (pers. Mitt.) beobachtete bei Spechten auf zusammenbrechenden Borkenkäferflächen im Bayerischen Wald ein ähnliches Feindvermeidungsverhalten, nachdem die Tiere in den ersten Jahren nach dem Absterben der Fichten die Stämme noch intensiv genutzt hatten. Wenn die Vogelbeeren in einigen Jahren die Fläche etwas besser übersichern, dadurch mehr Verstecke für die Vögel bieten und gleichzeitig die Buchenverjüngung vor Frost schützen (Facilitation Model) sowie durch ihre Früchte Eichelhäher anlocken, könnten sich die Bedingungen für eine erfolgreiche Etablierung einer Buchenverjüngung verbessern (NILSSON 1979, 1985).

#### b) Anemochorie

Die Fichte war ebenfalls in der Verjüngung vor dem Sturm vertreten. Sie verträgt in der Jugend Schatten (HORDASCH 1997) und kann sich nach der Freistellung gut entwickeln (LEIBUNDGUT 1984, AMMER 1996). Erstaunlich ist ihr relativ geringer Anteil von 28 % an der Gesamtverjüngung nach dem Sturm, wo sie doch vorher (1983) mit 90 % im Altbestand und 74 % in der Ver-

jüngung die dominierende Baumart war. ENGELS & HOMANN (1987) beobachteten auf einer Windwurffläche im Nationalpark Bayerischer Wald einen höheren Anteil der Fichte (74 %) an der Verjüngung nach dem Sturm. Ein Großteil stammte aus Verjüngung vor dem Sturm. SCHÖLCH (1994) berichtet von einer höheren Verjüngungsdichte der Fichte am Rand eines 30 Hektar großen Windwurfs und führt dies auf die kürzere Entfernung zu Samenbäumen zurück. LÄSSIG & SCHÖNENBERGER (1997) beobachteten eine rapide Abnahme der Fichtensamenzahl zwischen 0 – 100 m Entfernung vom Bestandsrand. Eine ähnliche Korrelation konnte für die Fichte in dieser Arbeit nicht festgestellt werden. SCHMITZ (1993) konnte ebenfalls keinen solchen Zusammenhang finden. Maxima wurden zwar an den Punkten 1818 und 2013, die am Bestandsrand liegen, gefunden, jedoch wiesen auch Punkte (2015, 2113), die weiter in der Fläche liegen, hohe Zahlen auf. Die Fichte fehlt nur in einem Probequadrat (1920), welches insgesamt am wenigsten Pflanzen aufwies ( $n = 8$ ). Sie weist unter den gefundenen Baumarten den kleinsten Dispersionsindex auf, was auf eine relativ gleichmäßige Verteilung hinweist. Dies könnte mit der Größe („nur“ 15 Hektar) und Form (stark gelappter Rand) des Windwurfs zusammenhängen oder damit, dass nicht zwischen schon vor dem Sturm vorhandener und danach angekommener Fichtenverjüngung unterschieden wurde.

Die Lärche zeigt unter lichtem Schirm (2013, 2117) die höchsten Verjüngungszahlen, jedoch wiesen ebenfalls Punkte, die weiter im Windwurf lagen (2113, 2115), hohe Zahlen auf. Beim Bergahorn lassen sich Maxima mit der Nähe zu Samenbäumen korrelieren. Der Punkt 2115 liegt unmittelbar neben einem stehengebliebenen Bergahorn und 2015 etwas darunter. Die Birke zeigt Agglomerationen im Bereich alter Windwurfblöcher (2119, 1921), was sich in einem etwas höheren Dispersionsindex äußert. Hier könnten Bodenverwundungen bei der Räumung für die erfolgreiche Keimung ausschlaggebend gewesen sein – diese konkurrenzfreien Räume begünstigen den Anflug von Birken (LÄSSIG 1993). Die Fähigkeit in Diasporenbanken jahrzehnte lang im Waldboden keimfähig zu bleiben, besitzen Birken nicht (FISCHER 1990). Zu den beweglichen Arten, die nach Windwurf ankommen, gehört auch die Weide. Ihre Samen sind nur wenige Tage, oft nur wenige Stunden keimfähig (ERLBECK 1997). Sie kommt im Windwurf in geringen Zahlen vor, weist aber neben der Fichte eine relativ gleichmäßige Verteilung auf. Die Tanne besiedelt nur sehr zögernd den Windwurf. Maxima wurden an den Punkten 2213 und 2113 gefunden. Beide liegen unterhalb einer größeren Tanne, die am Bestandsrand oberhalb des Wanderwegs 482 zum Hochkalter liegt.

#### 5.3.3 Verbiss

Der geringe Sommer-Leittriebverbiss kommt dadurch zustande, dass ein Großteil der im Winter verbissenen Pflanzen im Frühjahr einen neuen Leittrieb bildet und dann als unverbissen gezählt wird (Kap. 5.1.4). Die Gemsen wechseln im Sommer in höhere Lagen woraus eine gewisse Entlastung der Fläche resultiert.



**Abb. 47:** Beschädigte Sommer-Leittriebe bei über 2 Meter hohen Vogelbeeren (Schalenwildeinfluss?).

Da der Verbiss zusätzlich jährlich großen Schwankungen unterliegen kann (ROTH 1995) wurde der Gesamtverbiss ermittelt, um die Repräsentativität der Aufnahme zu erhöhen. Hieraus wird die selektive Nutzung bestimmter Baumarten deutlich, aus der sich eine Beliebtheitsskala ableiten lässt. Am liebsten wird die Mehlbeere angenommen. Es folgen in abnehmender Beliebtheit Vogelbeere, Tanne, Weide, Bergahorn und Buche. Birke, Fichte und Lärche werden kaum verbissen. Setzt man die Pflanzenzahlen pro Hektar getrennt nach Baumarten zum Gesamtverbiss in Beziehung, so zeigt sich deutlich, dass Baumarten, die gerne angenommen werden, in ihrer Häufigkeit abnehmen. Dies betrifft in dieser Untersuchung besonders die Mehlbeere und die Tanne. Der Einfluss des selektiven Verbisses wird von verschiedenen Autoren bestätigt (MEISTER 1976, 1997, 1998, JAUCH 1987, PRIEN 1987, ELLENBERG 1988, SCHMIDT 1991, ROTH 1995, HESPELER 1996). Erstaunlich ist, daß JAUCH (1987) neben der Tanne und der Mehlbeere auch die Vogelbeere als wenig verbisstolerant einstuft. Die Buche dagegen wird neben der Fichte als tolerant bezeichnet. Er stellte sogar einen Ausfall der Vogelbeere (und der Tanne) fest. PRIEN (1987) berichtet ebenfalls von einem Rückgang der Vogelbeere (Buche und Weide) auf Freiflächen. ERLBECK (1997) bestätigt dagegen der Vogelbeere ein hohes Regenerationsvermögen, wie es auch in dieser Arbeit festgestellt wurde. ROTH (1995) beobachtete einen maximalen Verbiss bei der Tanne und dem Ahorn. GUTHÖRL (1990, 1991) stellte eine Beliebtheitsskala auf, die für die Gehölzkomponente weitgehend mit den Ergebnissen dieser Arbeit übereinstimmt. Die Vogelbeere steht an erster Stelle, gefolgt von Weide, Bergahorn, Buche, Fichte und Birke.



**Abb. 48:** Hohes Regenerationsvermögen der Vogelbeere.

Die Regenerationsfähigkeit ist artspezifisch und vom Zeitpunkt sowie der Häufigkeit des Verbisses abhängig. Mehrmaliger Verbiss in aufeinanderfolgenden Jahren resultiert in einer Umleitung der Assimilate in die zu erneuernden Leittriebe. Hierdurch wird die Wurzelbildung reduziert, was zu einer Senkung der Wettbewerbsfähigkeit führt (stress the shoot reduce the root) (GUTHÖRL 1990). Mehrfacher Verbiss reduziert den Zuwachs und verlängert dadurch den Gefährdungszeitraum. Die Fichte überwächst stark verbissene Baumarten (ROTH 1995). Schalenwild begünstigt somit Baumarten, die es weniger verbeißt (GUTHÖRL 1990). Inwieweit dieser selektive Druck zu einer Entmischung der Verjüngung zugunsten der Fichte führen wird, bleibt abzuwarten. Die Höhenstruktur der Verjüngung könnte erste Hinweise liefern. Von den Pflanzen größer 2 m sind 42 % Birken, 25 % Fichten, 17 % Vogelbeeren, 13 % Bergahorn und 3 % Lärchen. Wird die Entstehung von Mischbeständen durch Verbiss nicht verhindert, so wird sie zumindest deutlich verzögert (KÖNIG & BAUMANN 1990, BURSHEL & BINDER 1993, SCHÖLCH et al. 1994, SCHÖLCH 1998).

Eine Hypothese, die immer wieder vorgebracht wird, ist die Schutzwirkung der kreuz und quer liegenden Stämme auf die Verjüngung vor Verbiss durch Schalenwild (KENK 1991, SCHERZINGER 1996). In dieser Arbeit wurde versucht, auf drei Ebenen diesen sogenannten „Zauneffekt“ zu testen. Weder die Anzahl der Stämme pro

10 x 10 m Probequadrat noch eine Analyse von Raumwiderstandsstufen, zugeteilt nach Anzahl und räumlicher Verteilung der Stämme innerhalb der 25 m<sup>2</sup> Unterquadrate, konnte eine deutliche Abnahme beim Sommer-Leittriebverbiss oder beim Gesamtverbiss zeigen. Ein leicht abnehmender Trend beim Sommer-Leittriebverbiss mit zunehmender Stammzahl muß jedoch eingeräumt werden. Auch auf der Ebene der Individualpflanze, die sich direkt in einem Verhau aus Ästen (ähnlich einer Drahtose) befand, konnte bei den frischen Leittrieben noch ein Verbiss von 6 % und bei den alten Leittrieben von 24 % festgestellt werden. Eine Erklärung für die relativ geringe Schutzwirkung der liegenden Stämme ist eine Abnahme des Raumwiderstandes bei entsprechender Schneelage. Gamsen wechseln nach starken Schneefällen aus höheren Lagen in die geschütztere Waldzone und nutzen zusammen mit Hasen die energiehaltigen Knospen der Leittriebe, die ungeschützt über die Schneedecke hinausragen. Nach dem „Sink / Source Prinzip“ geht von Stellen mit vielen Pflanzen auf Pflanzenfresser eine Lockwirkung aus. Viel Nahrung auf engem Raum verkürzt die Wege zwischen den ergiebigen Futterplätzen („Inter Patch Time“) und maximiert somit den Energiegewinn nach dem „Optimal Foraging Prinzip“ (SCHMITZ 1990).

Auch im Sommer dürfte der Verhau für Rehe (Schlüpfer) nicht unüberwindbar sein. WILLIG (1994) berichtet von 100 % Verbiss durch Rehe trotz ausgebliebener Räu-



Abb. 49: Geringes Regenerationsvermögen der Tanne.



Abb. 50: Entmischung zu Gunsten der Fichte durch selektiven Verbiss.



Abb. 51 und 52: Geringer Raumwiderstand im Winter (Gämsen- und Hasenspuren mitten im Windwurf!).



Abb. 53: Winterverbiss (Vogelbeere).

mung. Ähnliche Erfahrungen liegen auch der HESSISCHEN FORSTEINRICHTUNGSANSTALT (1991) vor: „Der für Menschen kaum begehbare Verhaue ist für Rehwild kein Hindernis.“ Inwieweit das Rotwild im Frühjahr nach Verlassen des Wintergatters am Verbiss beteiligt ist, konnte nicht festgestellt werden. Für eine gewisse Beteiligung spricht ein frischer Leittriebverbiss bei Pflanzen, deren Höhe Gamsen und Rehwild normalerweise ausschließt. Auch Vögel auf Blattlaussuche brechen frische Leittriebe ab.

Ein Vergleich der Verjüngungsdaten ( $\geq 20$  cm) der beiden Waldinventuren 1983 und 1995/96 im Bereich des Windwurfs mit der Verjüngungssituation 1997 auf der Windwurffläche 7 Jahre nach dem Sturm zeigt die dynamische Entwicklung der Verjüngung. Die Zahl der Pflanzen erhöhte sich fast um den Faktor 10. Ausgehend von 3 Baumarten (Fi, Vb, LÄ) erfolgte eine autogene Differenzierung auf 12 Baumarten (Vb, Fi, Bah, Bi, LÄ, Wei, Ta, Bu, Mb, Kie, Zir, Pap) nach dem Sturm. In den ersten Jahren nach dem Sturm ist es sicher berechtigt, von einem „Arten turnover“ zu sprechen (SCHERZINGER 1996). Neben der dominierenden Wirkung des Hauptfaktors Licht könnte man aufgrund dieser enormen Zunahme und dem Auftauchen einiger extrem verbissgefährdeter Baumarten (Eibe  $< 20$  cm) eventuell doch auf eine gewisse Schutzwirkung des Verhaues schließen.

Zur Feststellung eines „waldbaulichen Schadens“ (den es in einem Nationalpark ohne wirtschaftsbestimmte Nutzung nicht geben dürfte) genügt die Betrachtung des Verbisses alleine nicht. Vielmehr müssen die Anzahl der Bäume pro Hektar, der Anteil gefährdeter Baumarten in

der Oberschicht, die Höhenstruktur und der Verbiss zusammen betrachtet werden. Während schon ein Leittriebverbiss von weniger als 10 % zu einer Beeinträchtigung empfindlicher Baumarten führen kann, muss ein Verbiss von über 50 % bei anderen Baumarten noch keine Gefährdung darstellen (ROTH 1995).

#### 5.3.4 Sonderstandorte

Um die Bedeutung von Sonderstandorten für eine natürliche Wiederbewaldung zu untersuchen, wurde innerhalb der Probequadrante die Verjüngung auf aufgeklappten Wurzeltellern, vermoderndem Holz und felsigen Stellen analysiert. Insgesamt 21 % der Verjüngung stockte auf solchen Sonderstandorten.

Der Anteil der Verjüngung auf Wurzeltellern lag bei 9 %. ENGELS & HOMANN (1987) fanden auf Wurzeltellern 8 % der vor dem Sturm gekeimten und 4 % der nach dem Sturm gekeimten Verjüngung. PETERSON & PICKETT (1990) beschreiben die Bedingungen auf Wurzeltellern als extrem: mit starkem Lichteinfall, physikalischer Instabilität und hoher Austrocknungsgefahr kommen nicht alle Baumarten zurecht. FISCHER (1990) erklärt dies mit



Abb. 54: Aufgeklappter Wurzelteller.

der vertikalen Lage der Teller, wodurch sie weniger Niederschlag pro Grundfläche erhalten. Auch der Verlust des Grundwasseranschlusses begünstigt eine Austrocknung durch die Luft. Das Substrat der Teller ist nährstoffärmer als der Boden um sie herum (BEATTY 1984). Nach SCHAETZL (1989) überwiegen die Nachteile gegenüber dem Vorteil eines erhöhten Lichtangebotes. Fichte und Vogelbeere kamen am besten mit diesen Bedingungen zurecht. Schon geringe Verbesserungen des Lichtangebots erhöhen die Überlebenswahrscheinlichkeit junger Fichten erheblich (AMMER 1996).

Andererseits kommt es durch das Aufklappen der Teller zu einer Vermischung der unterschiedlichen Bodenhorizonte (Pedological Disturbance Agent) (SCHAETZL 1989). Der freigelegte Rohboden begünstigt die Keimung (Licht, Wärme) der in Diasporenbanken lagernden Samen (THOMPSON 1980) oder erleichtert den Anflug von weniger konkurrenzstarken Arten wie der Birke. FISCHER (1990) beobachtete auf geräumten Windwürfen (Bodenverwundung) einen höheren Anteil von Vorwaldarten als auf ungeräumten Flächen und führt dies auf eine schnelle Etablierung einer konkurrenzstarken krautigen Vegetationsdecke aus der Diasporenbank auf der ungeräumten Fläche zurück. Andere Autoren fanden auf Wurzeltellern bis zu 60 % der Verjüngung (LYFORD & MACLEAN, HENRY beide zit. n. SCHAETZL 1989).

Vermoderndes Holz bevorzugen einige Baumarten als Keimbett (WHITE et al. 1985). Die geworfenen Stämme auf dem Windwurf sind jedoch noch kaum zersetzt. Die aufgenommene Rannenverjüngung stockt auf Moderholz aus einer Zeit vor dem Sturm – dementsprechend gering ist auch ihr Anteil mit 4 %. Die Fichte dominierte hier mit 65 %. Dieser Wert dient als Referenzwert zur Beurteilung der weiteren Entwicklung. WHITE et al. (1985) fanden bei Fichten 30 x höhere Verjüngungsdichten auf stark zersetztem Moderholz als auf der angrenzenden Fläche. REMMERT (1991) betrachtet die Phase nach dem Sturm, in der es vorübergehend zu einem Baumartenwechsel kommen kann, als Erholungsphase für das System. Die Intensität der Bodenbildung ist in verschiedenen Phasen sehr unterschiedlich. Nach der Remineralisierung der Stämme stehen die Nährstoffe für die ehemalige Baumart wieder zur Verfügung. Das Holz ist für manche Pflanzenarten nicht besiedelbar und bildet Nischen für spezialisierte Gruppen. Auf dichtem Grasfilz ist die Rannenverjüngung häufig die einzige Chance zur Etablierung bestimmter Baumarten (HYTTEBORN & PACKHAM 1987, in KENK 1991, HOMANN & ENGELS 1991, KENK 1991).

Durch das Herausreißen der Wurzelteller trat an vielen Stellen das anstehende Gestein zutage. Hier finden sich nur vereinzelt Spaltenbesiedler. Auffällig ist, daß die Fichte auch auf diesen extremen Standorten zahlenmäßig der Lärche überlegen ist. Erhöhte Felsen mit etwas Substrat bieten dagegen einen etwas günstigeren Standort. Die Pflanzen apert früher aus, haben dadurch eine längere Vegetationsperiode und sind weniger durch Schneeschimmelpilzbefall gefährdet (FREYER mündl. Mitt.). Insgesamt wurden auf Fels 8 % der Verjüngung gefunden.

### 5.3.5 Konkurrenzvegetation

„Konkurrenz ist eine Wechselbeziehung zwischen Individuen, die sich aus einem gemeinsamen Anspruch auf begrenzte Ressourcen ergibt, und die zu einer Beeinträchtigung des Überlebens, des Wachstums und / oder der Vermehrung der beteiligten Individuen führt (BEGON et al. 1991).“ In dieser Arbeit wurde versucht, die interspezifische Konkurrenz zwischen der Himbeere (*Rubus idaeus*) und der Verjüngung zu untersuchen. Hierbei wurde unterstellt, dass die Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe durch Himbeeren so stark sein kann, dass sie das Höhenwachstum der Verjüngung beeinträchtigt oder zu deren Verdrängung führt. „Der unterstellte positive Zusammenhang Lichtgenuss – Höhenwachstum wird durch einen oder mehrere Einflussfaktoren überlagert und beeinflusst. Insbesondere Konkurrenzwirkungen (innerhalb der Verjüngung und / oder zwischen Verjüngung und Bodenvegetation) kommen dafür in Frage (AMMER 1996)“. Zusammenfassend lässt sich feststellen, daß die Konkurrenz mit Himbeeren bei den lichtbedürftigen Baumarten (Lärche, Birke, Bergahorn) eine Veränderung der Höhenstruktur vor allem in den unteren Höhenklassen bewirkt. Ein Vergleich der Höhenstrukturdiagramme der Verjüngung zwischen Himbeeren, Gras und heterogener Vegetation zeigt, dass einzelne Höhenklassen der Verjüngung (bis 100 cm) zwischen Himbeeren wesentlich weniger Individuen aufweisen als die beiden anderen Gruppen. Die Etablierung einer Naturverjüngung wird hierdurch aber nicht verhindert (SCHMITZ 1993).

Eine partielle Vergrasung (*Calamagrostis*) scheint ein Ankommen einer Naturverjüngung im Windwurf ebenfalls nicht zu verhindern. Es wurden 29 % der gesamten Verjüngung zwischen Gras gefunden. Die Gräser bilden keinen dichten Grasfilz sondern kommen in Horsten oder auf kleineren Flächen vor. Die Himbeere scheint hier eine starke Vergrasung zu verhindern (KONNERT, mündl. Mitt.). Auch aufgrund einer Beschattung durch das liegende Totholz wird es nicht zu einer großflächigen Vergrasung kommen.

Allgemein gelten *Calamagrostis epigeios* (und *Pteridium*) als lästige Konkurrenz der Verjüngung und werden als Unkräuter bekämpft (SCHMIDT 1991). *Calamagrostis epigeios* und in höheren Lagen *Calamagrostis villosa* gelten als überaus verjüngungsfeindlich, da sie aufgrund ihrer starken vegetativen Ausbreitungsfähigkeit ausgedehnte Flächen in dichten Rasen mit einem bis in 60 cm Bodentiefe reichenden Wurzelfilz, in dem keine Pflanzen aufkommen können, überziehen. Dieser Wurzelfilz fängt Niederschläge ab, was zu einer so starken Wurzelkonkurrenz führt, dass Forstkulturen bis zu einer Höhe von 2 m eingehen können. Der Wasserverbrauch dieser Art liegt um ein Drittel höher als bei der Birke, die zu den Baumarten mit dem höchsten Wasserverbrauch gehört (PASSARGE 1970). Nach REMMERT (1991) muss eine Vergrasung nicht unnatürlich sein. Sie entspricht vielmehr dem natürlichen Zyklus, in dem nicht eine Baumart durch eine andere Baumart ersetzt wird, sondern durch Gras. Diese Zyklen laufen desynchron und sind mosaikartig über das System verteilt.

## 6 Schlussfolgerungen für den Naturschutz im Wald

Die natürliche Wiederbewaldung funktioniert auf der untersuchten Windwurffläche ohne Hilfe des Menschen. Es stellt sich von selbst eine ausreichende Anzahl „erwünschter“ Baumarten in „befriedigender“ Verteilung ein. Eine befürchtete Borkenkäfermassenvermehrung trat nicht auf. Windwürfe sollten in den Kernzonen von Nationalparks sich selbst überlassen werden. Die Kosten für Räumung, Pflanzung, Durchforstung, Pflege, Verbisschutz und Konkurrenzvegetationsbekämpfung werden dadurch gespart. Gleichzeitig stellen sich einige positive Naturschutz-Aspekte ein. Größere Mengen an Totholz stellen ein Spezifikum von Nationalparks und Naturwaldreservaten dar. Eine ganze Reihe von Organismen (z.B. Pilze, Käfer) sind hierauf spezialisiert. Dies sind zum Teil Arten mit langer Entwicklungsdauer, die auf eine gewisse Konstanz ihres Lebensraumes angewiesen sind. Diese inselartigen Totholzvorkommen können als Zentren fungieren, von denen eine Besiedlung der angrenzen-



Abb. 55: Naturverjüngung im Windwurf.



Abb. 56: Totholz als Lebensraum.

den totholzärmeren Wirtschaftswälder ausgeht. Der häufig beobachtete Arten turnover bei der Verjüngung nach Windwurf bietet bezüglich der einseitigen Nährstoffnutzung durch wenige Baumarten eine Pause für das System und kann durch die Ansammlung gut abbaubarer Streu eine bodenverbessernde Wirkung haben. Die Strukturvielfalt in Windwürfen bietet eine Vielzahl von Nischen für zahllose Arten. Aufgeklappte Wurzelteller und die dadurch entstandenen Mulden, in denen das anstehende Gestein zutage tritt, bieten für thermophile Arten Lebensräume, während direkt daneben unter größeren Totholzansammlungen kühle, sehr feuchte Bedingungen herrschen, wo sich Arten entwickeln, die eher Innenwaldklima bevorzugen. Durch die Bodenverwundung kann sich aus der Diasporenbank eine üppige krautige Vegetation entwickeln, die mit ihren Früchten ein enormes Nahrungsangebot bietet. In den relativ unterwuchsarmen Fichtenbeständen um die Fläche herum findet das Schalenwild im Winter wenig Nahrung, wodurch die Windwurffläche zu dieser Jahreszeit eine besondere Bedeutung erlangt.

Bei Windwürfen in Fichtenbeständen im Nationalpark, die direkt an Privatwald angrenzen, muss bei einer befürchteten Borkenkäfervermehrung ein Entrinden der geworfenen Stämme erfolgen. Von einer Räumung der Flächen sollte auch in gut bringbaren Lagen abgesehen werden! Durch Rückarbeiten wird eine Vorverjüngung beschädigt oder zerstört. Das Entfernen der Stämme führt häufig zum Zurückklappen der Wurzelteller und damit zu einer Nivellierung der Strukturvielfalt. Die entrindeten Stämme sorgen weiterhin für ein Licht-Schat-

ten Mosaik, sind Lebensraum für Totholzbesiedler und bieten nach ihrer Zersetzung ein Keimbett für eine Rankenverjüngung.

Empfehlungen für die Forstwirtschaft außerhalb von Nationalparks sind nicht ohne Einschränkungen ableitbar. Ein Sich-selbst-Überlassen kleinerer Windwürfe in Laubholzbeständen ohne Räumung wäre grundsätzlich denkbar. Hier muss eine Borkenkäferkalamität nicht befürchtet werden. In Grenzwirtschaftswäldern sollte dies die Regel werden. Die Kostenersparnis kann den Verlust des nicht verkauften Holzes vermutlich in den meisten Fällen ausgleichen. Bei größeren Windwürfen wird dies nicht möglich sein. Die Fläche wäre für Waldarbeiter kaum begehbar und die Pflegekosten viel zu hoch. Auch bei längeren Umtriebszeiten als zur Zeit üblich wären die Stämme vermutlich noch nicht vollständig zersetzt und würden die Bringung erheblich behindern. Eine Möglichkeit wäre die Räumung unter Belassung einzelner „Totholzecken“ und die anschließende Ausnutzung einer gelenkten Sukzession, bei der Pionierbaumarten als Zeitmischung eine Etablierung erwünschter Baumarten begünstigen. Der Vertragsnaturschutz bietet interessante Alternativen zur herkömmlichen Nutzung. Naturschutzkonforme Leistungen wie Baumartenwechsel, Verzicht auf Konzentration von Schlagabraum, Zulassen einer Sukzession auf Kahlflächen und vollständiger Nutzungsverzicht werden finanziell honoriert (MOOG & BRABÄNDER 1994). Dieses Modell hat jedoch den gravierenden Nachteil, dass nicht unbegrenzt Mittel zur Verfügung stehen, um ausreichend viele Projekte über einen sinnvollen Zeitraum zu fördern.

## 7 Zusammenfassung

Im Frühjahr 1990 rissen die Stürme Vivian und Wiebke ein 15 ha großes Loch in einen mittelalten ( $\varnothing$  65 Jahre) standortwidrigen Fichten-Lärchen Bestand an der Westflanke des 2607 m hohen Hochkalter. Der Windwurf liegt in der Bergmischwaldzone zwischen 950 – 1200 m üNN und weist eine durchschnittliche Hangneigung von 30° auf. Die Fläche wurde, der Nationalparkidee entsprechend, ohne Räumung und ohne Pflanzung sich selbst überlassen. Ziel dieser Arbeit war eine Erfassung der Struktur (Totholz) und Dokumentation der natürlichen Wiederbewaldung (Verjüngung), sowie eine Quantifizierung des Einflusses eines selektiven Verbisses durch Schalenwild auf die Baumartenzusammensetzung.

Auf der Fläche wurde 1997 ein 50 x 50 m Gitter eingemessen und an den Schnittpunkten der Gitterlinien 32 Probequadrare (10 x 10 m) eingehängt, die fest verpflockt und mit einem Dauermagneten versehen sind (systematisch zufällig verteilte permanente Stichprobe). Innerhalb der Probequadrare erfolgte eine Aufnahme der Systemkompartimente: Einzelbäume, Totholz und Verjüngung.

Die Aufnahme des liegenden Totholzes ergab ein Volumen von 234 Festmeter pro Hektar oder 3500 Festmeter auf der gesamten Windwurffläche. Die Anzahl der Stammsegmente pro 10 x 10 m Probequadrat schwankte zwischen 3 und 22 Stück, das Volumen zwischen 0,6 und 4 Festmeter. Der Zersetzungsgrad der Stämme ist nach

sieben Jahren insgesamt noch gering. Ein Großteil der Stämme lag nicht kreuz und quer durcheinander, sondern fast parallel in der Hauptwurfrichtung WNW.

Die Aufnahme der Verjüngung aller Höhenklassen ergab, gerundet für die 32 Probequadrare ( $n = 2818$ ), folgendes Baumartenspektrum: 40 % Vogelbeere, 28 % Fichte, 12 % Lärche, 11 % Bergahorn, 8 % Birke und 1 % Weide. Tanne, Buche, Mehlbeere und Eibe waren mit unter einem Prozent sehr selten. Außerhalb der Probequadrare wurden Einzelexemplare der Zirbe, Kiefer und Pappel gefunden. Die absoluten Pflanzenzahlen schwankten in den Probequadraten (10 x 10 m) zwischen 8 und 284 Pflanzen. Insgesamt ergab sich ein Mittelwert von 8800 Pflanzen pro Hektar (6620 Pfl. > 20 cm pro Hektar). Getrennt nach Baumarten entspricht dies pro Hektar: 3510 Vogelbeeren, 2430 Fichten, 1030 Lärchen, 960 Bergahorn, 680 Birken, 100 Weiden, 40 Tannen, 40 Buchen und 20 Mehlbeeren. Bei der Buchenverjüngung ist eine starke Klumpung unter Samenbäumen erkennbar (Dispersionsindex). Tanne, Birke und Lärche zeigen schwächere Aggregationen. Vogelbeere, Weide und Fichte sind am gleichmäßigsten verteilt.

Bei der Verbissaufnahme wurde zwischen Sommer-Leittriebverbiss und Gesamtverbiss (aktueller Leittriebverbiss, ehemaliger Leittriebverbiss oder starker Nebentriebverbiss) unterschieden. Am stärksten wurden Mehlbeere, Vogelbeere und Tanne verbissen. Baumarten, die sehr gerne angenommen werden, zeigen abnehmende Häufigkeiten. Eine Ausnahme bildet die Vogelbeere, die trotz eines hohen Gesamtverbisses die häufigste Baumart



Abb. 57: Blüten und Früchte im Windwurf.

ist. Sie besitzt ein gutes Regenerationsvermögen und kann jedes Jahr neue Leittriebe bilden. Eine Festlegung eines tolerablen Verbisswertes ist äußerst schwierig und in einem Nationalpark fragwürdig. Müssen für die Planung in Pflegebereichen solche Angaben gemacht werden, so sollten sie nach Baumarten getrennt angegeben werden, da nicht alle Baumarten durch Verbiss gleich stark gefährdet sind. Die Fichte wird kaum verbissen, was eine Entmischung der Verjüngung zugunsten der Fichte bewirken könnte (GUTHÖRL 1990, 1991). Diese Entwicklung begünstigen das Verjüngungspotential des umliegenden Altbestandes (SCHÖLCH et al. 1994), ihre längere Generationsdauer und das steigende Angebot an vermoderndem Holz als Keimbett (FALINSKI 1978, LEIBUNDGUT 1984, SCHAETZL et al. 1989). Auch wenn sich diese Entwicklungen einstellen sollten, resultieren daraus auf dem Windwurf wesentlich strukturreichere Wälder, als es die Ausgangsbestände waren.

Um die Bedeutung von Sonderstandorten für eine natürliche Wiederbewaldung zu untersuchen, wurde innerhalb der Probequadrate die Verjüngung auf aufgeklappten Wurzeltellern, vermoderndem Holz und felsigen Stellen analysiert. Insgesamt 21 % der Verjüngung stockte auf solchen Sonderstandorten. Auf Wurzeltellern wuchsen 9 % der Verjüngung, wovon die Fichte (42 %) und die Vogelbeere (38 %) zusammen 80 % ausmachten. Auf vermoderndem Holz wurden 4 % der Verjüngung gefunden. Die Fichte dominierte mit 65 %. Auch auf Fels (8 % der Verjüngung) kam die Fichte (38 %) am besten zurecht.

Die Konkurrenz mit Himbeeren bewirkt bei den lichtbedürftigen Baumarten (Lärche, Birke, Bergahorn) eine Veränderung der Höhenstruktur vor allem in den unteren Höhenklassen. Ein Vergleich der Höhenstrukturdiagramme der Verjüngung zwischen Himbeeren, Gras und heterogener Vegetation zeigt, dass einzelne Höhenklassen der Verjüngung (bis 100 cm) zwischen Himbeeren weniger Individuen aufweisen als die beiden anderen Gruppen. Eine partielle Vergrasung (*Calamagrostis*) scheint ein Ankommen einer Naturverjüngung im Windwurf nicht zu verhindern.

Ein Vergleich der Verjüngungsdaten ( $\geq 20$  cm) der beiden Waldinventuren 1983 und 1995/96 im Bereich des Windwurfs und der angrenzenden Bestände mit der Verjüngungssituation 1997 auf der Windwurffläche 7 Jahre nach dem Sturm zeigt die dynamische Entwicklung der Verjüngung nach der „Freistellung“. Wo 1983 im Wald 720 Pfl./ha wuchsen, sich 1995/96 diese Zahl im Wald um die Windwurffläche herum auf 1050 Pfl./ha erhöhte, wurden 1997 auf dem Windwurf 6820 Pfl./ha ( $\geq 20$  cm) gefunden. Das entspricht beinahe einer Zunahme um den Faktor 10. Ausgehend von 3 Baumarten (Fi, Vb, LÄ) erfolgte eine autogene Differenzierung auf 12 Baumarten (Vb, Fi, Bah, Bi, LÄ, Wei, Ta, Bu, Mb, Kie, Zir, Pap) nach dem Sturm. In den ersten Jahren nach dem Sturm ist es sicher berechtigt, von einem „Arten turnover“ zu sprechen.

Desweiteren wurde versucht, eine mögliche Schutzwirkung (Zauneffekt) der liegenden Stämme auf die Verjün-



Abb. 58: Aufgeklappter Wurzelteller mit Fichtenverjüngung.

gung, vor Verbiss durch Schalenwild, auf drei Ebenen zu testen. Weder die Anzahl der Stämme pro 10 x 10 m Probequadrat ( $R^2 = 0,02$ ) noch eine Analyse von Raumwiderstandsstufen, zugeteilt nach Anzahl und räumlicher Verteilung der Stämme innerhalb der 5 x 5 m Unterquadrat, konnte eine deutliche Abnahme beim Sommer-Leittrieb- oder Gesamtverbiss zeigen. Auch auf der Ebene der Individualpflanze, die sich direkt in einem Verhau aus Ästen (ähnlich einer Drahtose) befand, konnte bei den frischen Leittrieben noch ein Verbiss von 6 % und bei den alten Leittrieben von 24 % gefunden werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die natürliche Wiederbewaldung auf der untersuchten Windwurf- fläche ohne Hilfe des Menschen funktioniert. National- parker haben als Weiserflächen zur Beobachtung natürlicher Entwicklungen eine wichtige Funktion.

## 8 Ausblick (Dr. Zierl)

Der Mensch muss die Natur nutzen. Anders ist sein Überleben nicht gesichert. Wie dies in Einklang mit der Natur geschehen kann, ist zumindest theoretisch durch das Prinzip der Nachhaltigkeit gelöst. Im Bereich der Bodenkultur liegt hierfür bereits ein großer Erfahrungsschatz aus einer mehrhundertjährigen Praxis vor.

Die hier zu diskutierende Frage ist, ob in ausgewählten Flächen und Landschaftsausschnitten wilde Natur in ihrer freien, vom Menschen nicht direkt beeinflussten Entwicklung zugelassen werden kann.

Die Idee ist nicht neu. Sie ist bewährter Bestandteil – allerdings in kleinsten Flächen – in forstlichen Versuchsfeldern mit dem Einbezug der nicht behandelten so genannten „Null“-Fläche. Sie findet sich wieder in dem Netz der Naturwaldreservate der staatlichen Forstverwaltungen. Sie ist schließlich seit der Errichtung des Yellowstone Nationalparks im Jahre 1872 im Naturschutz aktuell. Im deutschen Naturschutz wird die Nationalparkidee des „die Natur sich selbst überlassen“ erst seit 3 Jahrzehnten in die Praxis umgesetzt, im Nationalpark Berchtesgaden seit dessen Errichtung im Jahr 1978. In den deutschen wie in vielen anderen europäischen Nationalparks ist auch die Frage zu beantworten, ob ehemals genutzte Flächen wieder ihrer eigenen Entwicklung überlassen werden können und wie dort die Entwicklungen ablaufen.

Die Frage der Einrichtung von Nationalparks ist durch den Gesetzgeber entschieden.

Die Fragen nach der künftigen Entwicklung sind nur durch langfristige Beobachtung zu beantworten. Dabei spielen exakt angelegte und laufend dokumentierte Versuchsfelder eine wichtige Rolle. Im Nationalpark Berchtesgaden konzentrierte man sich bisher auf die Beobachtung der Waldentwicklung. Dies liegt begrün-

det in der Schutzwaldfunktion des Bergwaldes sowie in den bisweilen heiß diskutierten Problemen des Verbisses durch Schalenwild, des Borkenkäferbefalls und des Umgangs mit Windwürfen.

Erste Auswertungen und Erfahrungen aus dem Nationalpark Berchtesgaden bestätigen die auch anderwärts erarbeiteten Forschungsergebnisse, dass die Bergwälder nach wie vor ein vitales Verjüngungspotential aufweisen. Pionierbaumarten lauern bereits im Unterstand oder stellen sich sofort ein, Buche und Tanne, auch die Eibe kommen mit zeitlichem Verzug.

Ganz offensichtlich gibt es Zustände eines ausgeglichenen Verhältnisses oder verträglichen Nebeneinanders von Baumvegetation und Schalenwild. Vermutlich ist es kein dauerhaft beständiges Verhältnis, sondern bewegt sich in nicht zu kleinlichen Spielräumen. Das erschwert die Bewertung und Entscheidung in einer bestimmten Situation zu einem bestimmten Zeitpunkt. Erschwerend kommt hinzu, dass die neu aufgetauchte Megaherbivorentheorie auch noch Meinungsverschiedenheiten über den natürlichen Waldzustand liefert. Vertreter dieser Theorie sind sich überdies nicht sicher, ob diese Theorie für die Wälder der Hochgebirge anzuwenden ist. Die Erfahrungen aus mehrhundertjähriger Schalenwildhege der Stiftspröpste, der Hof- und Privilegiertenjagd in Berchtesgaden lassen eine Schalenwildregulierung auch im Nationalpark jedenfalls auf Teilflächen als erforderlich erscheinen.



Abb. 59: Erlegte Gams im Nationalpark.



Abb. 60: Luchs.

Auszureizen ist noch die Frage, ob der derzeitige Jagdruhebereich von zwei Drittel auf die international geforderte Kernzone von mindestens drei Viertel des Nationalparks ausgedehnt werden kann. Kontrovers diskutiert wird, welche Rolle dabei die zurückkehrenden großen Beutegreifer spielen könnten.

Bei der schon erwähnten Vitalität der Waldverjüngung stellt der Fichten-Borkenkäfer keine Existenzfrage der Nationalparkwälder dar. Die Baumverjüngung setzt sich schließlich auch gegenüber der anfänglich in Borkenkäferflächen dichteren Grasvegetation durch. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass der Käfer bei dem gegenwärtig unnatürlich hohen Fichtenanteil in einem nicht zu kleinlich bemessenen Grenzbereich zu den benachbarten Wirtschaftswäldern in Schach gehalten werden muss. Seine Chancen sinken mit den Fortschritten im Waldumbau und der Rückkehr der Bergmischwälder.

Nicht geräumte Windwurfflächen bieten in der Anfangsphase ein höchst differenziertes Standortsmosaik an. Nahezu für jedes standortsheimische Lebewesen ist ein passender Kleinstandort dabei. Wer jemals im Verhau nicht geräumter Windwurf- oder Lawinenflächen gearbeitet hat, der weiß, dass die Bodenerosion dort – von kleinflächigen Verlagerungen abgesehen – unbedeutend ist. Umsetzung und Abbau von Humusaufgaben mit Freisetzung insbesondere von Stickstoff ist in den Anfangsjahren jedoch voll im Gang. Die Standortbedingungen ändern sich aber in dieser Pionierphase rasch. Die Sukzession der Pflanzengesellschaften macht dies deutlich.

Mit fortschreitender Entwicklung beherrschen zunehmend die Baumvegetation und ihre Nutznießer die Fläche. Unter ihnen dominieren zunächst die Pioniere, die Freiflächen und volles Licht ertragen und benötigen, dann jene, die die reifen Waldstadien aufbauen. Sie sorgen dafür, dass der Schwerpunkt der Produktion in den oberen Kronenbereich verlegt wird. Sieht man von den Lebewesen ab, deren angestammtes Habitat der schattige Boden oder der unterirdische Wald ist, dann sind jetzt jene im Vorteil, die den produktiven Kronenraum kletternd oder fliegend erreichen können.

Erfahrungen und bisher erarbeitete wissenschaftliche Ergebnisse sprechen dafür, dass sich selbst überlassene Natur auch auf größeren Flächen in hierfür vorgesehenen Schutzgebieten zugelassen werden darf.

## 9 Danksagung

Diese Arbeit widme ich meinen Eltern und der Natur, die mir stets Vorbilder sind.

Im folgenden möchte ich den Personen danken, die wesentlich zum Zustandekommen dieser Arbeit beigetragen haben.

Herrn Dr. Zierl (Leiter der Nationalparkverwaltung Berchtesgaden), der 1990 den Mut hatte, entgegen allen



Abb. 61: Teilweise geräumte und vergraste Borkenkäferfläche.

Widerständen und Befürchtungen die durch die Stürme Vivian und Wiebke entstandene Windwurffläche „Ofental“ ungeräumt und ohne Pflanzung sich selbst zu überlassen. Sein starkes Interesse und seine Begeisterung für den natürlichen Wiederbewaldungsprozess auf der Windwurffläche gaben mir den Anstoß für diese Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Ammer (Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz, LMU), der sich trotz seiner immensen Arbeitsbelastung spontan bereit erklärte, diese Arbeit zu betreuen, und sich dadurch einen zusätzlichen (externen) Diplomanden aufnahm. Ihm danke ich für wertvolle Hinweise bezüglich der Methode, die Überlassung von Literatur, hilfreiche Gespräche während der Arbeit und die finanzielle Unterstützung, die den Kauf einer Schutzausrüstung ermöglichte und so für eine sichere Geländearbeit sorgte.

Herrn Prof. Dr. Mosandl (Lehrstuhl für Waldbau, LMU) stimmte ebenfalls bereitwillig zu, diese Arbeit zu korrigieren und gab nützliche Literaturhinweise.

Herr Prof. Dr. Plachter (Fachgebiet Naturschutz, Universität Marburg) schuf den Kontakt zu Herrn Prof. Dr. Ammer und ermöglichte so erst diese externe Arbeit zu einem selbstgewählten Thema.

Für die Betreuung während der ganzen Arbeit danke ich besonders Herrn Detsch (Assistent am Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz), der mir immer mit Rat zur Seite stand.

Für die grundlegende Einführung in die Methoden der Dauerbeobachtung auf Windwürfen danke ich Herrn Jehl und Herrn Heurich vom Nationalpark Bayerischer Wald.

Für die großzügige Bereitstellung von benötigten Materialien, Dienstfahrzeugen und Hütten, sowie die kritische Durchsicht des Manuskriptes, danke ich Herrn Dr. Freyer (Sachgebietsleiter Forst, Nationalpark Berchtesgaden).

Sehr wertvolle Hinweise speziell zur Interpretation der Verbissbefunde und praktische Ratschläge zur fotografischen Dokumentation erhielt ich in Gesprächen mit Herrn Dr. Meister (ehemaliger Leiter des Forstamtes Bad Reichenhall).

Das Einmessen des Gitternetzes im Gelände war nur dank Herrn Dr. Zanders Erfahrung und Belastbarkeit

möglich (Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz). Auch Hinweise zum Umgang mit Excel erleichterten die Arbeit wesentlich.

Herr Dr. Konnert, der die zweite Waldinventur im Nationalpark leitet, erklärte mir das derzeit angewandte Stichprobenverfahren, überließ mir Daten aus beiden Waldinventuren, gab mir aus der Praxis wertvolle Hinweise und stellte einen Großteil der benötigten Ausrüstung für die Geländearbeit zur Verfügung. Bei der statistischen Auswertung war er mir ebenfalls behilflich.

Besonders danken möchte ich Herrn Wagner (Berufsfotograf, Nationalpark Berchtesgaden) für seine Hilfsbereitschaft und unendliche Ausdauer bei der Lösung schwieriger Fragen zur Veranschaulichung bestimmter Sachverhalte. Das Einscannen von Fotos und das Einfügen von Informationen ins Bild ersparen viele langatmige Erklärungen und ermöglichen oft erst das Verständnis. Eine Einführung in Corel Draw ermöglichte die Erstellung der Totholz-Lageskizzen und der Verjüngungskarten.

Herr Krüger (Leiter der Ranger, Nationalpark Berchtesgaden) nahm sich Zeit, mir im Gelände die Methode der jährlich im Nationalpark durchgeführten Verbissaufnahme zu erläutern.

Daten zur Waldpflegeplanung sowie weitere Materialien für die Geländearbeit stellte Herr Hörnes (Revierleiter, Nationalpark Berchtesgaden) zur Verfügung.

Besonders danken möchte ich an dieser Stelle den Praktikanten Kilian Scharrer, Markus Wackerl und Carsten Schröder, die die z.T. sehr anstrengende Geländearbeit bei jedem Wetter voll unterstützt haben und ohne deren Hilfe die Außenaufnahmen nicht durchführbar gewesen wären! Auch allen anderen Praktikanten, die geholfen haben, danke ich.

Große Unterstützung erfuhr ich auch von meiner Freundin (inzwischen Frau) Kirstin Hahn, die mit mir nach Berchtesgaden gezogen ist und (fast) immer Verständnis für alle Aktivitäten gezeigt hat.

Nicht vergessen seien alle, die mir beim Korrekturlesen geholfen haben.

## 10 Literaturverzeichnis

- ALBRECHT, L. (1990): Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten. – Schriftenreihe Naturwaldreservate in Bayern. Band 1. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. München, 219 S.
- ALBRECHT, L. (1991): Die Bedeutung des toten Holzes im Wald. – Forstwissenschaftliches Centralblatt 110 (2): 106–113
- AMMER, C. (1996): Konkurrenz um Licht – zur Entwicklung der Naturverjüngung im Bergmischwald. – Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Forstliche Forschungsberichte München 158, 198 S.
- AMMER, U. (1991): Konsequenzen aus den Ergebnissen der Totholzforstung für die forstliche Praxis. – Forstwissenschaftliches Centralblatt 110: 149–157
- APPFELSTAEDT, F. & BERNHARDT, K.G. (1996): Vegetations- und populationsbiologische Untersuchungen zur Dynamik von Naturwaldzellen und Windwurfflächen in Nordrhein-Westfalen. – Tuexenia 16: 43–63
- BEATTY, S.W. (1984): Influence of microtopography and canopy on spatial patterns of forest understory plants. – Ecology 65: 1406–1419
- BEGON, M., HARPER, J.L. & TOWNSEND, C.R. (1991): Ökologie – Birkhäuser. Basel, Boston, Berlin, 1024 S.
- BICHLMAIER, F. (1997): Die Buche. – in: Bayerischer Forstverein: Bäume und Wälder in Bayern. – ecomed. Landsberg, S. 35–40
- BÜLOW, G. von (1962): Die Sudwälder von Reichenhall. – Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns. 33. Heft. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 316 S.
- BURSCHEL, P. & BINDER, F. (1993): Bodenvegetation-Verjüngung-Waldschäden. – AFZ 5: 216–223
- COLLINS, B.S., DUNNE, K.P. & PICKETT, S.T.A. (1985): Responses of Forest Herbs to Canopy Gaps. – in: PICKETT, S.T.A. & White, P.S. (1985): Natural Disturbance and Patch Dynamics. – Academic Press. Orlando, Florida, 472 S.
- DETSCH, R., KÖLBEL, M. & SCHULZ, U. (1994): Totholz – vielseitiger Lebensraum in naturnahen Wäldern. – AFZ 11: 586–591
- DIETERICH, M. (1995): Variabilität von Lebenszyklen und Metapopulationsstruktur – Überlebensstrategien von Arten in einer dynamischen Umwelt. in: ANL – Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege: Dynamik als ökologischer Faktor. – Laufener Seminarbeiträge 3/95: 9–15
- EBERT, J. (1998): Bedeutung von Schalenwild und kleinräumigen Strukturen für die Vegetationsentwicklung auf Sturmwurfflächen im potentiellen Nationalpark Kellerwald. – Unveröffentlichte Diplomarbeit. Philipps-Universität Marburg. Fachgebiet Naturschutz, 75 S.
- ELLENBERG, H. (1988): Eutrophierung – Veränderung der Waldvegetation – Folgen für den Rehwild-Verbiß und dessen Rückwirkungen auf die Vegetation. – Schweizer Zeitschrift für Forstwesen 139 (4): 261–282
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – Ulmer. Stuttgart, 1095 S.
- ENGELS, F. & HOMANN, M. (1987): Beschreibung der waldbaulich-ökologischen Situation auf einer nicht aufgearbeiteten Sturmwurffläche im Nationalpark Bayerischer Wald. – Unveröffentlichte Diplomarbeit. LMU München. Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung, 123 S.
- ERLBECK, R. (1997): Die Vogelbeere. – in: Bayerischer Forstverein: Bäume und Wälder in Bayern. – ecomed. Landsberg, S. 104–112
- ERLBECK, R. (1997): Die Weide. – in: Bayerischer Forstverein: Bäume und Wälder in Bayern. – ecomed. Landsberg, S. 124–137
- EVERHAM, E.M. & BROKAW, N.V.L. (1996): Forest Damage and Recovery from Catastrophic Wind. – The Botanical Review 62 (2): 113–185
- FALINSKI, J. (1976): Windwürfe als Faktor der Differenzierung und der Veränderung des Urwaldbiotopes im Licht der Forschungen auf Dauerflächen. – Phytocoenosis 5: 85–108
- FALINSKI, J.B. (1978): Uprooted Trees, Their Distribution and Influence in the Primeval Forest Biotope. – Vegetatio 38 (3): 175–183
- FISCHER, A. (1990): Natürliche Entwicklung von Waldbeständen nach Windwurf. Ansätze einer Urwaldforschung in der Bundesrepublik. – Forstwissenschaftliches Centralblatt 109: 309–326
- FISCHER, A. (1995a): Untersuchungen auf Sturmwurfflächen in Baden-Württemberg – das PAÖ-Sturmwurfflächenprojekt. – Veröff. PAÖ 12: 61–68
- FISCHER, A. (1995b): Forstliche Vegetationskunde. – Blackwell. Berlin, München, 315 S.
- FISCHER, A., OLDAG, J.H. & UNGER-ESSER, H. (1996): Vegetationsentwicklung auf einer Lawinenbahn im Waldgelände bei St. Bartholomä, Nationalpark Berchtesgaden. – Forschungsbericht. LMU München. Lehrbereich Geobotanik, 57 S.
- GÖDDE, G. (1997): Die Holzbringung aus dem Einzugsgebiet des Königsees. – Forschungsbericht 38. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, 80 S.
- GRASS, G. (1990): Totes Holz. – Steidl. Göttingen, 110 S.
- GRODZINSKI, W. & SAWICKA-KAPUSTA, K. (1970): Energy values of tree seeds eaten by small mammals. – Oikos 21: 52–58
- GUTHÖRL, V. (1990): Rehwildverbiß in Buchenwaldökosystemen. – Dissertation. Universität des Saarlandes. Philosophische Fakultät, 59 S.
- GUTHÖRL, V. (1991): Rehwildverbiß und Waldvegetation. – AFZ 4: 175–177
- HALLER, H. (1998): Fachvortrag anlässlich des 20jährigen Jubiläums des Nationalparks Berchtesgaden am 24.7.98 im Kur- und Kongreßhaus Berchtesgaden.
- HARRISON, C.J.O. (1954): Jays Recovering Buried Acorns. – British Birds 51: 497–508
- HESPELER, B. (1996): Prügelknabe Wald. – Jagd- und Kulturverlags Anstalt. Vaduz, 222 S.
- HESSISCHE FORSTEINRICHTUNGSANSTALT (1991): Wiederbewaldung von Windwurfflächen – Bericht über die natürliche Entwicklung auf einer 20 ha großen Freifläche in Hessen. – Forst und Holz 48/93 (9): 254
- HOLTMEIER, F.K. (1993): Der Einfluß der generativen und vegetativen Verjüngung auf das Verbreitungsmuster der Bäume und die ökologische Dynamik im Waldgrenzbe-

- reich. – in: Geoökodynamik. – Band 16. Bensheim, S. 153–182
- HOMANN, M. & ENGELS, F. (1991): Was kommt nach dem Sturm? – AFZ 12: 630–633
- HORNDASCH, M. (1997): Die Fichte. – in: Bayerischer Forstverein: Bäume und Wälder in Bayern. – ecomed. Landsberg, S. 161–173
- JÄGER, W. (1994): Forschungsvorhaben Sturmflächensukzession. AFZ 18:1018–1019
- JAUCH, E. (1987): Der Einfluß des Rehwildes auf die Waldvegetation in verschiedenen Forstrevieren Baden-Württembergs. – Dissertation. Universität Hohenheim, Institut für Landeskultur und Pflanzenökologie, 187 S.
- JEHL, H. (1995): Die Waldentwicklung auf Windwurfflächen im Nationalpark Bayerischer Wald. – In: 25 Jahre auf dem Weg zum Naturwald. Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald. Grafenau, S. 112–145
- JOHNSON, W.C. & ADKISSON, C.S. (1985): Dispersal of Beech Nuts in Fragmented Landscapes. – *American Midland Naturalist* 113 (2): 319–324
- JOHNSON, W.C. & WEBB, T. (1989): The Role of Blue Jays in the Postglacial Dispersal of Fagaceous Trees in Eastern North America. – *Journal of Biogeography* 16: 561–571
- KENK, G., MENGES, U. & BÜRGER, R., (1991): Natürliche Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen. – AFZ 2: 96–100
- KNOTT, H. (1991): Geschichte der Salinenwälder von Berchtesgaden. – Forschungsbericht 12. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, 55 S.
- KOLLMANN, J. (1992): Das Eindringen von Gehölzen in Brachflächen. – in: ANL, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege. Laufener Seminarbeiträge 2: 58–70
- KÖNIG, E. & BAUMANN, B. (1990): Der Einfluß des Verbisses durch Rewild auf die Naturverjüngung von Nadelmischbeständen. – AFJZ 161 (9): 170–176
- KONNERT, V. (1995): Waldinventur 1995, Inventuranweisung. – Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, 29 S.
- KOOP, H. (1982): Waldverjüngung, Sukzessionsmosaik und kleinstandörtliche Differenzierung infolge spontaner Waldentwicklung. – in: Dierschke: Struktur und Dynamik von Wäldern. Cramer, Vaduz, S. 237–273
- KÖSTLER, J.N. & MAYER, H. (1974): Wälder im Berchtesgadener Land. – Gutachten über die künftige Behandlung des Waldes im Alpenpark Berchtesgadener Land, im Auftrag des StMELF. München, 42 S.
- KRAL, F. (1990): Ein pollenanalytischer Beitrag zur natürlichen und anthropogenen Waldentwicklung in den Berchtesgadener Alpen. – In: Wälder, Geschichte, Zustand, Planung. Forschungsbericht 20. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, S. 7–20
- LANGENSCHIEDT, E. (1994): Geologie der Berchtesgadener Alpen. – Berchtesgadener Anzeiger. Berchtesgaden, 141 S.
- LÄSSIG, R. & SCHÖNENBERGER, W. (1993): Forschung auf Sturmschadenflächen in der Schweiz. – *Forst und Holz* 48 (9): 244–249
- LÄSSIG, R. & SCHÖNENBERGER, W. (1997): Was passiert, wenn man die Natur sich selber überläßt? Ergebnisse der Sukzessionsforschung auf Windwurfflächen. – in: ANL – Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege: Wildnis – ein neues Leitbild? Möglichkeiten und Grenzen ungestörter Naturentwicklung für Mitteleuropa. – Laufener Seminarbeiträge 1/97: 67–74
- LEDER, B. & KRUMNACKER, J. (1998): Zur Vegetations- und Gehölzentwicklung auf Sukzessionsflächen nach Fichternwindwurf. – LÖBF Mitteilungen 1/98: 64–72
- LEIBUNDGUT, H. (1984): Die natürliche Waldverjüngung. – Haupt. Bern, Stuttgart, 115 S.
- LEIBUNDGUT, H. (1993): Europäische Urwälder. – Haupt. Bern, Stuttgart, 260 S.
- LIPPERT, W. (1966): Die Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes Berchtesgaden. – *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* (39): 67–122
- LUDWIG, J.A. & Reynolds, J.F. (1988): *Statistical Ecology. A primer on methods and computing.* – John Wiley & Sons. New York, 337 S.
- MAURER, E. (1997): Der Ahorn. – in: Bayerischer Forstverein: Bäume und Wälder in Bayern. – ecomed. Landsberg, S. 23–29
- MEISTER, G. (1976): Nationalpark Berchtesgaden. – Kindler. München, 151 S.
- MEISTER, G. (1997): Der Alpenwald. – in: Bayerischer Forstverein: Bäume und Wälder in Bayern. – ecomed. Landsberg, S. 273–275
- MEISTER, G. (1998): Die Vogelbeere. Hoffnung für einen neuen Hochwald. – Nationalpark 1: 38–41
- MEISTER, G. (1998): Schalenwildverbiß und seine Folgen. – Informationsbroschüre von ANW, Bayerischer Forstverein, ÖJV & Verein zum Schutz der Bergwelt. – Druck + Papier Meyer. Scheinfeld, 5 S.
- MOOG, M. & BRABÄNDER H. D. (1994): Vertragsnaturschutz in der Forstwirtschaft. – Schriften zur Forstökonomie. – Sauerländer. Frankfurt, 199 S.
- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. – Quelle & Meyer. Heidelberg, 512 S.
- NERL, W. (1976): Probleme bei der Sturmholzaufbereitung im Gebiet des Königsees. – AFZ 31: 578–579
- NIELSEN, B.O. (1977): Beech Seeds as an Ecosystem Component. – *Oikos* 29: 268–274
- NILSSON, S.G. (1979): Seed Density, Cover, Predation and the Distribution of Birds in a Beech Wood in Southern Sweden. – *Ibis* 121: 177–185
- NILSSON, S.G. (1985): Ecological and Evolutionary Interactions Between Reproduction of Beech and Seed Eating Animals. – *Oikos* 44:157–164
- NPV – Nationalparkverwaltung Berchtesgaden (1987): Waldpflegeplanung. – Revierbuch, Distrikte 22–25, S. 129–133
- ÖJV – Ökologischer Jagdverband, Landesverband Baden-Württemberg (1997): Forstliches Gutachten – seine Zukunft und seine Wertigkeit. – *ÖkoJagd* 2: 5
- OTTO, H.J. (1994): Waldökologie. – Ulmer. Stuttgart, 391 S.
- PASSARGE, H. (1970): Zur Kenntnis der Vegetationsfolge nach Kahlschlag, eine Voraussetzung für die rationelle Unkrautbekämpfung. – *Arch. Forstwes.* 19: 269–276
- PETERSON, C.J. & PICKETT S.T.A. (1990): Microsite and elevational influences in early forest regeneration after catastrophic windthrow. – *Journal of Vegetation Science* 1: 657–662
- PFADENHAUER, J. (1993): Vegetationsökologie. – IHW. Eching, 301 S.

- PIJL, L. VAN DER (1982): Principles of Dispersal in Higher Plants – Springer. Berlin, Heidelberg, New York, 214 S.
- PLACHTER, H. (1994): Naturschutzkonzept Kellerwald. – Gutachten im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Landesentwicklung, Wohnen, Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz. Marburg, 109 S.
- PRIEN, S. (1997): Wildschäden im Wald: Ökologische Grundlagen und integrierte Schutzmaßnahmen. – Parey. Berlin, 257 S.
- RALL, H. (1990): Waldinventur und Waldpflegeplanung im Nationalpark Berchtesgaden 1983 – 1986. – In: Wälder, Geschichte, Zustand, Planung. Forschungsbericht 20, Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, S. 21–107
- RAVEN, H. (1988): Biologie der Pflanzen. – Walter de Gruyter. Berlin, New York.
- REMMERT, H. (1991): Das Mosaik-Zyklus-Konzept und seine Bedeutung für den Naturschutz. – in: ANL, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege: Das Mosaik-Zyklus-Konzept der Ökosysteme und seine Bedeutung für den Naturschutz. Laufener Seminarbeiträge 5: 5–15
- RÖHRIG, E. (1991): Vegetation Structure and Forest Succession. – in: GOODALL, D.W. Ecosystems of the World. Temperate Deciduous Forests. Band 7. – Elsevier. Amsterdam, S. 35–49
- ROTH, R. (1995): Der Einfluß des Rehwildes auf die Naturverjüngung von Mischwäldern. – Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. Freiburg. Heft 191, 106 S.
- SCHAETZL, R.J., BURNS, S.F., JOHNSON, D.L. & SMALL, T.W. (1989): Tree Uprooting: Review of Impacts on Forest Ecology – Vegetatio 79: 165–176
- SCHERZINGER, W. (1996): Naturschutz im Wald. Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung. – Eugen Ulmer. Stuttgart, 442 S.
- SCHERZINGER, W. (1998): Wie kommen die Löcher in den Wald? Zur Sicherung der natürlichen Artendiversität des Waldlückensystems. – Referat zum BUND-Seminar: Zwischen Urwald, Dauerwald und Waldsavanne. Gerolzhofen 27./28.3.1998
- SCHMIDT, W. (1991): Die Bodenvegetation im Wald und das Mosaik-Zyklus-Konzept – in: ANL, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege: Das Mosaik-Zyklus-Konzept der Ökosysteme und seine Bedeutung für den Naturschutz. Laufener Seminarbeiträge 5: 5–15
- SCHMITZ, F. (1993): Unerwartete Waldentwicklung auf einer Sturmfläche. – Forst und Holz 48 (9): 251–254
- SCHMITZ, O.J. (1990): Management implications of foraging theory – evaluating deer supplemental feeding. – Journal of Wildlife Management 54: 522–532
- SCHÖLCH, M., EH, M. & KENK, G. (1994): Natürliche Wiederbewaldung von Sturmflächen. – AFZ 2: 92–95
- SCHÖLCH, M. (1998): Zur natürlichen Wiederbewaldung ohne forstliche Steuerung. – Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung – Band 1. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Waldwachstum, 245 S.
- SCHULZ, U. (1996): Vorkommen und Habitatanforderungen von Bodenmakroarthropoden in Natur- und Wirtschaftswäldern: ein Vergleich. – Dissertation. Forstwissenschaftliche Fakultät. LMU München, 165 S.
- SCHUSTER, L. (1950): Über den Sammeltrieb des Eichelhähers. – Vogelwelt 71: 9–17
- SEIBERT, P. & Storch, M. (1982): Einfluß des Menschen auf die Waldgesellschaften im Nationalpark Berchtesgaden. – Unveröffentlichter Forschungsbericht. Universität München, 140 S.
- STEINMETZER, K. (1994): Luftbild- und GIS-gestützte Erfassung und Auswertung der Windwürfe vom Frühjahr 1990 im Nationalpark Berchtesgaden. – Unveröffentlichte Diplomarbeit. Universität des Saarlandes. Fachbereich Sozial- und Umweltwissenschaften, 79 S.
- STIMM, B. & BÖSWALD, K. (1994): Die Häher im Visier – Zur ökologischen und waldbaulichen Bedeutung der Samenausbreitung durch Vögel. – Forstwissenschaftliches Centralblatt 113: 204–223
- STMELF – Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1997): Stichprobenverfahren zur Erfassung der Situation der Waldverjüngung sowie des Verbisses und der Fegeschäden durch Schalenwild. Anweisung für die örtliche Erfassung und für die Erstellung der Gutachten. 13 S.
- STURM, K. (1993): Prozeßschutz – ein Konzept für naturschutzgerechte Waldwirtschaft. – Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 2: 181–192
- THOMPSON, J.N. (1980): Treefalls and colonization patterns of temperate forest herbs. – American Midland Naturalist 104: 176–184
- TURCEK, F.J. (1960): Der Nährwert einiger Waldsamen, die als Nahrung der Vögel und Säuger dienen. – Waldhygiene 3: 215–217
- WATT, A.S. (1923): On the Ecology of British Beechwoods with Special Reference to their Regeneration. – Journal of Ecology 11: 1–148
- WEBB, S.L. (1988): Windstorm Damage and Mikrosite Colonisation in two Minnesota Forests. – Canadian Journal of Forest Research 18: 1186–1195
- WEST, D.C., SHUGART, H.H. & BOTKIN, D.B. (1981): Forest Succession. – Springer. New York, 517 S.
- WHITE, P.S., MACKENZIE, M.D. & BUSING, R.T. (1985): Natural disturbance and gap phase dynamics in southern Appalachian spruce-fir forests. – Canadian Journal of Forest Research 15: 233–240
- WILLIG, J. (1994): Naturwaldforschung auf Windwurfflächen. – AFZ 11: 583–585
- WILLIG, J. & SCHLECHTE, G.B. (1995): Pilzsukzession an Holz nach Windwurf in einem Buchennaturwaldreservat. – AFZ 15: 814–818
- WÖRNLE, P. (1981): Landschaftsanalyse Berchtesgaden. – Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, 178 S.
- ZIERL, H. (1991): Das Mosaik-Zyklus-Konzept. Anmerkungen eines Anwenders im alpinen Raum. – in: ANL, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege: Das Mosaik-Zyklus-Konzept der Ökosysteme und seine Bedeutung für den Naturschutz. Laufener Seminarbeiträge 5: 43–44

# 11 Anhang

Tab. 13: Anzahl Pflanzen nach Baumarten pro Probequadrat (10 x 10 m).

	Vb	Fi	Lä	Bah	Bi	We	Ta	Bu	Mb	Ei	ges
1816	8	39	4	7	0	0	0	0	0	0	58
1817	4	19	4	6	0	2	0	0	0	0	35
1818	7	82	15	2	0	0	0	0	0	0	106
1821	19	9	3	0	2	1	0	0	0	0	34
1822	89	10	6	18	10	3	0	0	1	0	137
1914	19	29	7	32	1	1	1	0	0	0	90
1915	38	17	2	11	3	1	0	0	0	0	72
1916	12	8	4	8	2	1	0	0	0	0	35
1917	9	5	2	3	1	0	0	0	0	0	20
1918	24	38	5	11	1	0	0	0	0	0	79
1919	11	7	2	5	1	1	0	0	0	0	27
1920	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	8
1921	27	34	13	5	36	5	0	0	0	0	120
1922	80	2	2	9	5	2	0	0	2	0	102
2013	95	71	77	14	7	0	0	0	0	0	264
2014	162	15	10	8	6	0	0	0	1	0	202
2015	123	73	9	49	20	4	1	5	0	0	284
2016	20	22	19	8	10	0	1	0	0	0	80
2017	107	11	19	8	4	3	1	0	0	0	153
2018	8	12	1	7	4	3	0	0	0	0	35
2019	21	42	14	1	5	0	1	0	0	0	84
2020	6	13	0	2	0	0	0	0	0	0	21
2112	46	44	8	5	1	0	0	0	0	0	104
2113	33	45	24	9	1	0	3	0	0	0	115
2114	23	5	6	1	5	3	0	0	0	0	43
2115	28	35	23	52	14	1	1	6	0	1	161
2117	31	25	28	7	12	0	0	1	0	0	104
2118	5	13	0	3	3	0	0	0	0	0	24
2119	24	27	4	1	51	0	0	0	1	0	108
2213	10	3	2	9	1	2	4	0	0	0	31
2217	23	4	0	0	9	0	0	0	0	0	36
2218	5	18	16	5	2	0	0	0	0	0	46
Summe	1124	777	329	307	217	33	13	12	5	1	2818

Tab. 14: Waldpflegeplanung 1987, Revierbuch Distrikte 23 - 25, S. 129 - 133.

Waldort: XXIII 6 b 3 Salzkopf BS:423

Fläche: 10,9 ha  
Betriebsklasse: Pflegezone  
Revier: 4 Hintersee

**Bestandsbeschreibung:**

Entwicklungsphase: Wachstumsphase  
Bestandsform: Fichten-Bestand  
Alter: 65 Jahre ( 53 - 128)  
Beschirm.Grad: 1,00  
Ergebnisse aus 8 Stichproben Vertrauensbereich: +/- 29 %  
Best.Grad: 1,16 Vorrat: 228 fm/ha

Baumart	Oberstand				
	Anteil %	Alter	Bonität	Vorrat/ha fm	Zuwachs/ha fm
Fichte	87	82	22,6	203	3,5
Lärche	12	99	3,5	23	0,3
Birke	1	38	2,4	1	0,0

Baumart	Unterstand				
	Anteil %	Alter	Bonität	Vorrat/ha fm	Zuwachs/ha fm
Fichte	69	38	14,8	1	0,5
Euche	2	10	-	0	0,0
Mehlbeere	1	8	-	0	0,0
Birke	1	7	-	0	0,0
Vogelbeere	27	6	-	0	0,0

Schluß: gedrängt  
Schicht: einschichtig  
z. Lä, Ah  
30 % der Fi geschält (|).

**Maßnahmen:**

Wachstumsphase  
Pflugesatz: 25 fm/ha im ZA auf 10,9 ha in 1 Durchg.  
Stabilisierung durch Kronenpflege und Stammzahlreduktion.  
Entnahme der stark geschälten Fi.  
Freistellen der beigemischten Lä und Ah.  
Natürlich entstehende Lücken mit Schattbaumarten auspflanzen.

Waldort: XXIII 6 b 4 Salzkopf BS:423

Fläche: 8,5 ha  
Betriebsklasse: Pflegezone  
Revier: 4 Hintersee

**Bestandsbeschreibung:**

Entwicklungsphase: Jugendphase  
Bestandsform: Bergmischwald  
Alter: 5 Jahre ( - 15)  
Beschirm.Grad: 0,90  
Schluß: geschlossen  
Schicht: einschichtig  
Mischung: einzeln bis gruppenweise

z. Ah, VoBe  
m. Alt - Fi, Alt - Lä, Alt - Ta  
Unterbestockte Teilfläche im Osten.

**Maßnahmen:**

Jugendphase  
Pflugesatz: 5 fm/ha im ZA auf 6,0 ha in 1 Durchg.  
Auflockern zu dichter Fi - Verjüngung.  
Begünstigung der Ta und des Laubholzes in den Zäunen.  
Auspflanzen der unbestockten Teilfläche im Osten mit Ta und Bu.

Waldort: XXIII 6 c 2 Salzkopf BS:424

Fläche: 7,1 ha  
Betriebsklasse: Pflegezone  
Revier: 4 Hintersee

**Bestandsbeschreibung:**

Entwicklungsphase: Wachstumsphase  
Bestandsform: Fichten-Bestand  
Alter: 75 Jahre ( 63 - 95)  
Beschirm.Grad: 1,00  
Schluß: geschlossen  
Schicht: einschichtig

z. Lä  
e. Ah, Bu

**Maßnahmen:**

Wachstumsphase  
Pflugesatz: 30 fm/ha im ZA auf 7,1 ha in 1 Durchg.  
Stabilisierung durch Kronenpflege und Stammzahlreduktion.  
Freistellen der einzelnen Mischbaumarten.  
Auspflanzen natürlich entstehender Lücken mit Schattbaumarten.

Waldort: XXIII 6 c 3 Salzkopf BS:424

Fläche: 8,6 ha  
Betriebsklasse: Pflegezone  
Revier: 4 Hintersee

**Bestandsbeschreibung:**

Entwicklungsphase: Jugendphase  
Bestandsform: Fichten-Lärchen-Bestand  
Alter: 15 Jahre ( 5 - 30)  
Beschirm.Grad: 0,80  
Schluß: licht geschlossen  
Schicht: einschichtig  
Mischung: einzeln bis gruppenweise

z. Alt - Fi, Alt - Lä, Alt - Ta, Alt - Bu, Alt - Ah  
Mehrere Windwurfklücken.

**Maßnahmen:**

Jugendphase  
Pflugesatz: 5 fm/ha im ZA auf 4,3 ha in 1 Durchg.  
Auflockern zu dichter Fi - Verjüngung.  
Begünstigen der Mischbaumarten.  
Auspflanzen der Lücken mit Ta, Bu und Ah.

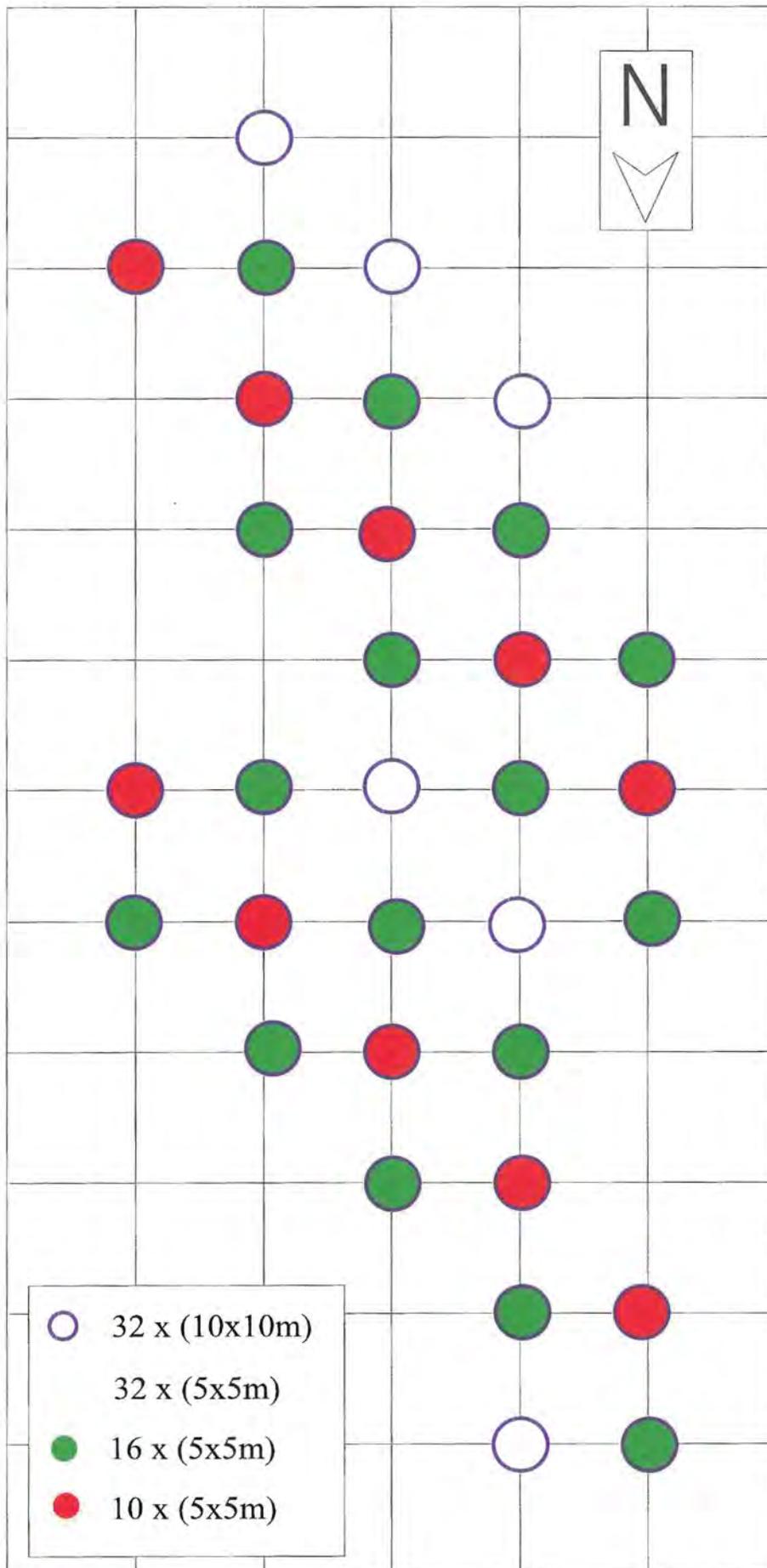
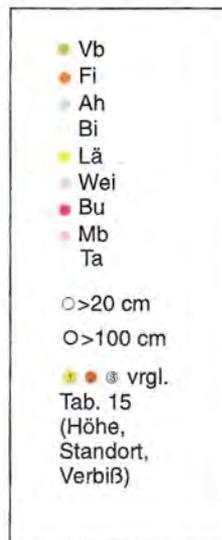
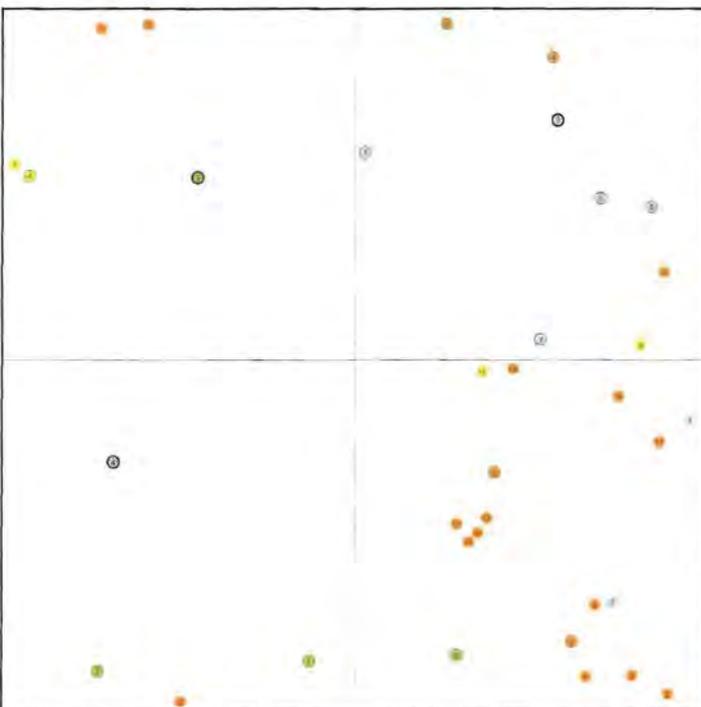
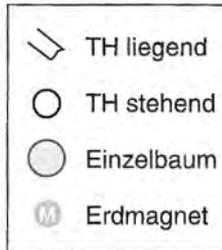
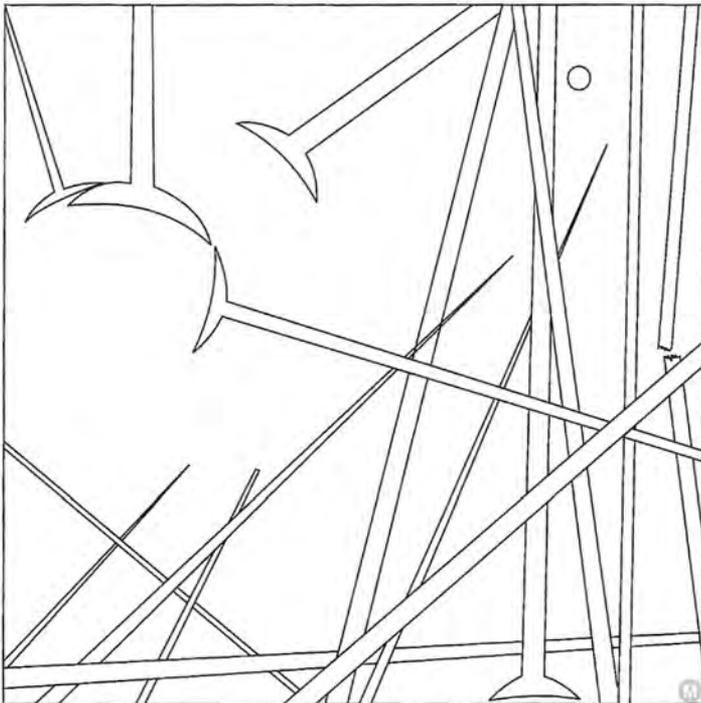
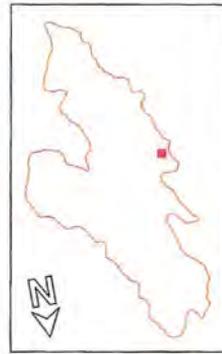


Abb. 62: Lage der Probequadrate bei schrittweise reduzierter Aufnahme­flächengröße.



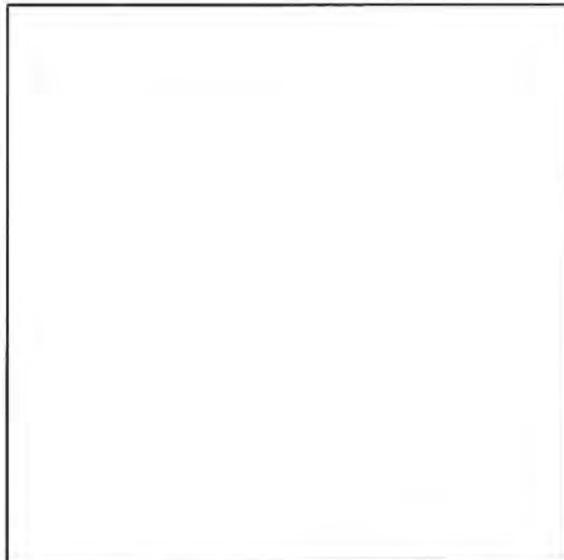
PQ 1817



**Abb. 63:**  
Visuelle Grundlage fur  
Dauerbeobachtung.

Tab. 15: Aufnahmeformular Verjüngung.

1.) Verjüngung



Probequadrat-Nr.

Unterquadrat-Nr.

Datum

Bearbeiter

Nr	BA	Höhe	Standort		Hi	Gr	WT	Ra	Fe	uTH	Verbiss				Bemerkung
		(cm)	Za	Sch							LT ak	LT eh	NT		
											g r	g r			
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															

BA = Baumart  
 Za = Zaun  
 Sch = Schatten  
 Hi = zw. Himbeeren

Gr = zw. Gras  
 WT = auf Wurzelteller  
 Fe = auf Felsen  
 uTH = unter Totholz

LT = Leittrieb  
 ak = aktuell  
 eh = ehemalig

r = rauhe Verbissstelle  
 g = glatte Verbissstelle  
 NT = Nebetrieb

Tab. 16: Aufnahmeformular Totholz / Einzelbäume.

2.) Totholz

a) liegend

Nr	BA	Länge (m)	Umfang (cm)		Höhe (cm)		Lage (m)		Wurf	Bruch	Probequadrat
			a	b	a	b	a	b			
			x	y	x	y					
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

b) stehend

Nr	BA	Höhe	BHD	Lage	
				x	y
1					
2					
3					
4					
5					

3.) Einzelbäume

Nr	BA	Höhe	BHD	Lage	
				x	y
A					
B					
C					
D					
E					

Anschrift des Autors:

Dipl.-Biologe  
 Jochen Siegrist  
 Restenweg 10  
 D-83471 Schönau am Königssee

In der Reihe der Forschungsberichte sind erschienen:

- Nr. 1 G. Enders  
**Theoretische Topoklimatologie**
- Nr. 2 R. Bochter, W. Neuerburg, W. Zech  
**Humus und Humusschwund im Gebirge**
- Nr. 3 Herausgeber Nationalparkverwaltung  
**Zur Situation der Greifvögel in den Alpen**
- Nr. 4 G. Enders  
**Kartenteil: Theoretische Topoklimatologie**
- Nr. 5 O. Siebeck  
**Der Königssee – Eine limnologische Projektstudie**
- Nr. 6 R. Bochter  
**Böden naturnaher Bergwaldstandorte auf carbonatreichen Substraten**
- Nr. 7 Herausgeber Nationalparkverwaltung  
**Der Funtensee**
- Nr. 8 H. Schmid-Heckel  
**Zur Kenntnis der Pilze in den Nördlichen Kalkalpen**
- Nr. 9 R. Boller  
**Diplopoden als Streuzersetzer in einem Lärchenwald**
- Nr. 10 E. Langenscheidt  
**Höhlen und ihre Sedimente in den Berchtesgadener Alpen**
- Nr. 11 Herausgeber Nationalparkverwaltung  
**Das Bärenseminar**
- Nr. 12 H. Knott  
**Geschichte der Salinenwälder von Berchtesgaden**
- Nr. 13 A. Manghabati  
**Einfluß des Tourismus auf die Hochgebirgslandschaft**
- Nr. 14 A. Spiegel-Schmidt  
**Alte Forschungs- und Reiseberichte aus dem Berchtesgadener Land**
- Nr. 15 H. Schmid-Heckel  
**Pilze in den Berchtesgadener Alpen**
- Nr. 16 L. Spandau  
**Angewandte Ökosystemforschung im Nationalpark Berchtesgaden**
- Nr. 17 W. Berberich  
**Das Raum-Zeit-System des Rotfuchses**
- Nr. 18 U. Mäck, R. Bögel  
**Untersuchungen zur Ethologie und Raumnutzung von Gänse- und Bartgeier**
- Nr. 19 B. Dittrich, U. Hermsdorf  
**Biomonitoring in Waldökosystemen**
- Nr. 20 F. Kral, H. Rall  
**Wälder – Geschichte, Zustand, Planung**
- Nr. 21 M. Klein, R.-D. Negele, E. Leuner, E. Bohl, R. Leyerer  
**Fischbiologie des Königssees: Fischereibiologie und Parasitologie**
- Nr. 22 W. Traunspurger  
**Fischbiologie des Königssees: Nahrungsangebot und Nahrungswahl, Bd. I**
- Nr. 23 R. Gerstmeier  
**Fischbiologie des Königssees: Nahrungsangebot und Nahrungswahl, Bd. II**
- Nr. 24 W. Hecht, M. Förster, F. Pirchner  
R. Hoffmann, P. Scheinert, H. Rettenbeck  
**Fischbiologie des Königssees: Ökologisch-genetische Untersuchungen am Seesaibling und Gesundheitsstatus der Fische**
- Nr. 25 G. Hofmann  
**Klimatologie des Alpenparks**
- Nr. 26 K. Rösch  
**Einfluß der Beweidung auf die Vegetation des Bergwaldes**
- Nr. 27 H. Remmert, P. G. Rey, W. R. Siegfried,  
W. Scherzinger, S. Klaus  
**Kleinstmögliche Populationen bei Tieren**
- Nr. 28 B. Müller, W. Berberich, A. David  
**Zur Situation des Schalenwildes im Nationalpark Berchtesgaden**
- Nr. 29 J. Köppel  
**Beitrag der Vegetation zum Wasserhaushalt**
- Nr. 30 H. Zierl et al.  
**Die Wallfahrt über das Steinerne Meer**
- Nr. 31 P. Pechacek  
**Spechte im Nationalpark Berchtesgaden**
- Nr. 32 Chr. Dommermuth  
**Beschleunigte Massenabtragung im Jennergebiet**
- Nr. 33 R. Bögel  
**Untersuchungen zur Flugbiologie und Habitatnutzung von Gänsegeier**
- Nr. 34 A. Schuster  
**Singvögel im Biosphärenreservat Berchtesgaden**
- Nr. 35 M. Höper  
**Moose – Arten, Bioindikation, Ökologie**
- Nr. 36 T. Barthelmeß  
**Die saisonale Planktonzuckession im Königssee**
- Nr. 37 W. Lippert, S. Springer, H. Wunder  
**Die Farn- und Blütenpflanzen des Nationalparks**
- Nr. 38 G. Gödde  
**Die Holzbringung aus dem Einzugsgebiet des Königssees**
- Nr. 39 A. Stahr  
**Bodenkundliche Aspekte der Blaikenbildung auf Almen**
- Nr. 40 R. Braun  
**Die Geologie des Hohen Gölls**
- Nr. 41 F. Gloßner, R. Türk  
**Die Flechtengesellschaften im Nationalpark Berchtesgaden und dessen Vorfeld**
- Nr. 42 R. Türk, H. Wunder  
**Die Flechten des Nationalparks Berchtesgaden und angrenzender Gebiete**
- Nr. 43 V. Konnerth, J. Siegrist  
**Waldentwicklung im Nationalpark Berchtesgaden von 1983 bis 1997**

Zu beziehen über die  
Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, Doktorberg 6, D-83471 Berchtesgaden

