



FBVA-BERICHTE Nr. 102/1998

Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien
Waldforschungszentrum

**Zuwachsuntersuchungen
an Fichte in verschiedenen
Seehöhenstufen in den
südlichen Zwischenalpen
Österreichs**

*Increment Studies in Spruce
at different Altitudes in the
Southern Alps (Zwischenalpen)
in Austria*

P. JUNGWIRTH

FDK 561.26:113.2:174.7:(436):(234.37)



Das Lebensministerium

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft

Empfohlene Zitierung:
Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen in den
südlichen Zwischenalpen Österreichs / P. Jungwith. FBVA-Berichte; Schriften-
reihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, 1998, Nr. 102, 54 S.

ISSN 1013-0713

Copyright 1998 by
Forstliche Bundesversuchsanstalt

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

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

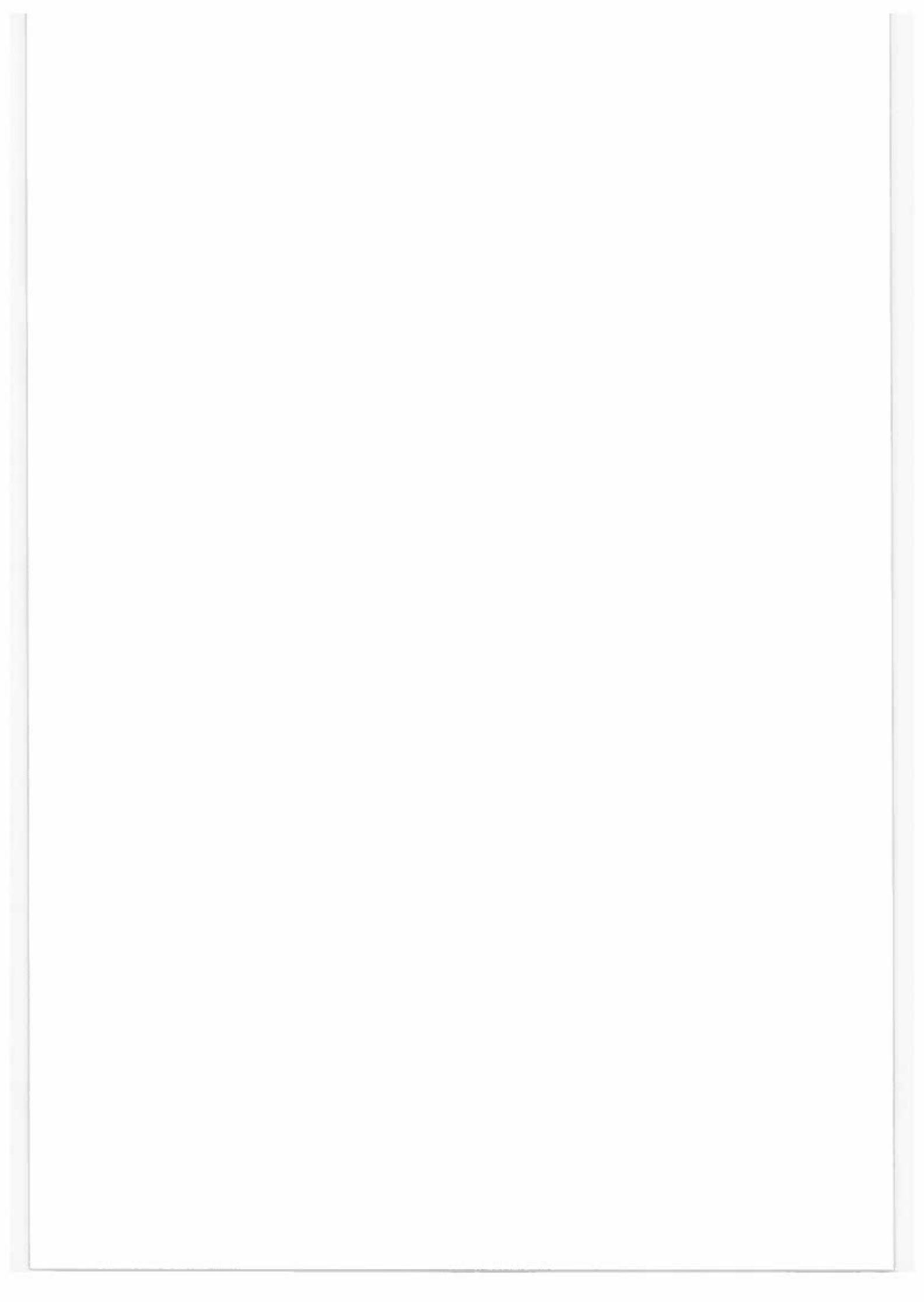
Anschrift für Tauschverkehr :
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Bibliothek
Seckendorff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

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

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	5
Abstract	5
1. Einleitung	5
2. Fragestellung	6
3. Beschreibung des Untersuchungsgebietes	7
4. Methodik	9
4.1 Methodik der Aufnahme	9
4.2 Methodik der Jahrringmessung	9
4.3 Methodik der Auswertung	10
4.3.1 Auswertung der Stammanalysen	10
4.3.2 Ableitung ertragskundlicher Parameter	10
4.3.2.1 Ableitung eines Bestandesalters in mäßig ungleichaltrigen Beständen	11
4.3.2.2 Bonitätsbestimmung in ungleichaltrigen Beständen	12
4.3.2.3 Ableitung einer Art Oberhöhe für die Solitäräume	13
4.3.3 Ermittlung der ertragskundlichen Kennwerte im Jahr 1992	14
4.3.4 Bestimmung der periodischen Zuwachsleistung	14
4.3.5 Ableitung dendrochronologischer Parameter	15
5. Ergebnisse	15
5.1 Bestandessituation im Jahr 1992	15
5.1.1 Bestandesstruktur	17
5.1.1.1 Altersstruktur	17
5.1.1.2 Soziale Struktur	17
5.1.1.3 Textur	17
5.1.1.4 Höhenstruktur	20
5.1.1.5 BHD-Verteilung	21
5.1.2 Bestandesdichte	21
5.1.3 Stammschäden	23
5.1.4 Benadelungszustand	24
5.2 Funktionen zur Ableitung nicht gemessener Parameter	26
5.3 Wuchsleistung	28
5.3.1 Höhenwuchsleistung der Oberhöhenstämme	28
5.3.1.1 Druckstandsnachweis	30
5.3.1.2 Druckstandsdauer und altersunabhängige Bonitierung	30
5.3.2 Flächenbezogene Wuchsleistung	34
5.3.3 Jahrringbreiten	38
5.3.4 Höhenzuwächse aus Quirlmessungen	40
5.4 Radialzuwachsschwankungen	42
5.4.1 Gleichläufigkeit	42
5.4.2 Sensitivität	43
5.4.3 Weiserjahre	45
5.5 Bewertung des Benadelungszustandes	48
6. Diskussion und Schlußfolgerung	49
7. Zusammenfassung	51
Literaturverzeichnis	52



Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen in den südlichen Zwischenalpen Österreichs

P. JUNGWIRTH

Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft, Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien

Kurzfassung. Am Dobratsch, einem Kalkalpenausläufer der südlichen Zwischenalpen Österreichs, wurde das Wachstum der Fichte untersucht. Dazu wurden entlang eines Höhenprofils drei Parzellen von 0,1 Hektar Größe detailliert beschrieben, danach fast alle Bäume geschlägert und von ihnen Stammanalysen gewonnen. Auch Solitärfichten an der Waldgrenze bildeten einen Teil des Untersuchungsmaterials.

Das Hauptziel dieser Untersuchung war die Vermehrung des Wissens über den Zuwachs der Fichte und seine Einflußfaktoren. Dadurch soll zukünftig auch eine bessere Berechnung des „Normalzuwachses“ (Zuwachs des gesunden Waldes) ermöglicht werden.

Die Kombination von Vollaufnahme und nachfolgenden Stammanalysen, ergänzt durch Regressionsschätzungen, ermöglichte die Berechnung des laufenden Flächenzuwachses der letzten 30 Jahre. Andere wichtige ertragskundliche sowie dendrologische Kenngrößen wurden berechnet und der Einfluß der Seehöhe auf einige dieser Parameter beleuchtet. Es wurden auch Vergleiche mit der Ertragstafel angestellt.

Ungleichaltrigkeit und Druckstandsvergangenheit stellten die herkömmliche Bonitierung mit Alter und Oberhöhe in Frage und waren Ausgangspunkt für alternative methodische Ansätze: Die rechnerische Herstellung von Gleichaltrigkeit zur Ableitung eines Oberhöhenverlaufes, altersunabhängiges Bonitieren mit Oberhöhenkurvenabschnitten und die Abschätzung der Druckstandsdauer.

Schlüsselworte: Fichte, Zuwachs, Seehöhe, Bonitieren, Ungleichaltrigkeit

Abstract. [Increment Studies in Spruce at different Altitudes in the Southern Alps (Zwischenalpen) in Austria.] On the Dobratsch, a limestone mountain in Southern Alps („Zwischenalpen“) in Austria, the growth of spruce was investigated. On three sample plots, sized 0,1 hectare each, at different altitudes many tree parameters were measured, then almost all trees were felled and stem analysis was done. Open grown spruce trees close to the tree-line were also part of the investigation material.

The main aim of this investigation was to improve of knowledge about the growth of spruce and its influencing factors. So as to allow a better calculation of the „normal increment“ (increment of the healthy forest).

The combination of the measurements on the plots and the results of stem analysis, complemented by regression estimations, made the calculation of the area related increment of the last 30 years possible. Other important increment parameters and dendrological figures were calculated and the influence of altitude on some of these parameters was examined. Comparisons with the best suiting yield table given were also carried out.

Uneven age distribution and the former growth under a canopy made the usual way of determining the yield class with age and top height questionable. These circumstances were also the starting point for the development of alternative methods: The mathematical establishment of „same age“ in order to derive a top height curve, age independent yield class determination with segments of the top height curve and the estimation of the delay due to suppression under a canopy.

Keywords: spruce, increment, analysis, altitude, site-index, uneven aged stands

1. Einleitung

Im Zusammenhang mit „neuartigen Waldschäden“ stellte sich die Frage, inwieweit Umwelteinflüsse, bzw. Kronenverlichtungen als deren Symptomausprägung Auswirkungen auf die Zuwachsleistung haben. Speziell zu Beginn der Erhebungen von Waldschäden

waren große Probleme daraus entstanden, daß Informationen sowohl über den Normalzustand als auch über die Variationsmöglichkeiten des Kronenzustandes fehlten (SCHLAEPFER und HAEMMERLI, 1990). Zur Frage des Zusammenhangs zwischen Nadel/Blattverlust und Zuwachsverlusten gibt es widersprüchliche Aussagen. Verschiedene Untersuchungen belegen, daß Nadelverlust ab einem bestimmten, aber

von Fall zu Fall wechselnden Ausmaß, mit Zuwachsverlusten einhergehen. So findet KENK (1986) gesicherte Zuwachsverluste bei Fichte erst über 40 %. KRAMER (1986) unterstellt für Fichten bis 10 % Nadelverlust noch normalen Zuwachs. PRETZSCH und UTSCHIG (1989) hingegen fassen Bäume bis 29 % Nadelverlust zu einem Referenzkollektiv zusammen. ECKMÜLLNER (1990) findet Zuwachsverluste erst über 20 % Nadelverlust. STEYRER (1996) kann auf der Basis der BHD-Messungen des Österreichischen Waldschaden-Beobachtungssystems mit zunehmender Kronenverlichtung deutliche Zuwachsrückgänge besonders ab 25 % Nadelverlust feststellen. EICHKORN (1986) findet nur in den letzten zwei Jahren einen Zuwachsrückgang bei verlichteten Bäumen und kann keinen längerfristigen Zuwachsrückgang feststellen. NEUMANN (1986) kann bei verlichteten Bäumen eines „klassischen“ Immissionsgebietes über 50 Jahre hinweg deutlich geringere Zuwächse als beim nicht verlichteten Vergleichskollektiv feststellen.

Auf große regionale Unterschiede innerhalb Bayerns verweist RÖHLE (1985), örtlich lassen sogar Fichten mit mehr als 60 % Nadelverlust keinerlei Rückschlüsse auf Schadwirkungen zu. ALDINGER und KREMER (1985) finden auf fünf von sechs untersuchten Flächen keinen Unterschied im Radialzuwachs von „gesunden“ und „kranken“ Kollektiven, obwohl bei der Benadelung zwischen beiden Unterschieden von 15 bis 40 % bestehen. In letzter Zeit hat sich allgemein die Ansicht durchgesetzt, daß bei Nadelverlusten bis zu 25 % mit „normaler“ Zuwachsleistung zu rechnen ist. Dementsprechend werden im Rahmen der europäischen Kronenzustandserhebung Kronenverlichtungen bis zu 25 % Nadel-/Blattverlust auch nicht mehr als Hinweis auf reduzierte Vitalität gewertet (EU-UN/ECE, 1991). Wiederbelebt wird diese Diskussion derzeit in Deutschland (z.B. MAKONEN-SPIECKER, 1996).

Weiters sollte auch der Beitrag von SCHMID-HAAS (1990) zu dieser Diskussion Beachtung finden, der darauf verweist, daß aus Zuwachsunterschieden zwischen verschiedenen stark verlichteten Bäumen noch nicht auf allgemeine Zuwachsverluste in Beständen geschlossen werden darf.

Viele Untersuchungen weisen darauf hin, daß der Zuwachs der letzten Jahre höher ist als zuvor (SPIEKER, MIELIKÄINEN, KOHL und SKOVGAARD, 1996). Teils ist die Bonität von Folgebeständen höher als die des Vorbestandes (KENK, 1989; KENK ET AL., 1991), teils weicht der Wachstumsgang von den Modellvorstellungen der Ertragstafel wesentlich ab (STERBA, 1984; RÖHLE, 1985; ANDRAE, 1990; BECKER

ET AL., 1990; PRETZSCH und UTSCHIG, 1990). Die Ergebnisse der Österreichischen Forstinventur 1986-90 (SCHIELER und SCHADAUER, 1993) zeigen eine bedeutende Zunahme an Vorrat und Zuwachs. NEUMANN und SCHADAUER (1995) belegen eine deutliche Zunahme der Radialzuwächse in Brusthöhe seit 100 Jahren.

Diese Widersprüchlichkeit kann zum Teil durch die unterschiedlichen Methoden der Zuwachsuntersuchungen erklärt werden (STERBA, 1986). Insbesondere ist es von entscheidender Bedeutung, welche Referenz für das „Normalwachstum“ angenommen wird.

Weiters wurde diskutiert, ob nicht die Erhebung des Symptoms „Kronenverlichtung“, dessen Indikatorauglichkeit zunehmend in Frage gestellt wird, durch die Messung des Zuwachses ersetzbar wäre, der auch als „Integralgesundheitsparameter“ bezeichnet wird (KENK ET AL., 1991). Davor müßte durch viele weitere Grundlagenuntersuchungen über die Variation von Zuwachsparametern und deren wichtigste Einflußfaktoren der „Normalzuwachs“ (Zuwachs des gesunden Waldes) genauer definiert werden können. Denn trotz zahlreicher Untersuchungen in den letzten Jahren ist die Festlegung dieser Vergleichsgröße weiterhin strittig.

Bevor ein Wechsel von der Erhebung des Kronenzustandes zur Erfassung des Zuwachses vorgenommen wird, sollten möglichst viele Grundlagendaten zum Wachstum im allgemeinen und unter diesem speziellen Gesichtspunkt gesammelt werden. Die vorliegende Untersuchung hat als Hauptziel die Gewinnung weiterer Erkenntnisse über den Zuwachs der Fichte am Einzelbaum sowie am Bestand. Sie ist ein Teil des Gemeinschaftsprojektes „Waldschaden-Beobachtungssystem“ der FBVA, in dem verschiedene Ansätze einer österreichweiten Waldschadensforschung zusammengefaßt sind (NEUMANN, 1991A).

2. Fragestellung

Es gilt also, dem Zuwachs, der Grundlage des Waldwachstums und der Forstwirtschaft, mehr Augenmerk zu schenken. Dabei sollte aber nicht nur der Einzelbaumzuwachs, sondern auch der Zuwachs eines Bestandeskollektivs betrachtet werden. Mit der Zuwachsuntersuchung von NEUMANN (1993) im Montafon wurde eine Reihe von Untersuchungen begonnen, die hiermit fortgesetzt werden soll. Während die Arbeit im Montafon das Wachstum der

Fichte im Optimum ihres Verbreitungsgebietes darstellt, soll die vorliegende Untersuchung das Fichtenwachstum auf flachgründigeren Kalk-/ Dolomitstandorten beleuchten. Wieder wird dabei entlang eines Höhengradienten vorgegangen.

Im Mittelpunkt steht die Frage:

- Wie verhält sich die Zuwachsleistung der Fichte im Laufe der Bestandesentwicklung und in verschiedenen Seehöhen?

Da sich im Zuge der Auswertung herausstellte, daß innerhalb der Untersuchungsflächen erhebliche Ungleichaltrigkeit herrschte und es auch Druckstand gegeben haben muß, drängten sich noch die folgenden Fragen auf:

- Wie kann man auch in ungleichaltrigen Beständen mit Druckstand oder Druckstandsvergangenheit die Oberhöhenbonität bestimmen?
- Wie läßt sich der Zeitverlust infolge Druckstand abschätzen und somit ein wirtschaftliches Alter in mäßig ungleichaltrigen Beständen ableiten, und inwieweit kann für Vergleichszwecke die Ertrags-tafel herangezogen werden?

Diese Grundlagenuntersuchungen sollen einen weiteren Schritt zur Verbesserung der Abschätzung der „Soll“-Zuwachsleistung darstellen, um dadurch Zuwachsbeeinträchtigungen exakter quantifizieren zu können.

3. Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet liegt am Nordabfall des Dobratsch (Villacher Alpe), südlich der Ortschaft Bad Bleiberg (Abb. 1). Der Dobratsch ist der östliche Ausläufer der Gailtaler Alpen, die ihrerseits den nördlichen Teil der südlichen Kalkalpen darstellen.

Über mesozoischem Kalk bildeten sich hauptsächlich flachgründige Braunerde-Rendsinen mit mehr oder weniger starkem Braunlehmeinfluß, die für einen eher unausgeglichenen, von Wassermangel gekennzeichneten Wasserhaushalt und ein geringes Nährstoffangebot mit entsprechender edaphischer Armut stehen. Relativ langsames Baumwachstum war daher zu erwarten. Während die unterste Fläche eine Gründigkeit von ca. 30 cm aufwies, konnten auf der mittleren und höchsten Fläche nur mehr ca. 15 cm gemessen werden.

Laut der neuen Wuchsgebietsgliederung Österreichs von KILIAN, MÜLLER und STARLINGER (1994)

befindet sich das Untersuchungsgebiet in den mittelmontanen bis tiefsubalpinen Höhenstufen der „Südlichen Zwischenalpen“ (Wuchsgebiet 3.3) an der Grenze zu den „Südlichen Randalpen“ (Wuchsgebiet 6.1). Als natürliche Waldgesellschaften werden bis zur mittelmontanen Höhenstufe (bis ca. 1400 m) hinauf der Fichten-Tannen-Buchen-Wald, hochmontan (bis ca. 1650 m) der Fichten-Tannen-Wald und tiefsubalpin (bis ca. 1900 m) der Fichtenwald genannt.

Klimatisch sind die südlichen Zwischenalpen mit ca. 1400 mm Jahresniederschlag aufwärts gegenüber den südlichen Randalpen schon deutlich niederschlagsbegünstigt, wobei neben einem Sommermaximum ein verstärktes Auftreten von Herbstniederschlägen charakteristisch ist. In der Vegetationsperiode (April-September) fallen deshalb im Schnitt 58 % des Jahresniederschlages.

Die Daten der unmittelbar benachbarten Klimastationen „Bleiberg“ (935 m) und „Villacher Alpe“ (2135 m) lassen mit 1367 mm und 1417 mm (HYDROGRAPHISCHER DIENST) erstaunlich geringe Unterschiede im Jahresniederschlag erkennen, weshalb deren Niederschlagsdaten gemittelt wurden (Abb. 2), was für die mittlere Höhe des untersuchten Gebietes wohl repräsentativ ist.

Die Mittelung der Jahresdurchschnittstemperaturen der beiden Stationen ergibt 3°C (1951-90). Daraus und aus dem Jahresniederschlag errechnet sich schließlich ein Ariditätsindex von De Martonne (IN SCHMIDT-VOGT, 1976) um 100. Die Anzahl der Tage mit Tagesmitteltemperaturen von 10°C oder mehr, die hier als Maß für die Vegetationszeitdauer angenommen werden, betragen für die untere Station im Durchschnitt der Jahre 1951 bis 1980 140,7 Tage, für die obere Station 29,6 Tage (HYDROGRAPHISCHER DIENST). Die Formel von SCHADAUER (1997) ergibt für die Untersuchungsflächen 132 (Fläche 1), 116 (Fläche 2) und 84 Tage (Fläche 3) Vegetationszeitdauer, was Interpolationen aus den Stationsmessungen sehr gut entspricht.

Die relative Luftfeuchte liegt bei 79 %, die mittleren Windgeschwindigkeiten bei 2m/sec im Tal und 6m/sec an der Waldgrenze. Während am Gipfel des Dobratsch vorwiegend SW-Winde (34 %) und N-Winde (24 %) wehen, sind es im Talbereich, orographisch bedingt, vor allem W- (24 %) und O-Winde (23 %). Das Untersuchungsgebiet ist von Südwestlagen am stärksten beeinflusst.

Laut Auskunft von ZAWORKA (1995) wurde der Wald oberhalb von Bad Bleiberg durch einzelstammweise Nutz- und Brennholzentnahmen für den Bergbau und die Erfüllung der Bergknappen-

Abb. 1: Untersuchungsgebiet

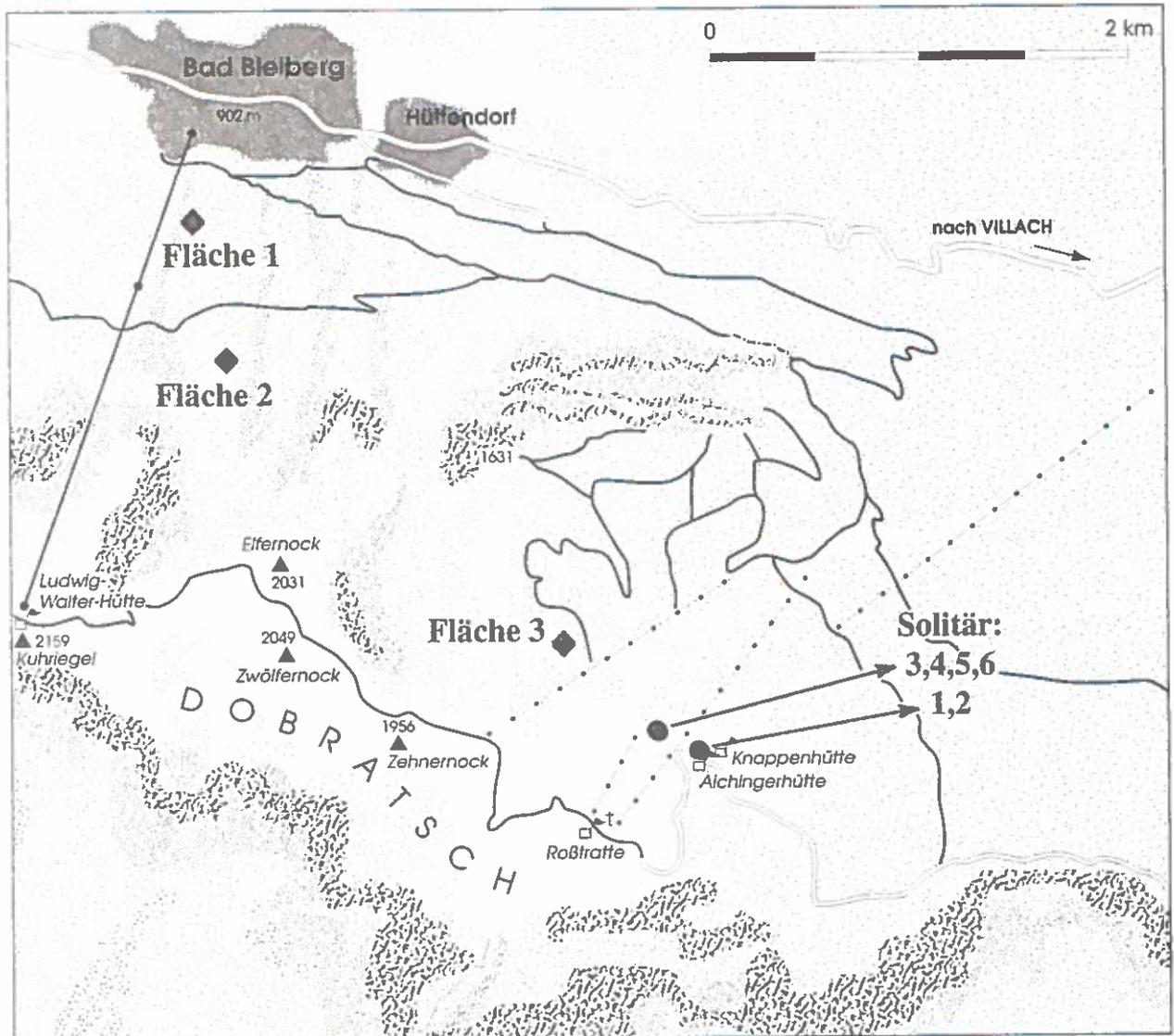
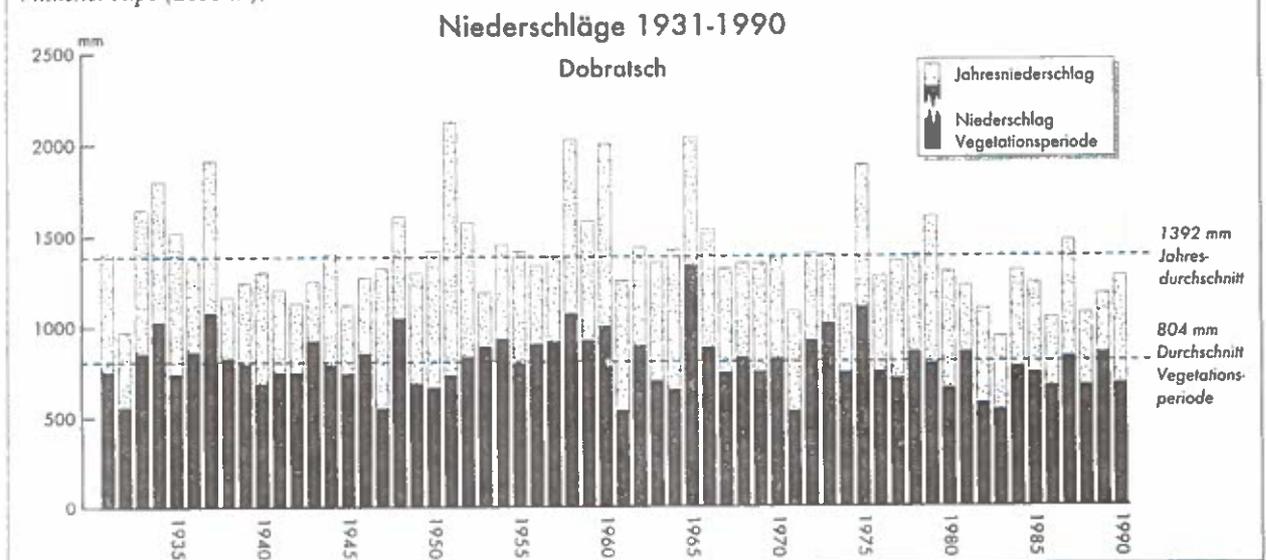


Abb. 2:

Niederschläge in der Vegetationszeit (IV-IX) und pro Jahr als Mittel der Klimastationen Bleiberg (935 m) und Villacher Alpe (2135 m).



servitute genutzt. Zusätzlich prägte eine zeitweise sehr intensive Ziegenweide (bis 800 Stück. in den späten 30er-Jahren dieses Jahrhunderts) vor allem den ortsnahen Teil des Waldes. Auf der Alm bzw. in die angrenzenden Wälder darunter sich fortsetzend war bis zur Trennung von Wald und Weide um die Jahrhundertwende die Rinderweide von prägender Bedeutung. Dadurch entstandene größere Lücken wurden damals aufgeforstet.

4. Methodik

4.1 Methodik der Aufnahme

Am Nordabfall des Dobratsch wurden im Herbst 1992 in einem Höhenprofil drei Probestellen zu je 0,1 Hektar ausgewählt. Maßgeblich für die Auswahl waren

- die Eignung für Zuwachsanalysen (möglichst geringe Nutzungseingriffe in letzter Zeit, keine Randbäume, Bestandesalter über 100 Jahre, Gleichförmigkeit innerhalb der Fläche, keine gravierenden Stammschäden, Wipfelbrüche oder Fäule, arbeitstechnische Gesichtspunkte)
- eine größtmögliche Seehöhenspreitung
- Repräsentativität für den in der betreffenden Höhenstufe ausgewählten Bestand.

Zusätzlich wurden an 6 Solitärbäumen an der Waldgrenze (1700 m) in der Nähe der „Knappenhütte“ Stammanalysen durchgeführt.

Tab.1:
Aufnahmeumfang.

Fläche	Anzahl Bäume	Stammanalyse	BHD-Scheibe	Bohrkern	keine Daten	Stöcke
1	53	32	9	5	7	5
2	41	31			10	14
3	59	52	5	1	1	12
Sol.	6	5	1			
Su:	159	120	15	6	18	31

Insgesamt wurden somit im Oktober 1992 und Mai 1993 von 120 Bäumen (75 %) in Summe 1066 Stammscheiben für Stammanalysen, von 15 Bäumen (9 %) je eine BHD-Scheibe und von 6 Bäumen (4 %) insgesamt 13 Bohrkerne gewonnen. Die BHD-Scheiben wurden überwiegend von Bäumen

gewonnen, bei denen erwartet wurde, daß die Jahrringmessung an Bohrkernen unmöglich sein würde (abgestorbene und unterdrückte Bäume). Von den restlichen 18 Bäumen, von denen die Hälfte Buchen waren, wurden für die zuwachskundlichen Berechnungen nur der BHD und die Höhe gemessen. Für eine Hochrechnung der Hektarwerte stand somit ein sehr umfangreiches, hochwertiges und - von den Buchen abgesehen - repräsentatives Datenmaterial zur Verfügung.

Für die drei Flächen wurden Baumverteilungspläne mit Kronenprojektionen gezeichnet. Die Feldaufnahmen am stehenden Baum umfaßten: Soziale Stellung, Schäden im Kronen- bzw. Schaftbereich, Nadelverlust an insgesamt 101 Fichten der sozialen Stellung 1-3, BHD, Höhe und Kronenansatz. Die erste Stammscheibe wurde in 1,3 m Höhe entnommen, darüber, je nach Ausformung, alle 4 bis 5 m, im Wipfelbereich alle Meter. Von den Stöcken wurde der Durchmesser bestimmt und der Zeitpunkt der Nutzung geschätzt.

4.2 Methodik der Jahrringmessung

Die Stammscheiben und Bohrkern wurden im trockenen Zustand auf der Jahrringmeßanlage auf 1/100 mm ausgemessen, es erfolgte keine Korrektur der Schwindung. Bei Stammscheiben wurden von einer markierten Richtung ausgehend vier Radien gemessen, in einzelnen Fällen wurde davon aus meßtechnischen Gründen abgegangen (Äste, Faulstellen u.ä.m.).

Von den 150 Bäumen, von denen BHD-Scheiben bzw. Bohrkern gewonnen wurden, erwiesen sich 9 als nicht meßbar (Fäule, Bruchstellen, u.ä.m.). Die Prüfung auf Synchronität der Jahrringfolgen der verbleibenden 141 Bäume erfolgte okular durch die Referenzprüfung unter besonderer Beachtung von „typischen“ Signaturen (POLLANSCHÜTZ, 1980). Diese „typischen“ Signaturen gingen aus den nach Flächen getrennten Berechnungen des Gleichläufigkeitsprozentes der Jahrringbreitenmessungen in Brusthöhe (HUBER, 1943) als Signaturen mit besonders hohem Gleichläufigkeitsprozent hervor.

Ein Jahrringausfall wurde nur dann diagnostiziert, wenn die über dem Kalenderjahr korrigierte Jahrringfolge im Test einen signifikanten Anstieg des Gleichläufigkeitsprozentes dieses Baumes erzielen konnte. Nur insgesamt 7 Bäume der Flächen 1 und 3 bildeten in einzelnen weiter zurückliegenden Jahren keine Jahrringe aus. 4 davon und weitere 6 Bäume wurden stehend tot angetroffen, bei diesen könnten

weitere Jahrringausfälle in den letzten Jahren vor dem Absterben stattgefunden haben. Mindestens 7 Bäume hatten also im Schnitt mindestens 3 fehlende Jahrringe (Maximum = 7), was wenig ist. Fehlende Jahrringe wurden, mit Ausnahme eines mitherrschenden, nur bei beherrschten, unterdrückten bzw. abgestorbenen Individuen registriert (VGL. ATHARI, 1981).

4.3 Methodik der Auswertung

4.3.1 Auswertung der Stammanalysen

Nach Ausmessung aller Scheiben eines Baumes und Synchronisierung der Meßwerte werden für alle Jahre die Jahrringbreite als arithmetisches Mittel der vier

Richtungen ermittelt und der Höhenzuwachs berechnet. Der Volumenzuwachs wird aus den einzelnen Abschnittsvolumenzuwächsen aufsummiert.

Diese Volumenzuwächse werden jedoch für die Ableitung der flächenbezogenen Wuchsleistung in 5.3.2 nicht verwendet, sondern es wird das jeweilige Volumen aus den sich ergebenden Werten von Höhe und BHD mit der Formzahlfunktion berechnet. Auf die Auswirkungen verschiedener Kubierungsmethoden auf die Volumenermittlung und insbesondere auf die Zuwachsermittlung wurde von STERBA (1980) hingewiesen.

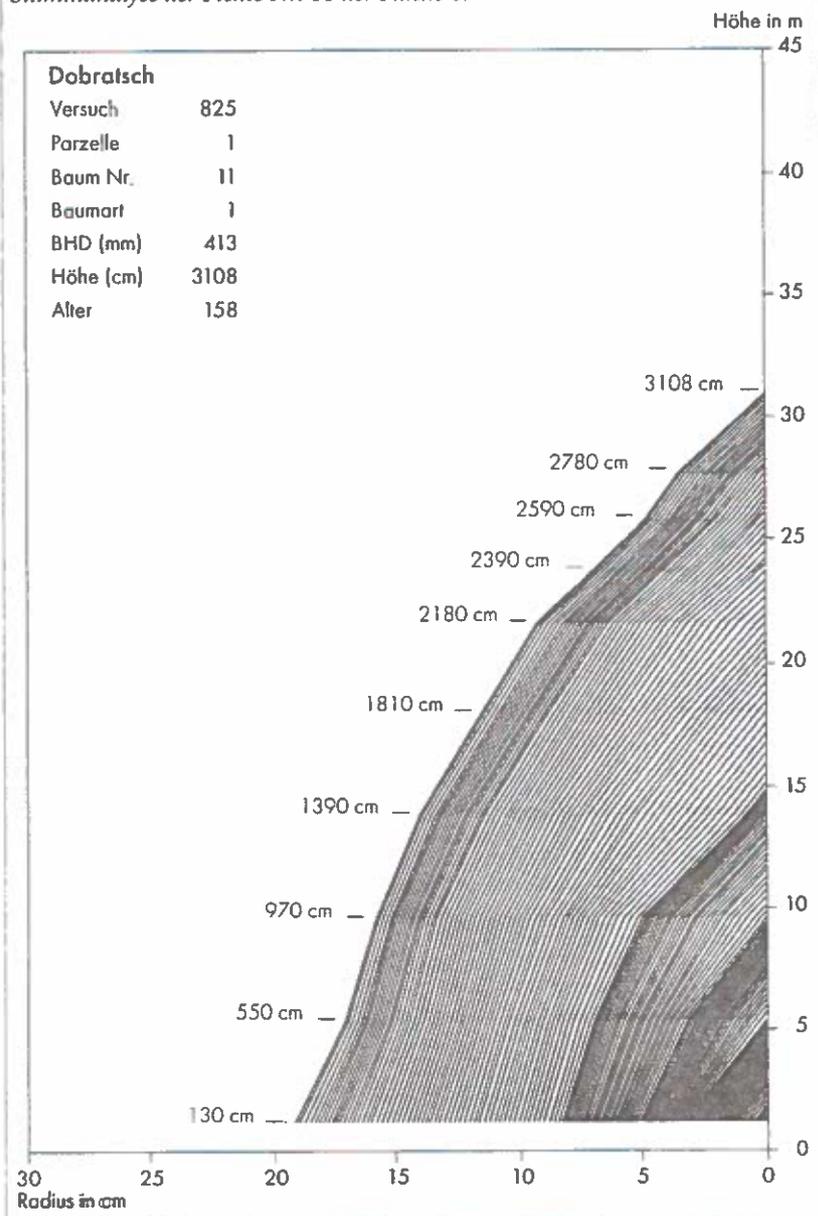
Für die grafische Darstellung der Stammanalyse werden die einzelnen Stützstellen durch Geraden verbunden. Als Beispiel soll die Stammanalysegraphik

des Baumes Nr. 11 der Fläche 1 dienen (Abb. 3). Man kann darauf gut erkennen, daß diese Fichte in ihrer Jugend stark bedrängt wurde. Wegen der bis ca. 15 m Höhe kleineren Höhenzuwächse und des für die Fläche 1 unterdurchschnittlichen Alters kann man davon ausgehen, daß es sich dabei um Druckstand unter Schirm gehandelt hat. Erst ab ca. 24 m Höhe ließ der Höhenzuwachs leicht nach, der Radialzuwachs war aber bis zum Erntezeitpunkt fast unverändert hoch, sodaß man sicher sein kann, daß der Baum trotz seiner fast 160 Jahre noch viele weitere Jahre gut gewachsen wäre.

4.3.2 Ableitung ertragskundlicher Parameter

Aus den im Feld aufgenommenen Parametern BHD, Höhe, Kronenradien und Kronenlänge wurden unter Einbeziehung der Ergebnisse der Jahrringmessung weitere Parameter abgeleitet (Volumenzuwachs/ Kronenmantelfläche, H/D-Wert, Kreisflächenzuwachsprozent, etc.). Die Kronenschirmfläche wurde aus 16 Radien nach der Teilkreisformel (KRAMER und DONG, 1985) berechnet. Die Mantelfläche und das Kronenvolumen wurden aus der Kronenlänge und der Kronenschirmfläche mit der Kegelformel ermittelt.

Abb. 3:
Stammanalyse der Fichte Nr. 11 der Fläche 1.



4.3.2.1 Ableitung eines Bestandesalters in mäßig ungleichaltrigen Beständen

Ein zuverlässiger Schätzwert für das Bestandesalter ist für weiterführende Flächenproduktivitätsvergleiche eine unabdingbare Voraussetzung. Nachdem es aber weder Aufzeichnungen über Begründung noch über Eingriffe in die gegenständlichen Untersuchungsflächen gab, mußte diese Information aus den BHD-Stammscheiben gewonnen werden. Im Zuge der Analysen stellte sich heraus, daß die Untersuchungsflächen ungleichaltriger sind als sie bei der Aufnahme erschienen. Daher galt es zu versuchen, für jede Fläche jenes Alter zu bestimmen, welches einem möglichst ähnlichen gleichaltrigen Bestand entspricht.

Da Altersklassenwälder vorwiegend aus Bäumen der sozialen Stellung 2 (herrschend) bestehen, wurde angenommen, daß man in einem mäßig ungleichaltrigen Wald ein Flächenalter am besten durch die Bildung des arithmetischen Mittels aus dem Alter der Bäume der sozialen Stellung 2 ableiten kann. Der Unterschied zum arithmetischen Mittel aller Bäume einer Fläche betrug nur maximal 2 Jahre.

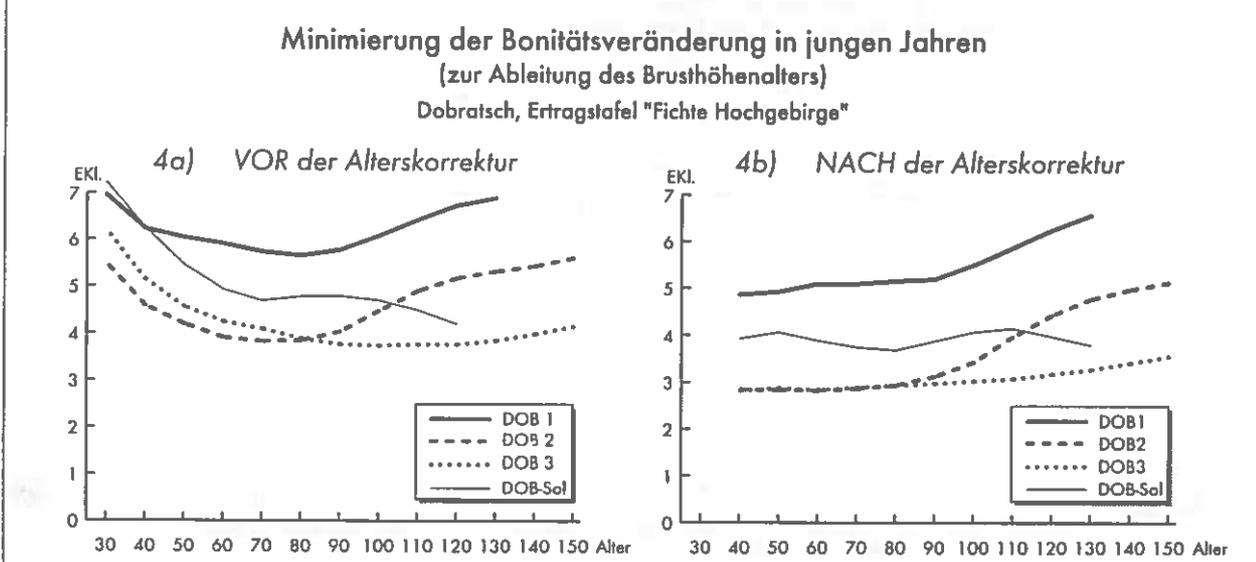
Dieses Vorgehen wäre bei stärker ungleichaltrigen Wäldern kaum mehr vertretbar. Als Grenzkriterium könnte das Überwiegen der sozialen Klasse 2 (nach Stammzahl) dienen. Im Zusammenhang mit der Altersbestimmung stellt sich weiters die Frage, wieviele Jahre bis zum Erreichen der Brusthöhe (1,3 m), in der die erste Stammscheibe entnommen wurde, anzusetzen sind. Durch eine Stockscheibenwerbung wäre zwar die tatsächliche Anzahl von Jahren bestimmbar gewesen, doch wäre auch dann

unbeantwortet geblieben, wieviele Jahre davon dem Verbiß zuzurechnen sind. Am Dobratsch gab es eine zeitweise starke Ziegen- und Rinderweide, die mit großer Wahrscheinlichkeit auch die Untersuchungsflächen betroffen hat. Daher wäre eigentlich das „normale“ Brusthöhenalter (bei unwesentlichem Verbiß) für die meisten Zuwachsvergleiche wünschenswert.

Es wurde zunächst für alle Bäume auf allen Flächen eine provisorische Dauer von 10 Jahren zum Erreichen der Brusthöhe unterstellt. Dann wurde je Fläche ein Vergleich des berechneten Oberhöhenverlaufs mit den Oberhöhenverläufen der am besten passenden Ertragstafel (Kap. 5.3.1) angestellt und die Bonitätsentwicklung über der Zeit aufgetragen. Die so entstandene Abbildung 4a legt eine Verlängerung der Zeitdauer, die zum Erreichen der Brusthöhe unterstellt wurde, nahe.

Im letzten Schritt wurde daher durch Alterskorrektur ein größtmögliches Maß an Übereinstimmung in den ersten mit der Ertragstafel vergleichbaren 20 Jahren hergestellt (Abb. 4b). Daraus ergaben sich die sehr plausiblen, korrigierten Mindestzeiträume zum Erreichen der Brusthöhe von 16 Jahren auf der untersten Fläche, 20 Jahren auf der mittleren, 23 Jahren auf der höchsten Fläche und 22 Jahren bei den Solitären. Diese Jahre wurden nicht nur zum Brusthöhenalter der Oberhöhenstämme, sondern auch zu dem aller Bäume addiert, um dem tatsächlichen Alter jedes Baumes näher zu kommen. Die sich daraus ergebenden Bestandesalter sind demnach auch eher als Mindestalter zu verstehen.

Abb. 4:
Entwicklung der Bonität über dem Alter aus dem Vergleich mit der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ für die drei Flächen und die Solitäre.



4.3.2.2 Bonitätsbestimmung in ungleichaltrigen Beständen

Die übliche Bestimmung der Bonität mittels des Wertepaares Alter und Oberhöhe darf definitionsgemäß nur in gleichaltrigen oder annähernd gleichaltrigen Beständen erfolgen. Für die untersuchten Flächen bedeutet dies, daß man wegen der Ungleichaltrigkeit auf diesen prägnanten Wuchsleistungsparameter verzichten müßte. Deshalb wurde versucht, mit neuen Methoden die Bonität hinreichend genau zu bestimmen.

Den österreichischen Ertragstafeln (MARSCHALL, 1975) wurde die Oberhöhendefinition nach ASSMANN zu Grunde gelegt. Danach ist die Oberhöhe die Höhe des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Stämme pro Hektar. Nachdem sich diese aber nur geringfügig von der arithmetischen Mittelhöhe dieser 100 stärksten Stämme unterscheidet, wird normalerweise letztere als Oberhöhe nach Assmann verwendet.

Man geht im allgemeinen davon aus, daß die Oberhöhenstämme während des gesamten Bestandeslebens die gleichen sind. Demnach müßte man also nur einmal diese stärksten Stämme ermitteln und könnte über deren Stammanalyse die Oberhöhenentwicklung bis zu diesem Zeitpunkt abbilden. Meistens wird man mit einem solchen Vorgehen der tatsächlichen Oberhöhenentwicklung auch sehr nahe kommen. Für eine möglichst genaue Kenntnis derselben muß man aber für jedes einzelne Jahr anhand der Stammanalysedaten überprüfen, ob sich das Kollektiv der Oberhöhenstämme nicht ändert.

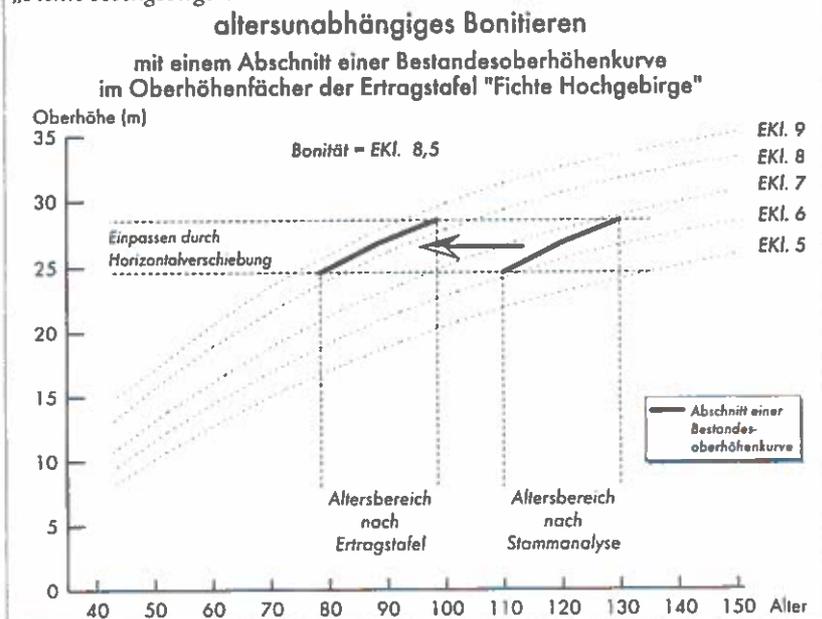
Auf die Tatsache der Änderung des Kollektivs der Oberhöhenstämme im Laufe der Bestandesentwicklung weisen auch ZEIDE und ZAKRZEWSKI (1992) hin.

Sucht man die Oberhöhenstämme in einem ungleichaltrigen Bestand ohne Rücksicht auf deren Alter nur nach dem Durchmesser in Brusthöhe aus, wird man mit großer Wahrscheinlichkeit einige der ältesten Stämme in die Oberhöhenberechnung miteinbeziehen. Diese müssen aber keineswegs zu den Stämmen gehören, die das größte Höhenwachstum hatten. Auf die Bedeutung dieses Faktums für die Bonitätsbestimmung in den ungleichaltrigen Wäldern Kanadas haben auch MAGNUSSEN und PENNER (1996) hingewiesen.

Es wurden daher in jedem einzelnen Jahr über BHD-Höhe sämtliche Durchmesser verglichen und die arithmetische Mittelhöhe der stärksten 100 Bäume je Hektar in jedem Lebensalter errechnet. Somit wird rechnerisch eine Gleichaltrigkeit hergestellt, die es erlaubt, alle Stammanalysenstämme in die Oberhöhenberechnung einzubeziehen. Jene Kurve, die aus den „Einzeljahresoberhöhen“ entsteht, wird in einem zweiten Schritt durch die Bildung eines gleitenden 29jährigen Mittels geglättet. Diese Glättung wird durch die tatsächlich gegebene Veränderung des Kollektivs der Oberhöhenstämme mit dem Alter notwendig. Die Oberhöhenberechnung wird 16 Jahre (wegen des 29jährigen Mittels) vor dem altersbedingten Ausscheiden des jüngsten Oberhöhenstammes abgebrochen, da sich ab diesem Zeitpunkt die Qualität der Oberhöhe verändern würde.

Dieses Vorgehen bringt in durch Druckstand beeinflussen (meist ungleichaltrigen) Beständen allerdings auch den Druckstand der Oberhöhenstämme in der Oberhöhenkurve zum Vorschein, was eine sorgfältige Interpretation der Ergebnisse des herkömmlichen Bonitierens oder eine alternative Bonitieremethode erfordert. Eine solche wird hier vorgestellt, und es wird ihr gegenüber dem herkömmlichen Bonitieren mit Alter und Oberhöhe der Vorzug gegeben (Kap. 5.3.1.2). Sie ist altersunabhängig, da Oberhöhenkurvenabschnitte im selben Höhenbereich in den Oberhöhenfächer der passenden Ertragstafel interpoliert werden (Abb. 5).

Abb. 5:
Schema des Vorgehens bei der Methode des altersunabhängigen Bonitierens mit einem Abschnitt einer Oberhöhenkurve im Oberhöhenfächer der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“.



Dabei wird rechnerisch folgendermaßen vorgegangen: Es wird zunächst ein Abschnitt der Oberhöhenkurve des Bestandes ausgewählt, von dem eine Anfangs- und Endhöhe sowie die dazwischenliegende Zeitdauer bekannt sind. Dann wird aus der passenden Ertragstafel eine Ertragsklasse ausgewählt, deren Oberhöhenverlauf dem des Bestandes entsprechen könnte. Anfangs- und Endhöhe des Abschnittes werden nun jeweils in die nächstgelegenen Wertepaare aus Oberhöhe und Alter dieser Ertragsklasse interpoliert, damit berechnet werden kann, wie lange diese Ertragsklasse gebraucht hätte, um diese Oberhöhendifferenz zu bewältigen. Normalerweise muß dieser Vorgang mit einer anderen Ertragsklasse wiederholt werden, so daß anschließend durch Interpolieren in die Wertepaare Ertragsklasse und Zeitdauer die dem Oberhöhenabschnitt entsprechende Ertragsklasse (auf eine Dezimalstelle genau) bestimmt werden kann.

Diesem Vorgehen liegt die Annahme zu Grunde, daß eine bestimmte Baumart auf einem bestimmten Standort in einer bestimmten erreichten Höhe bei einem bestimmten Standraum unabhängig von ihrem Alter einen bestimmten Höhenzuwachs leistet, wenn sie nicht unter Schirm steht bzw. sich nicht in der darauffolgenden Regenerationsphase befindet. Die genetische Variation wurde also dabei als vernachlässigbar klein angenommen.

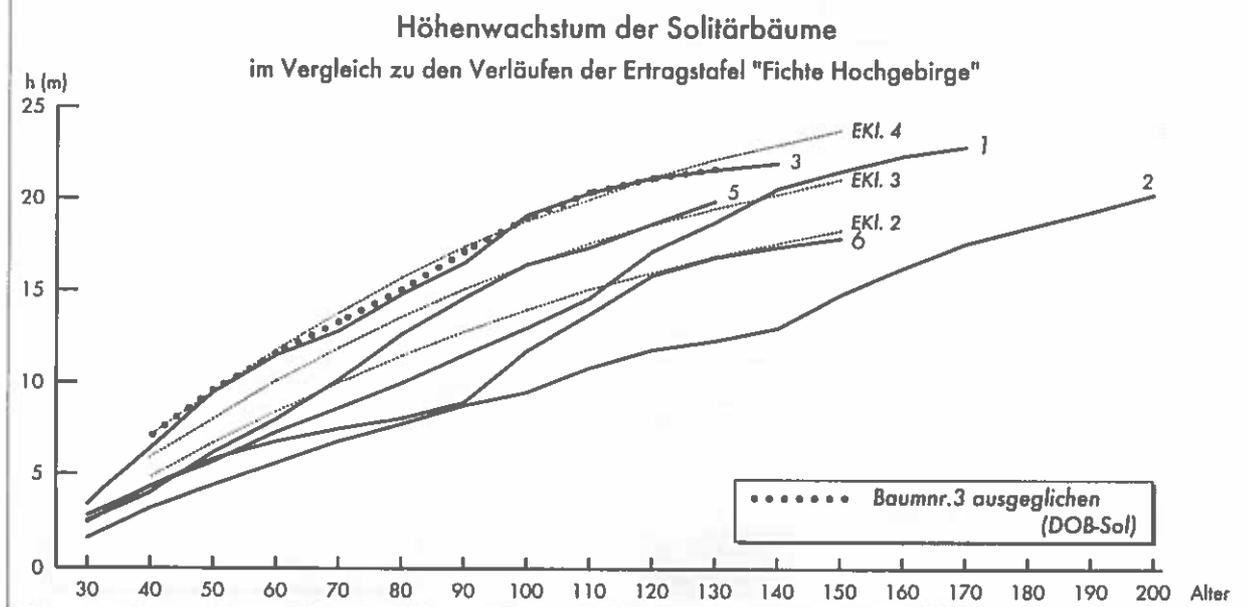
Eine unabdingbare Voraussetzung für diese Methode ist, daß man weiß, welche die passende Ertragstafel ist. Diese kann aus den nicht durch

Druckstand beeinflussten Teilen der Oberhöhenkurven ungleichaltriger Bestände oder vorteilhafter aus der eines Altersklassenwaldes am selben Standort gewonnen werden. Bei der gegenständlichen Untersuchung war die Parzelle 3 aufgrund ihrer im wesentlichen druckstandsfreien Vergangenheit geeignet, die passende Ertragstafel zu bestimmen, wenngleich sich der Oberhöhenverlauf dieser Parzelle ab dem Alter 100 gestreckter als der der Ertragstafel fortsetzt. Dieses Phänomen wurde einer vorzeitigen „Verflachung“ der Ertragstafel-Oberhöhenverläufe zugeschrieben. Die Gültigkeit der so ausgewählten Ertragstafel wurde auch für die anderen beiden Parzellen angenommen.

4.3.2.3 Ableitung einer Art Oberhöhe für die Solitärer Bäume

Für Wuchsleistungsvergleiche mit den Untersuchungsflächen war für die Solitärer Bäume die Ableitung eines Parameters wünschenswert, der mit der Oberhöhe nach ASSMANN einigermaßen vergleichbar ist. Da auf den Untersuchungsflächen die 100 Stärksten pro Hektar zwischen 18 % und 26 % der Stammzahl zum Aufnahmezeitpunkt ausmachten, wurde die Höhenentwicklung des bestwüchsigen Solitärer der 6 erfaßten Bäume (repräsentiert 17 % der Solitärer) als geeignete Basis für eine „Oberhöhenkurve“ erachtet. Die Höhenentwicklungskurve dieses Solitärerbaumes mit der Nummer 3 wurde noch mit dem 29jährigen gleitenden Mittel geglättet. Abbildung 6 zeigt die stark unterschiedlichen Höhenwachstumsverläufe der

Abb. 6:
Höhenwachstumsverlauf der Solitärerfichten mit „Oberhöhenkurve“ (ausgeglichener Verlauf des bestwüchsigen Solitärer) im Vergleich zu den Ertragsklassenverläufen der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“.



Solitäre und die oberhöhenähnliche Behelfskurve (DOB-Sol) im Vergleich zu den ähnlichsten Oberhöhenverläufen der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“.

4.3.3 Ermittlung der ertragskundlichen Kennwerte im Jahr 1992

Die Ermittlung der wesentlichsten ertragskundlichen Kennwerte erfolgte mit einem Programm, welches wahlweise direkt die gemessenen Baumhöhen verwendet oder sie mit verschiedenen Funktionsstypen (Höhenkurven) ausgleicht. Nach Hauptbaumarten und Durchmesserstufen stratifiziert, werden unter anderem Hektarwerte für Stammzahl, Grundfläche und Volumen errechnet. Für die Volumenermittlung werden die Formzahlfunktionen von POLLANSCHÜTZ (1976) verwendet.

Für den Gesamtbestand werden neben dem mittleren H/D-Wert der Durchmesser und die Höhe der 100 stärksten Bäume, sowie der Durchmesser und die Höhe des Kreisflächenmittelstammes ermittelt.

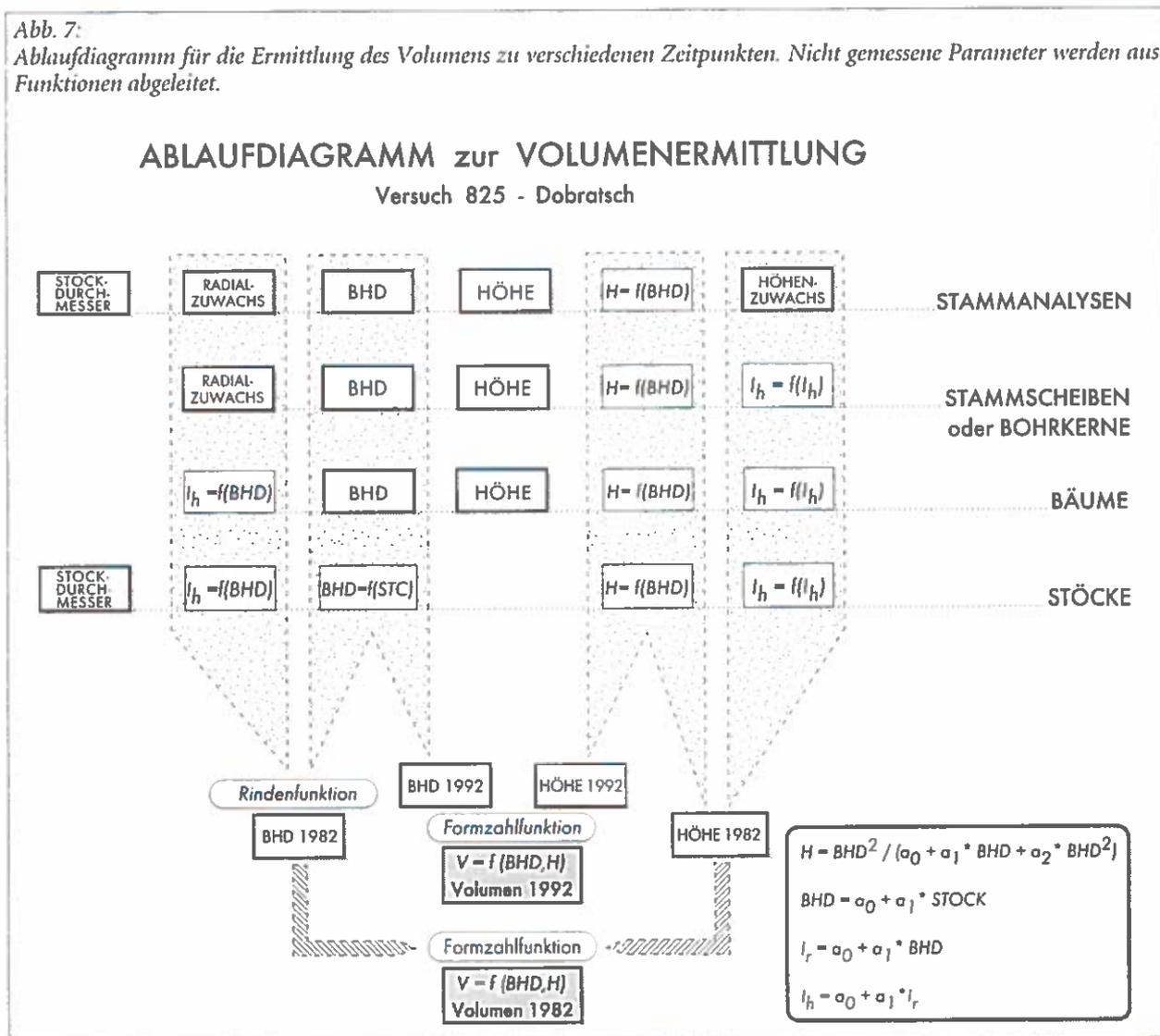
Stehende, abgestorbene Bäume sowie Stöcke werden als ausscheidender Bestand einer bestimmten Periode betrachtet und getrennt ausgewiesen.

4.3.4 Bestimmung der periodischen Zuwachsleistung

Für die einzelnen Aufnahmekollektive waren die Zuwachsparemeter in unterschiedlicher Vollständigkeit vorhanden. Von den Analysestämmen waren der Radial-, Höhen- und Volumenzuwachs bekannt. Von den Bäumen, von denen nur eine BHD-Scheibe oder Bohrkerne gewonnen wurden, war hingegen nur der Radialzuwachs bekannt. Von 18 Bäumen (9 Buchen, 8 Fichten, 1 Lärche) und von den Stöcken fehlte jede direkte Zuwachsinformation. Bei den Stöcken war zusätzlich eine Schätzung des BHD zum Erntezeitpunkt erforderlich.

In Abbildung 7 sind die jeweils erhobenen Parameter und die verwendeten Funktionen zur Ableitung nicht gemessener Werte bzw. zum Ausgleich ge-

Abb. 7: Ablaufdiagramm für die Ermittlung des Volumens zu verschiedenen Zeitpunkten. Nicht gemessene Parameter werden aus Funktionen abgeleitet.



messener oder berechneter Werte in einem Ablaufdiagramm der Volumenermittlung dargestellt. Die Koeffizienten wurden flächenweise getrennt aus Regressionen ermittelt. Für die Höhenkurven wurden alle Bäume mit Höhenmessungen verwendet. Der Zusammenhang zwischen Stockdurchmesser und BHD wurde an den Analysestämmen untersucht. Für die Zuwachsgerade wurden sämtliche Jahrringbreiten (in Brusthöhe) der letzten 10 Jahre verwendet. Zur Ableitung der nicht gemessenen Höhenzuwächse wurde je Fläche eine Regression zwischen allen Jahrringbreiten der letzten 30 Jahre und den dazugehörigen Höhenzuwächsen berechnet.

Für die Zuwachsberechnung wurden 10-Jahresperioden festgelegt. Die Werte wurden für die jeweils 10jährigen Perioden durch dreimaligen Schleifendurchlauf bis 1962 zurückberechnet. Durch die zweimalige Ermittlung des Rindenfaktors zu Beginn und zu Ende der Periode wird der Zuwachs an Rinde mitberücksichtigt. Der Erntezeitpunkt der Bäume, von denen Stöcke vorhanden waren, wurde vor Ort anhand der Stöcke gutachtlich einem der letzten drei Dezennien zugeordnet und ein Ausscheiden in der Periodenmitte unterstellt. Die Ableitung von nicht gemessenen Werten wurde ausschließlich für die Ermittlung der flächenbezogenen Zuwachsleistung (siehe Abschnitt 5.3.2) angewendet.

4.3.5 Ableitung dendrochronologischer Parameter

Die „jährliche Sensitivität“ (S_i) ist die Differenz zweier aufeinanderfolgender Jahrringbreiten (R_i und R_{i-1}) in Relation zu ihrem Mittelwert (WIDMANN und AVE MARK, 1988) und ist dementsprechend eine Maßzahl für die Kurzzeitvariationen mit Richtungsangabe. Diese Relativierung ermöglicht es, verschiedene Jahrringdiagramme mit unterschiedlichem Zuwachsniveau untereinander zu vergleichen bzw. daraus Mittelwerte zu errechnen. Sie kann im Extremfall Werte von -2 oder +2 erreichen, wenn ein Jahrring ausfällt.

Die „mittlere Absolutsensitivität“ (AS_j) eines Baumes j als arithmetisches Mittel der Absolutbeträge der jährlichen Sensitivität für eine bestimmte Periode oder über das Gesamtalter kann als vorzeichenloses Maß der Zuwachsreaktionen („Reaktionsfreude“) des Baumes auf Wachstumsfaktoren interpretiert werden.

Die „jährliche Standortssensitivität“ (SS_i) als Mittelwert aller Bäume eines Standorts oder einer Region zeigt in Größe und Richtung die durchschnittliche Reaktion des betrachteten Kollektivs auf

lokale oder regionale Einflüsse im betrachteten Jahr, die „jährliche Absolutstandortssensitivität“ (ASS_i) ergibt sich aus der Mittelung der Absolutbeträge aller Einzelbaumsensitivitäten eines Standortkollektivs.

Die Relativierung von $SS_i/ASS_i \cdot 100$ ergibt den „Sensitivitätsindex“ (SI), der die Einheitlichkeit der Wuchsreaktionen im betrachteten Jahr mit Werten zwischen +100 % und -100 % widerspiegelt. Wenn alle Variationen in einem Jahr gleichgerichtet verlaufen, so erreicht der Sensitivitätsindex seinen Maximalwert von 100 %.

Die „mittlere Absolutstandortssensitivität“ ($mASS$) mehrerer Bäume über längere Zeit soll die Standortsbedingungen charakterisieren. FRITTS (1976) konnte zeigen, daß niedrige Werte ausgeglichene Verhältnisse anzeigen, während hohe Werte extremere Standorte charakterisieren. Eine Verifizierung dieses für nordamerikanische Verhältnisse gültigen Zusammenhangs für die im allgemeinen weniger extremen Verhältnisse in Mitteleuropa ist bisher noch nicht gelungen. Die aus der Sensitivität ableitbaren Werte können also auf verschiedene Weise praktische Anwendung finden.

Die mittlere Absolutsensitivität verschiedener Lebensabschnitte eines Baumes kann möglicherweise die Veränderung der Einwirkungsstärke äußerer Faktoren abbilden. Niedrige Werte sollten ein ausgeglichenes Klima und höhere Werte ein stärker schwankendes charakterisieren.

Durch den Vergleich der mittleren Absolutstandortssensitivitäten verschiedener Standorte könnten die von FRITTS gefundenen Zusammenhänge bestätigt werden. Weiters ist der Sensitivitätsindex ein Hilfsmittel zum Auffinden von Weiserjahren und erleichtert damit die Synchronisierung von Jahrringdiagrammen.

5. Ergebnisse

5.1 Bestandessituation im Jahr 1992 (Abb. 8)

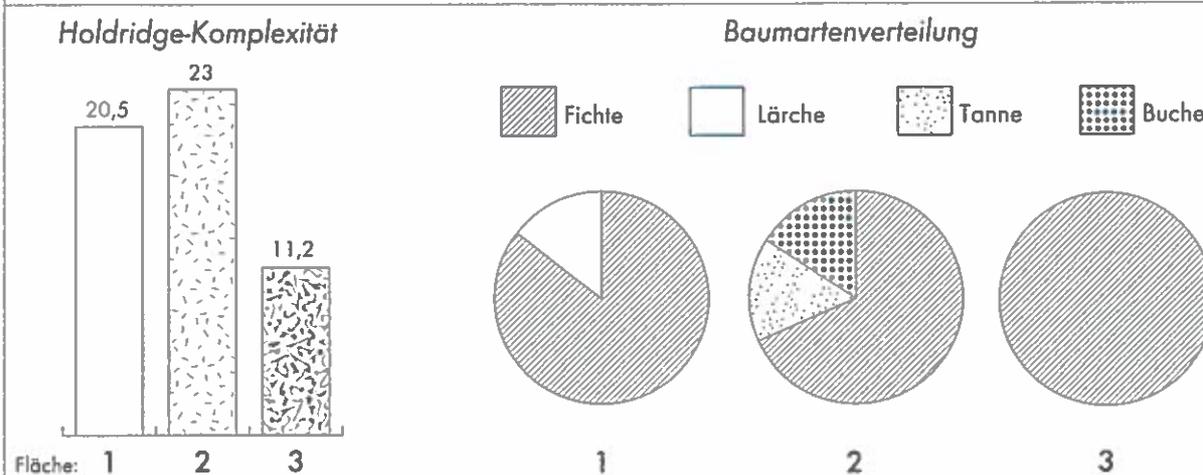
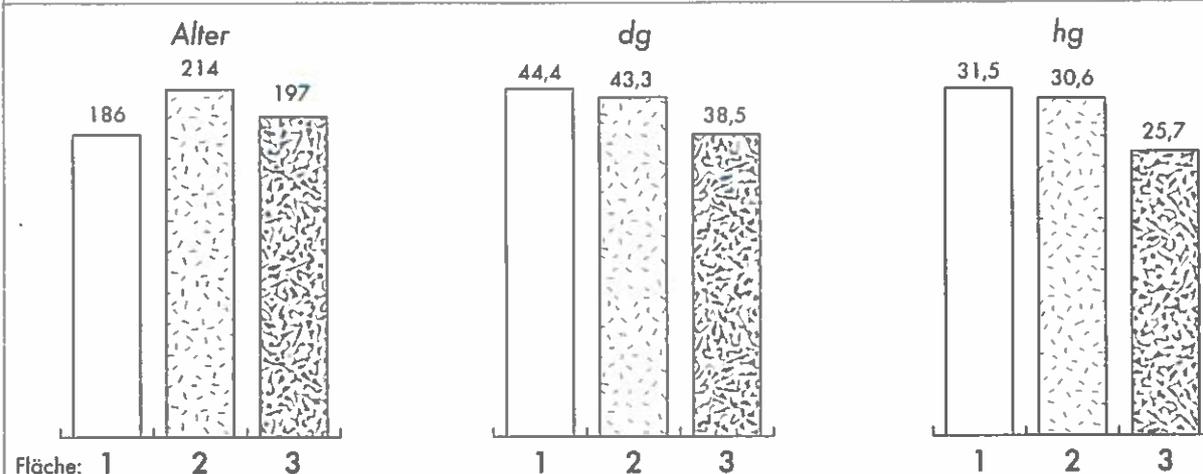
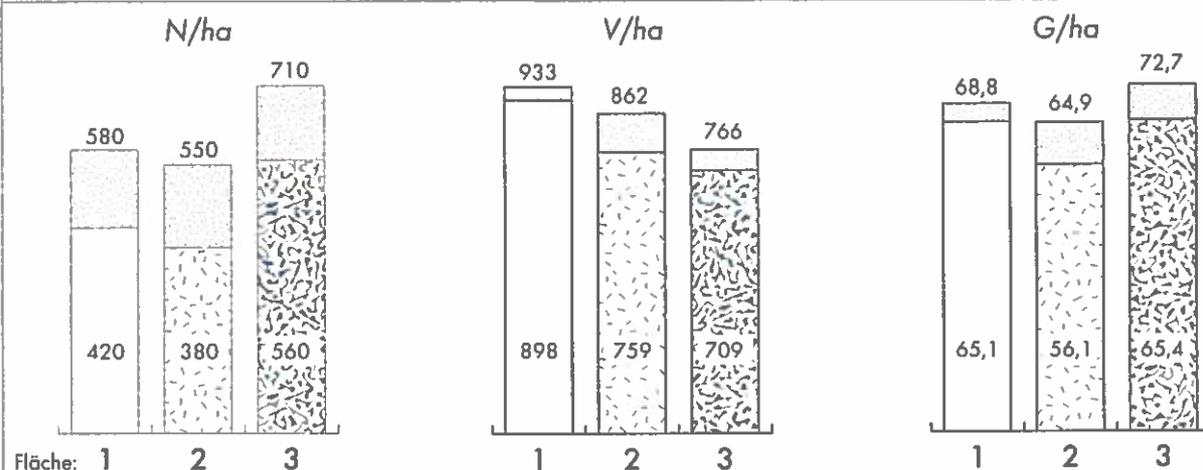
Die Fläche 1 ist mit einer Seehöhe von 1040 m die tiefstgelegene Untersuchungsfläche am Dobratsch. Sie ist nordexponiert, wurde der Geländeform Oberhang zugezählt und weist mit 40 % die stärkste Neigung aller Untersuchungsflächen auf. Es wurden 420 lebende Bäume pro Hektar angetroffen, wobei es sich vor allem um Fichten (360) handelte, denen

Abb. 8:
Gegenüberstellung einiger wichtiger Kenngrößen der Untersuchungsflächen zum Aufnahmezeitpunkt 1992. N/ha... Stammzahl pro Hektar, V... Vorrat in Vfm, G... Bestandesgrundfläche in m², dg und hg... Durchmesser und Höhe des Grundflächenmittelstammes.

Allgemeine Beschreibung der Bestände 1992

Fläche 1: 1040 m Seehöhe
Fläche 2: 1240 m Seehöhe
Fläche 3: 1650 m Seehöhe

 ausgeschieden 1973-1992



Lärchen (60) beigemischt waren. Allein aus dieser Baumartenzusammensetzung wird der anthropogene Einfluß offenbar, da es sich natürlicherweise um eine Fichten-Tannen-Buchen-Waldgesellschaft handeln muß. Als stehend tot wurden 100 Fichten und 10 Tannen erfaßt, was mit Abstand die höchste Zahl an abgestorbenen Bäumen aller 3 Flächen bedeutet. Dafür konnten allerdings nur 50 relativ frische (bis ca. 20 Jahre alte) Fichtenstöcke pro Hektar aufgefunden werden, was wiederum mit Abstand die niedrigste Stockanzahl aller Flächen ist. Dem hohen Flächenalter von 186 Jahren sowie dem starken Grundflächenmittelstamm (BHD = 44,4 cm, Höhe = 31,5 m) entsprechend, sind der Vorrat mit 898 Vfm und die Grundfläche mit 65,1 m² hoch. In den letzten 20 Jahren ist nur sehr wenig Masse (35 Vfm) und Grundfläche (3,7 m²) durch Absterben und Entnahme ausgeschieden.

Die 200 m höher gelegene Fläche 2 (1240 m) hat mit 214 Jahren das höchste Flächenalter aller drei Untersuchungsflächen und ist gleichzeitig die stammzahlärmste (380/ha). Deshalb dürfte die Bestandesgrundfläche (56,1 m²), aber auch der Vorrat (759 Vfm), gemessen an den anderen beiden Flächen, eher gering sein. Diese Fläche weist zwar einen im Vergleich zum natürlichen Fichten-Tannen-Buchen-Wald zu großen Fichtenanteil (260/ha) gegenüber der Tanne (60/ha) und der Buche (60/ha) auf, hat aber dennoch den natur-nächsten Zustand aller Flächen, was auch der Komplexitätsindex nach HOLDRIDGE (1967) unterstreicht. Er ist mit 23 der höchste Index aller Flächen. Die ehemals schlechteste Erreichbarkeit dieser 30 % geneigten, nordexponierten Fläche mit Mittelhangcharakter dürfte dafür mit ein Grund sein. Die im Vergleich zu den anderen beiden Flächen zahlreichsten Stöcke der Fläche 2 (130 Fichten- und 10 Buchenstöcke) bei nur 30 stehend tot angetroffenen Buchen pro Hektar gehen mit der größten Reduktion an Vorrat (103 Vfm) und Grundfläche (8,8 m²) in den letzten 20 Jahren einher. Entsprechend dem hohen Alter ist der Grundflächenmittelstamm beinahe so stark (BHD = 43,3 cm) und hoch (30,6 m) wie der der Fläche 1.

410 Meter höher (1650 m) liegt die 197 Jahre alte Fläche 3, die höchstgelegene Untersuchungsfläche. Sie ist ostexponiert, nur mäßig geneigt und hat Mittelhangcharakter. Als reiner Fichtenbestand ist sie mit 560 Fichten gleichzeitig die mit Abstand stammzahlreichste wie auch gleichförmigste (Holdridge-Komplexität = 11,2), wenn auch die natürliche Waldzusammensetzung an der Grenze

zwischen hochmontanem und subalpinem Bereich Fichte mit nur beigemischter Tanne, und somit artenarm wäre. Der Grundflächenmittelstamm ist deutlich schwächer (BHD = 38,5 cm) und vor allem niedriger (25,7 m), was sich auch im niedrigsten Vorrat (709 Vfm) bei gleichzeitig höchster Bestandesgrundfläche (65,4 m²) aller 3 Untersuchungsflächen niederschlägt. Und das, obwohl 120 Fichtenstöcke und 30 stehend tot angetroffene Fichten eine nur etwas geringere ausscheidende Grundfläche (7,3 m²) als auf der Fläche 2 bezeugen. Der ausscheidende Vorrat (57 Vfm/ha) ist aufgrund der geringeren Baumhöhen aber deutlich geringer als auf der mittleren Fläche.

5.1.1 Bestandesstruktur

5.1.1.1 Altersstruktur

Über die Altersverteilung auf den drei Untersuchungsflächen können relativ genaue Aussagen gemacht werden, da auf der Fläche 1 81 %, auf der Fläche 2 82 % und auf der Fläche 3 96 % aller lebenden Bäume bezüglich ihres Brusthöhenalters erfaßt sind und die Mindestdauer zum Erreichen der Brusthöhe abgeleitet wurde (Kap. 4.3.2.1). Für Fichte (92-96 %) und Tanne (100 %) können sehr gute, für die Lärche nur bedingt (17 %) und die Buche gar keine Altersangaben gemacht werden. Auch von den meisten (65 %) stehend tot aufgenommenen Bäumen ist das Lebensalter bekannt.

Die Altersspreitung nimmt von der untersten zur obersten Fläche deutlich ab (Abb. 9). Während auf der Fläche 1 die altersmäßig erfaßten lebenden Nadelbäume 146 bis 237 Jahre alt sind (91 Jahre Spreitung), sind sie auf der Fläche 2 182 bis 248 (66 Jahre Spreitung) und auf der Fläche 3 158 bis 212 Jahre alt (54 Jahre Spreitung). Obwohl die Fläche 1 jünger als die Fläche 3 ist, hat sie deshalb dennoch ein paar ältere Bäume als die oberste Fläche.

Eine Analyse der Altersstruktur der stehend tot angetroffenen Bäume ergab, daß es sich zum allergrößten Teil um Bäume am unteren Rand des Altersspektrums handelt. Auch die Baumhöhen waren unterdurchschnittlich, sodaß man daraus ableiten kann, daß diese Bäume Opfer mangelnder Lichtversorgung waren.

Teilt man alle lebenden Bäume, von denen das Alter bekannt ist, in Altersklassen ein (Abb. 9), kann man Rückschlüsse auf die Bestandesgeschichte ziehen. Eine besonders starke Altersklasse zeigt an, daß es bei ihrer Entstehung günstige Bedingungen für Ansamung und Jugendentwicklung gegeben

Abb. 9:
Verteilung der Bäume der Untersuchungsflächen auf Altersklassen zu je 10 Jahren.

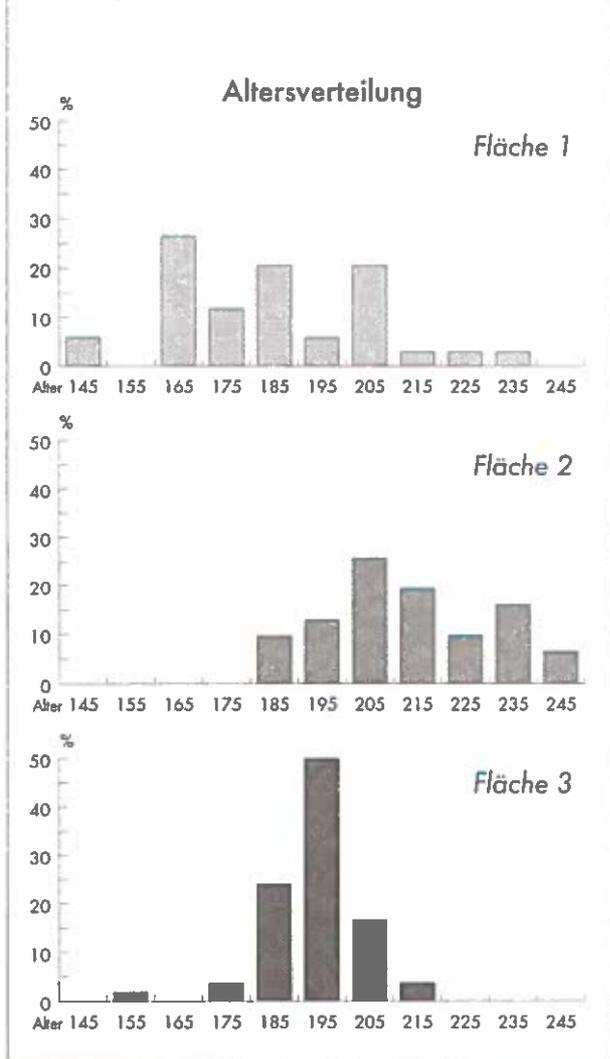
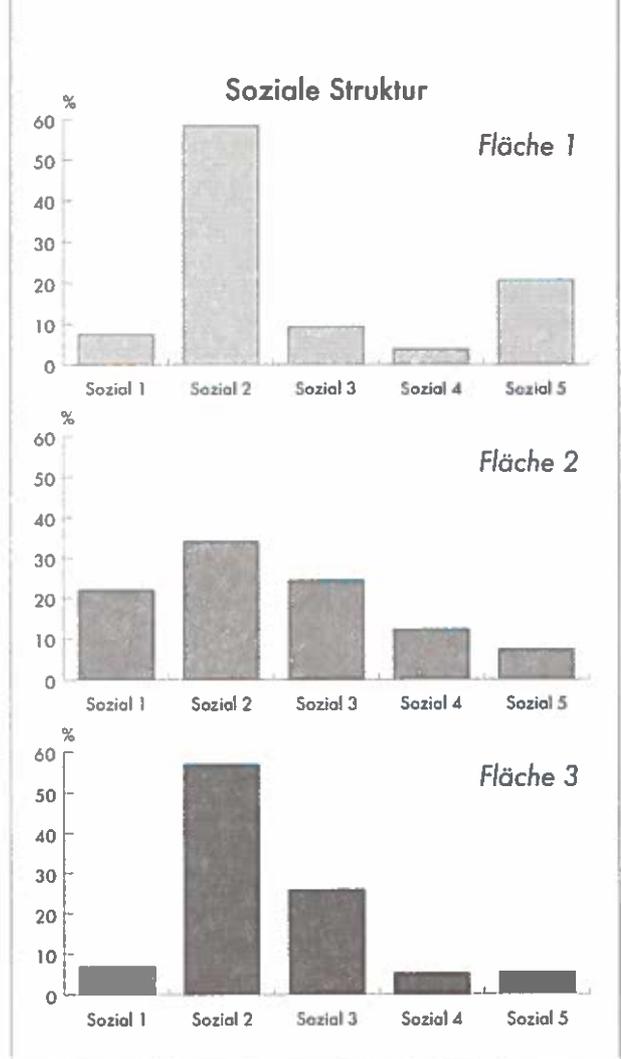


Abb. 10:
Verteilung der Bäume der Untersuchungsflächen auf soziale Klassen.



haben muß, wie es normalerweise nach Holzentnahmen bei ausreichend niedrigem Verbißdruck der Fall ist. Die drei mit Abstand größten Säulen der Fläche 1 für den Altersbereich 160-169, 180-189 und 200-209 Jahre lassen darauf schließen, daß wohl der größte Teil des Vorbestandes im Abstand von ca. 20 Jahren zu drei verschiedenen Zeitpunkten genutzt wurde. Einzelstammweise bis femelartige Nutzung dürften also den Bestandaufbau der Fläche 1 bewirkt haben.

Bei der Altersverteilung der Fläche 2 fallen zwei „Gipfel“ auf. Diese lassen auf stärkere Eingriffe in den Vorbestand vor ca. 215 und 240 Jahren schließen. Die schlechtere Bringbarkeit des Holzes auf dieser Fläche dürfte die schnellere, aber doch selektive Endnutzung mitverursacht haben.

Die höchstgelegene Fläche entstand vor etwa 200 Jahren entweder nach flächiger Nutzung des

Vorbestandes oder durch Auffüllen der natürlichen Verjüngung auf einer ehemaligen Rinderwaldweidefläche. Aufgrund der auch hier vorhandenen Altersspreitung muß angenommen werden, daß ein guter Teil der Bestandesbegründung natürlich erfolgte.

5.1.1.2 Soziale Struktur

Eine Einteilung der Bäume in soziale Klassen gemäß der Klassifizierung von KRAFT hebt die Fläche 2 von den anderen beiden Flächen ab (Abb. 10). Bei ihr gibt es auffällig weniger Bäume der sozialen Stellung 2 (herrschend) und mehr der sozialen Stellung 1 (vorherrschend) und 4 (beherrscht). Die relativ gleichmäßigste Verteilung spiegelt die größte vertikale Differenzierung dieser mittleren Fläche wider.

Dagegen zeichnen sich die unterste und die oberste Fläche durch eine eindeutige Dominanz der Bäume der sozialen Stellung 2 und eine schwache Klasse 1

aus. Diese beiden Flächen ähneln dadurch Beständen aus dem Altersklassenwald, was vor allem für die Fläche 1 aufs erste erstaunlich ist, da sie doch die bei weitem größte Altersspreitung besitzt. Berücksichtigt man aber, daß auf dieser Fläche ein höheres Alter kaum eine größere Höhe bedeutet (Abb. 15), ist diese Sozialstruktur eher verständlich.

Der auffällig große Anteil von Bäumen der sozialen Klasse 5 auf der Fläche 1 dürfte damit zusammenhängen, daß dort in den letzten 30 Jahren viel weniger genutzt wurde als auf den anderen beiden Flächen.

5.1.1.3 Textur

Die Kronenkarten der drei Flächen (Abb. 11-13), die durch den Ausgleich von 16 je Baum gemessenen Kronenradien durch eine Splinefunktion entstanden sind, zeigen erhebliche Unterschiede in bezug auf räumliche Verteilung der Kronen, Kronengröße und somit auch Überschirmung. Die Kronenkarte der obersten Fläche hebt sich von denen der anderen beiden Flächen besonders ab. Trotz der bei weitem höchsten Stammzahl hat sie mit 18 % den mit Abstand kleinsten Überschirmungsgrad. Dieser erklärt sich aus den viel schmälere Kronen. Der quadratisch gemittelte Kronenradius der Hauptbaumart Fichte ist hier nur 1,03 m groß, woraus sich eine mittlere, horizontal projizierte Kronenfläche von 3,3 m² ableitet. Es fällt weiters auf, daß die Kronendurchmesser stark variieren, was durch den höchsten Variationskoeffizienten (42 %) der drei Flächen auch unterstrichen wird. Die Fläche macht insgesamt einen räumigen Eindruck. Eine Rottenstruktur, wie sie aufgrund der Nähe zur subalpinen Höhenstufe zu erwarten war, ist deutlich erkennbar.

Die unteren beiden Flächen ähneln einander. Der Überschirmungsgrad ist mit 61 % auf der Fläche 2 nur

Abb. 11:
Baumverteilungsplan für Fläche 1 (1040 m): für lebende Bäume mit Kronenprojektion und BHD, für Stöcke und tote Bäume nur Lagedarstellung.

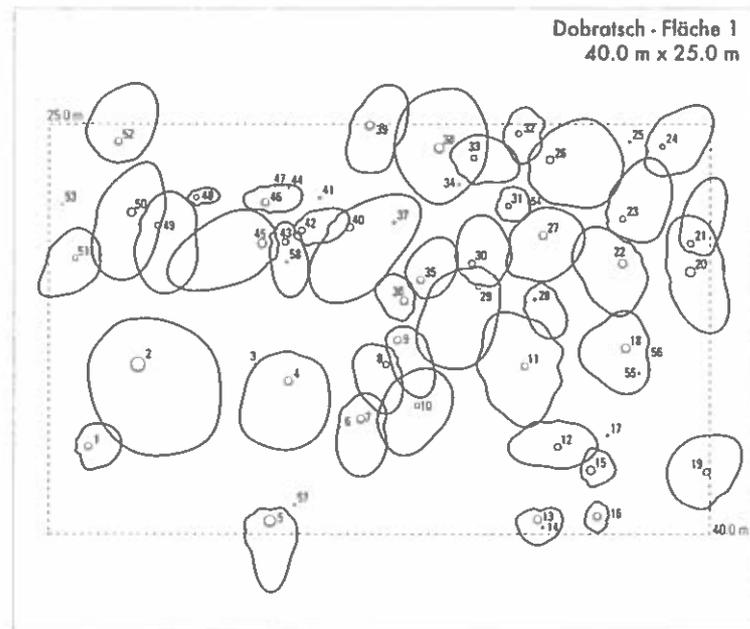
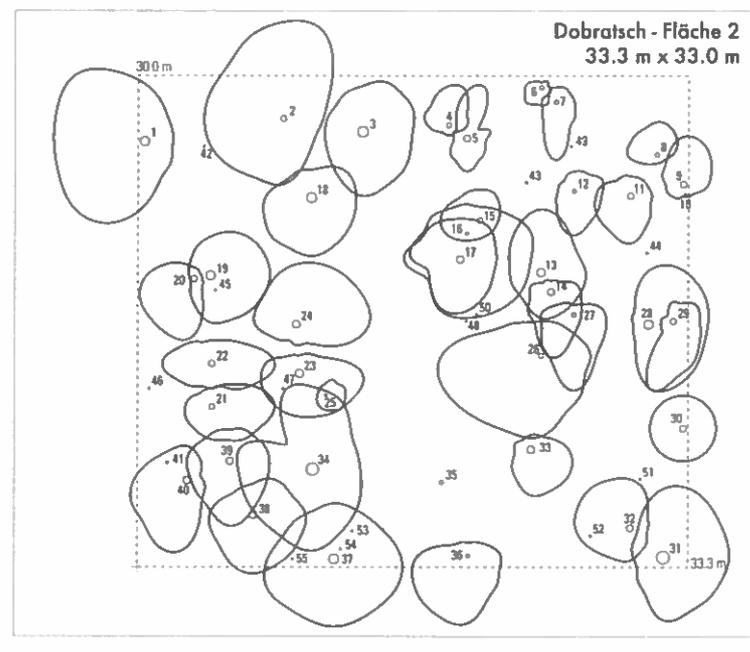
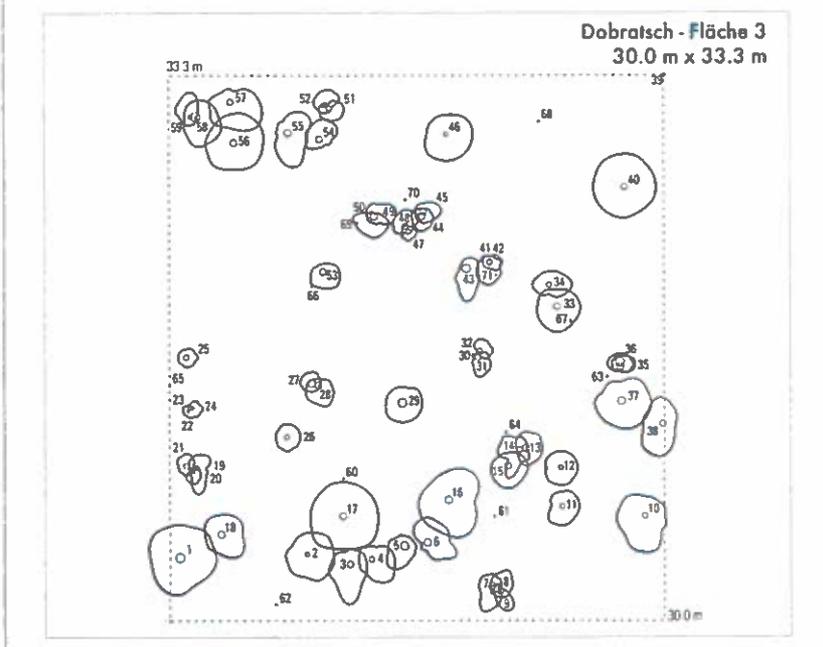


Abb. 12:
Baumverteilungsplan für Fläche 2 (1240 m): für lebende Bäume mit Kronenprojektion und BHD, für Stöcke und tote Bäume nur Lagedarstellung.



wenig größer als der der Fläche 1 mit 59 % und damit fast 3,5 mal größer als auf der Fläche 3. Die Bäume sind auf beiden Flächen relativ gleichmäßig verteilt, wengleich es ein paar Lücken gibt und der Eindruck entsteht, daß das Produktionspotential des Bodens bei weitem nicht ausgenutzt wird. Die Variation im Kronendurchmesser der Fichte ist mit 33 % (Fläche 1) und 34 % (Fläche 2) fast gleich. Der quadratisch

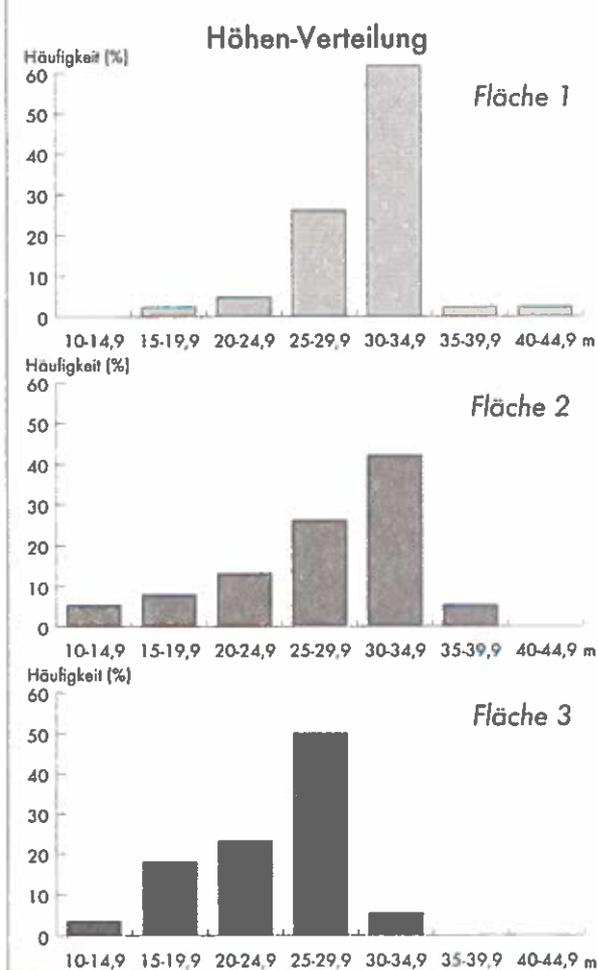
Abb. 13:
Baumverteilungsplan für Fläche 3 (1650 m): für lebende Bäume mit Kronenprojektion und BHD, für Stöcke und tote Bäume nur Lagedarstellung.



gemittelte Kronenradius der Fichte ist jedoch auf der Fläche 2 mit 2,45 m deutlich größer als auf der Fläche 1 mit 2,02 m, was sich einerseits aus der um 40 geringeren Stammzahl pro Hektar und andererseits aus der größeren Anzahl an vorherrschenden Fichten ergibt.

Vergleicht man die Summen der projizierten Kronenflächen mit den Summen der (ein- oder mehrfach) überschirmten Flächen, wird offenbar, daß es auf der Fläche 2 die größte Überlappung der Kronen gibt: Während auf der Fläche 1 die Differenz nur ca. 15 m² und auf der Fläche 3 nur ca. 45 m² beträgt, sind es auf der Fläche 2 immerhin 190 m². Diese größte Überlappung wird durch das Vorhandensein der Buche erklärt.

Abb. 14:
Verteilung der Bäume der Untersuchungsflächen auf Baumhöhenstufen zu je 5 m.



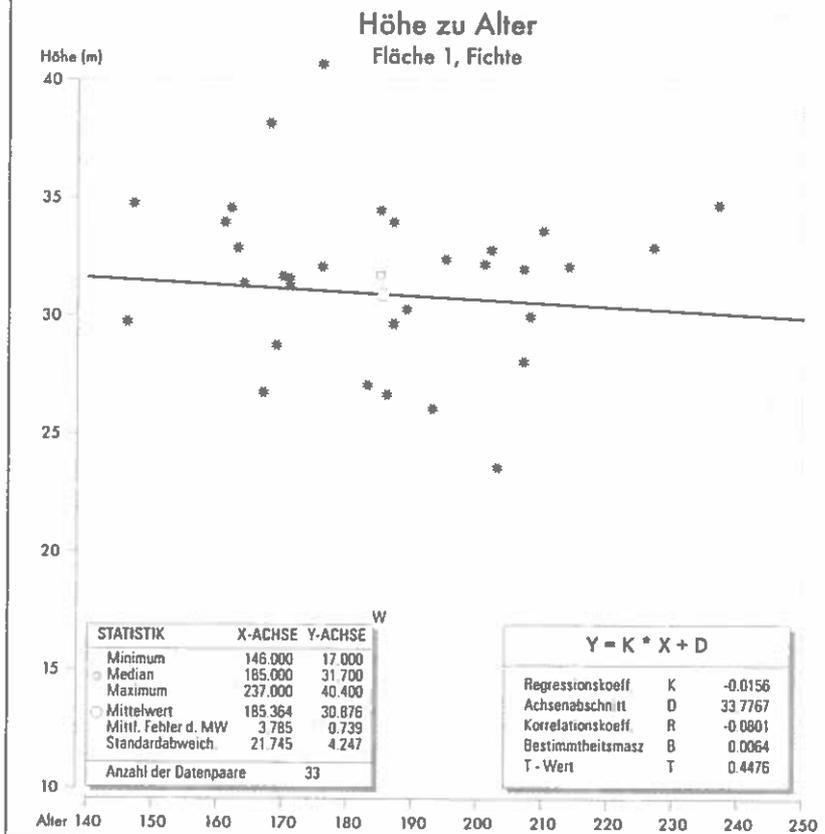
5.1.1.4 Höhenstruktur

Die Höhenstruktur spiegelt die Verteilung auf soziale Klassen wider. Deshalb haben die Flächen 1 und 3 stärker hervortretende stärkste Klassen und die Fläche 2 eine insgesamt ausgeglichene Verteilung der verschiedenen Höhenklassen (Abb. 14). Der Eindruck der „Einschichtigkeit“, den man normalerweise gleichaltrigen Beständen zuschreibt, mußte auf der untersten Fläche am stärksten entstanden sein, da dort ca. 90 % aller Bäume einem Höhenbereich von nur 10 m (25-35 m) angehören und diese Variation wegen der größten Höhen weniger auffällig ist. Die Altersspreitung scheint in diesen Beständen also nur wenig Einfluß auf die Höhenstreuung zu haben.

Trotz ähnlicher Sozialstruktur auf der obersten Fläche ist die Höhenverteilung ausgeglichener. Die lückige, rottenartige Struktur läßt soziale Klassen unabhängiger von der Baumhöhe werden, andererseits müssen die Höhenklassen unterhalb der Haupt Höhenklasse schon allein wegen der niedrigeren Mittelhöhe stärker besetzt sein.

Die Beziehungen zwischen Baumhöhe und Alter (Abb. 15-17) für die beiden tiefer gelegenen Flächen bringen zum Ausdruck, daß die ältesten Bäume in ungleichaltrigen Beständen nicht immer die höchsten sein müssen (Kap.4.3.2.2). Der negative Zusammenhang zwischen Alter und Höhe ist allerdings nicht gesichert. Oft handelt es sich bei den ältesten Bäumen wohl um solche, die aufgrund geringer Dimension bei Einzelstammentnahmen nicht ausge-

Abb. 15:
Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen Höhe und Alter für die Fläche 1.

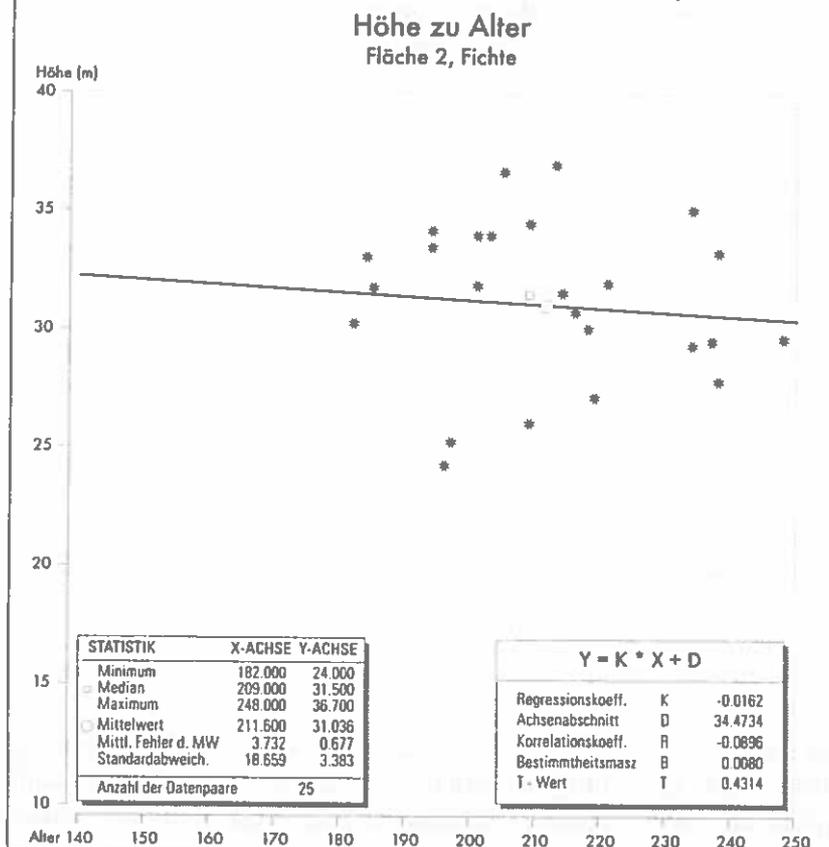


wählt wurden. Bei der höchstgelegenen, einem Altersklassenwald ähnlichsten Fläche 3 ist hingegen ein Anstieg der Baumhöhe mit dem Alter selbst dann feststellbar, wenn der mit Abstand jüngste Baum in der Korrelation nicht berücksichtigt wird.

5.1.1.5 BHD-Verteilung

Auch in der BHD-Struktur erweist sich die Fläche 2 als die vielfältigste, die Flächen 1 und 3 haben wiederum ausgeprägtere Spitzen in der BHD-Klassenverteilung (Abb. 18). Selbst die Fläche 3, die die geringste Bandbreite an Durchmesser aufweist, hat noch Brusthöhendurchmesser zwischen 22 und 55 cm. In den letzten 10 Jahren vor der Aufnahme sind auf allen Flächen nur Bäume der schwächeren BHD-Klassen gerntet worden oder abgestorben.

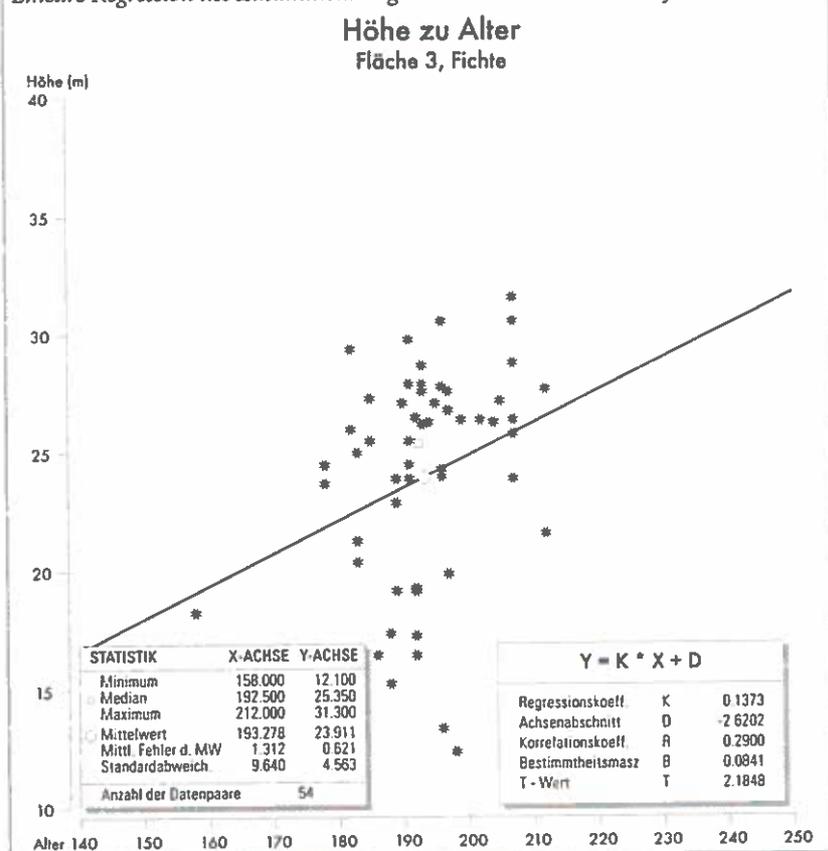
Abb. 16:
Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen Höhe und Alter für die Fläche 2.



5.1.2 Bestandesdichte

Um Ertragsleistungsvergleiche zu objektivieren, wurden für die drei Untersuchungsflächen zwei verschiedene Bestandesdichtemaße, nämlich der CCF („Crown Competition Factor“ nach KRAJICEK ET AL. (1961) unter Verwendung der Funktionen für Solitärkronen von HASENAUER ET AL. (1994) und der SDI („Stand Density Index“ nach REINEKE (1933), errechnet. Andere herkömmliche Bestandesdichtemaße, wie der mittlere H/D-Wert oder die mittlere Kronenmantelfläche, schieden wegen ihrer stärkeren Seehöhen- und Altersabhängigkeit aus. Der CCF und der SDI berücksichtigen aber die unterschiedliche räumliche Verteilung der Bäume und somit die durchschnittliche Konkurrenzsituation des Einzelbaumes nicht, was vor allem für die oberste Fläche mit der Rottenstruktur zu Aussageverzerrungen führen muß.

Abb. 17:
Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen Höhe und Alter für die Fläche 3.



Da SDI für Reinbestände entwickelt wurde, darf er streng genommen auf den unteren beiden Untersuchungsflächen des Dobratsch keine Anwendung finden. Weil aber auch dort hauptsächlich Fichte die Bestände bildet und eine Umrechnung der SDI-Werte der anderen Baumarten in SDI-Werte der Fichte für eine Dichteabschätzung vertretbar schien, wurde auf diesen Parameter nicht verzichtet.

Die Umrechnung erfolgte auf der Basis der Verhältnisse ertragstafelkonformer SDI-Werte der verschiedenen Baumarten zueinander. Aus den Ertragstafelmodellen ergeben sich z.B. für Fichte Werte zwischen 900 und 1100 und für Lärche 500 bis 600 (STERBA, 1991). Beispielsweise errechnet sich auf der Fläche 1 für Lärche ein SDI von 153, das sind 28 % eines „mittleren“ SDI-Wertes der Ertragstafel (550). Der gleiche Prozentsatz des „mittleren“ SDI-Wertes der Ertragstafeln für Fichte (1000) ergibt 280. Addiert man nun diesen Wert zum tatsächlichen SDI der Fläche 1 für Fichte, erhält man einen SDI, der einem Fichtenreinbestand etwa gleicher Dichte entsprechen sollte.

Die Abbildung 19 verdeutlicht die Relationen der Werte des CCF und des SDI zwischen den Flächen. Beide Parameter weisen für die mittlere Fläche die niedrigsten Dichtewerte auf. Die Werte des CCF

liegen sehr nahe beieinander, während der SDI eine etwas größere Dichtespreitung beschreibt. Als dichteste Fläche wird vom CCF die Fläche 3 (knapp vor der Fläche 1) und vom SDI die Fläche 1 (knapp vor der Fläche 3) ausgewiesen.

Nachdem sich für Fichtenreinbestände SDI-Werte zwischen 900 und 1100 ergeben, wenn sie eine den Ertragstafeln entsprechende Dichte aufweisen, kann man die Flächen 1 (SDI=1182) und 3 (SDI=1122) als eher zu dicht bezeichnen, während die Fläche 2 (SDI=945) gerade noch „Ertragstafeldichte“ hat. Die Rottenstruktur der obersten Fläche bedeutet für den Einzelbaum dort wohl das höchste Niveau an nachbarlicher Konkurrenz der drei Flächen, die aber dennoch als Voraussetzung für den notwendigen Schutz gegen Witterungsexreme günstig zu bewerten ist.

5.1.3 Stammschäden

Durch die Stammscheibengewinnung konnten hohlfaulen Bäume, also Bäume mit nicht mehr vorhandenem Kernbereich, als solche erkannt werden. Zusätzlich zu den Aufzeichnungen über okular ansprechbare, jüngere Stammschäden standen also auch Informationen über länger zurückliegende Stammschäden und oberflächennahe Wurzelschäden zur Verfügung. Der Prozentsatz an hohlfaulen Bäumen wird in Abbildung 20a dargestellt und ist auf der Fläche 1 mit mehr als 20 % aller Nadelbäume auffällig hoch. Das dürfte sich teilweise aus der besonders starken Schädigung der talnahen Bestände infolge händischer Bringung des aus selektiver Nutzung dieser Fläche und der darüberliegenden Bestände stammenden Holzes erklären.

Man kann davon ausgehen, daß das Vorhandensein von Hohlfäule in einem Bestand ein beträchtliches Ausmaß an zusätzlichen Weich- und Hartfäulen bedeutet. So gesehen besteht die Fläche 1 wohl zum überwiegenden Teil aus mehr oder weniger faulen Bäumen.

In der Abbildung 20b wird der Prozentsatz an jüngeren, also noch von außen feststellbaren Stammschäden dargestellt. Hier hebt sich die mittlere

Abb. 18: Verteilung der Bäume der Untersuchungsflächen auf BHD-Klassen.

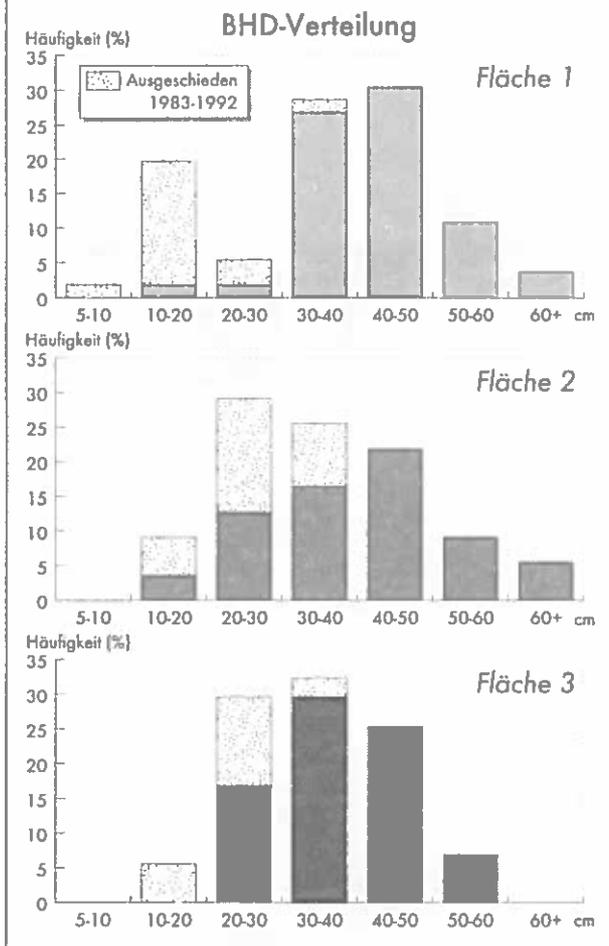
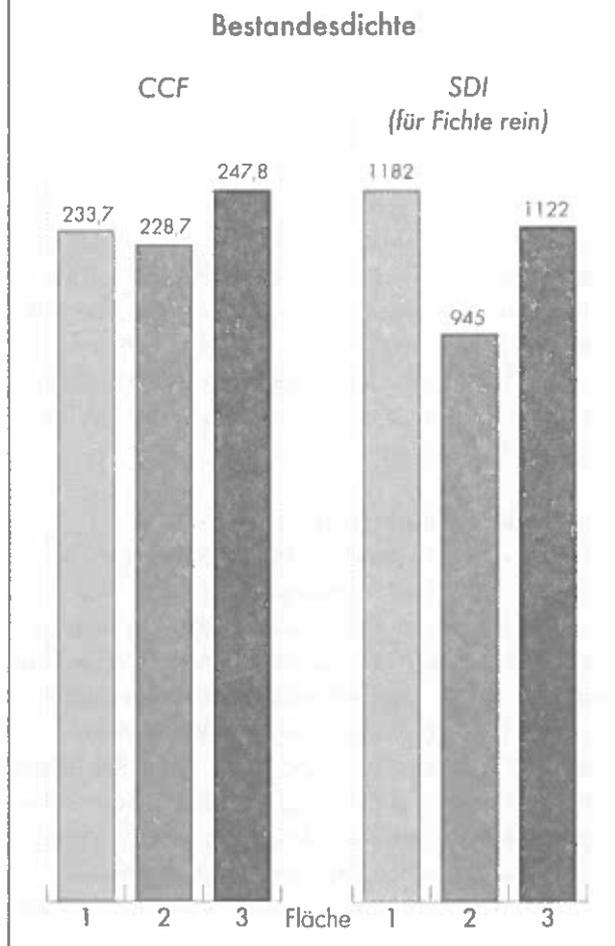
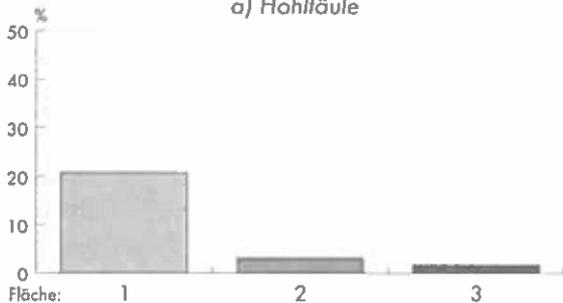


Abb. 19: Bestandesdichte der Untersuchungsflächen nach zwei verschiedenen Dichtemaßen: CCF... Crown Competitionfactor, SDI... Stand Density Index.



Stammschäden nur Nadelbäume

a) Hohlfäule



b) jüngere Stammschäden

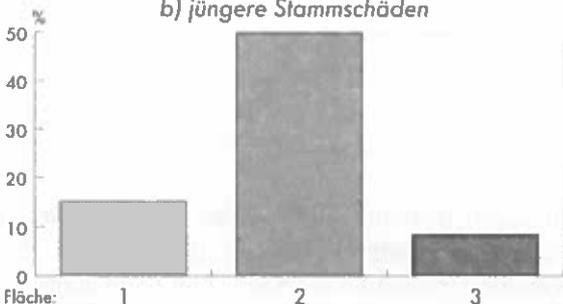
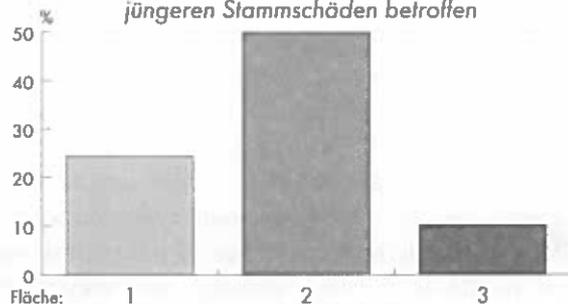


Abb. 20: Stammschadenhäufigkeit an den Nadelbäumen, getrennt nach Flächen.

c) insgesamt von Hohlfäule und/oder jüngeren Stammschäden betroffen



Fläche 2 deutlich von den beiden anderen Flächen ab. Steinschlag aus dem darüberliegenden Steilgelände dürfte die Hauptursache dafür sein, daß jeder zweite Baum am Stamm sichtbar verletzt ist. Weit weniger von jüngeren Stammschäden betroffen ist die unterste Fläche mit ca. 15 % und die oberste Fläche mit weniger als 10 % der Nadelbäume.

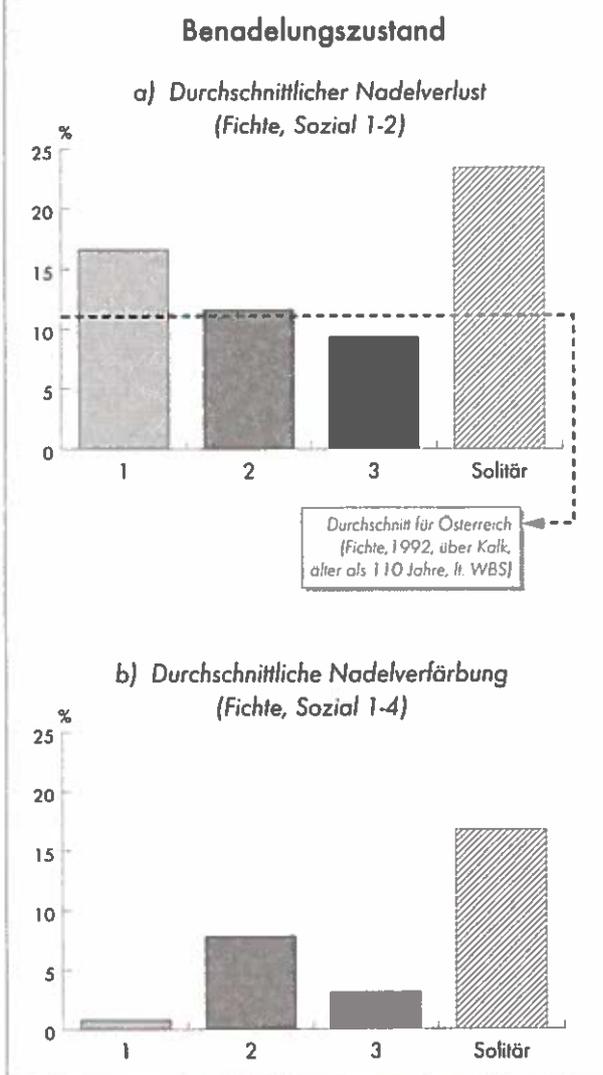
In Abbildung 20c wird zusammenfassend dargestellt, wieviel Prozent der Bäume mindestens (ein- oder mehrfach) geschädigt wurden. Berücksichtigt man die Hohlfäule mit ihrem wahrscheinlichen Weiserwert für weitere, leichtere Fäulen stärker, so kann man von sehr häufigen, wohl mindestens jeden zweiten Baum der unteren beiden Flächen betreffenden Stammschäden ausgehen. Auf der obersten Fläche 3 dürfte dagegen wesentlich weniger faules Holz gestockt haben.

5.1.4 Benadelungszustand

An den vorherrschenden und herrschenden Fichten wurden das Nadelverlustprozent und an allen Fichten eine eventuelle Nadelverfärbung angesprochen (Abb. 21a/b). Die unterste Fläche 1 verzeichnet mit ca. 17 % durchschnittlichem Nadelverlust je bewerteter Fichte einen hohen Wert, ebenso die Fläche 2 mit ca. 12 % und auch noch die oberste Fläche 3 mit ca. 9 %. Vergleicht man diese Zahlen aber mit dem aus den Daten des Österreichischen Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) errechneten Durchschnitt für über 110jährige Fichten über Kalk-/Dolomitgestein des selben Jahres (punktierete Linie), verwundert das nicht weiter. Für einen seriös ermittelten Nadelverlust-Durchschnittswert für über 180jährige Fichten über Kalk gibt es leider nicht genügend Datenmaterial. Nachdem der Nadelverlust normalerweise aber mit dem Alter zunimmt, kann man annehmen, daß die Untersuchungsbestände am Dobratsch eher weniger entnadelt sind als vergleichbare Bestände auf vergleichbarem Standort.

Wie NEUMANN (1991b) auf der Basis der Ergebnisse der Waldzustandsinventur für Österreich generell feststellte, nimmt der Nadelverlust bei vergleichbarem Alter mit zunehmender Seehöhe auch am Dobratsch ab. Die untersuchten Solitäre an der Waldgrenze weisen zwar den höchsten durchschnittlichen Nadelverlust auf, bilden aber ein anderes Kollektiv. Randbäume weisen bekanntermaßen höhere Nadelverlustprozent auf (LITSCHAUER, 1991), für Solitäre kann dasselbe angenommen werden. Die ca. 23 % scheinen aber dennoch zu hoch für einen repräsentativen Durchschnittswert. Eine hohlfäule, gänzlich verfärbte und wahrschein-

Abb. 21:
Benadelungszustand, getrennt nach Flächen und Solitär.



lich kurz vor dem Absterben stehende Solitärfichte hatte nämlich bereits 60 % ihrer ehemaligen Nadelmasse verloren.

Die Verteilung auf die Nadelverlustprozentklassen (Abb. 22) zeigt, daß es bei über 25 % Nadelverlust, ab dem ein Holzminderezuwachs feststellbar sein sollte, fast keine (vor-)herrschenden Fichten gibt. Das macht den Versuch einer Kausalanalyse besonders schwierig. Die mittleren Nadelverlustprozente befinden sich mit Ausnahme der Solitäre stets in der Nähe des Dichtemittels, was die Repräsentativität dieser Werte unterstreicht.

Nadelverfärbungen wurden auf den Untersuchungsflächen seltener angetroffen als Nadelverluste. Dennoch sind auf der am stärksten von Verfärbungen betroffenen Fläche 2 fast 8 % der Fichtennadelmasse abnormal gefärbt (Abb. 21b). Einen Seehöhengradienten scheint es hier nicht zu geben.

Abb. 22: Verteilung der Nadelverluste der vorherrschenden und herrschenden Fichten auf 5 %-Klassen in Relation zum mittleren Nadelverlust für die Flächen und die Solitäre.

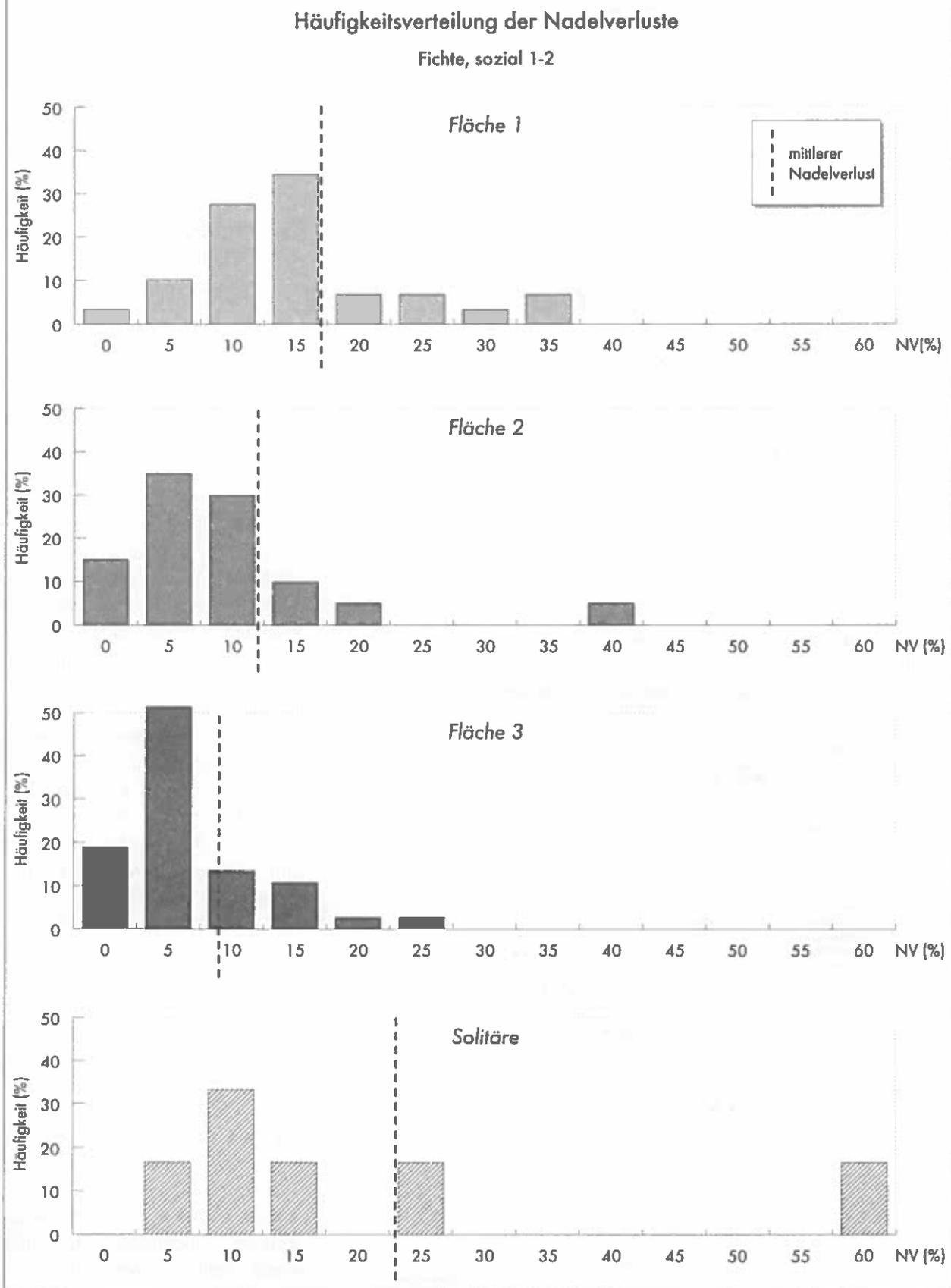


Abb. 23:
Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen BHD und Stockdurchmesser für die Fläche 1.

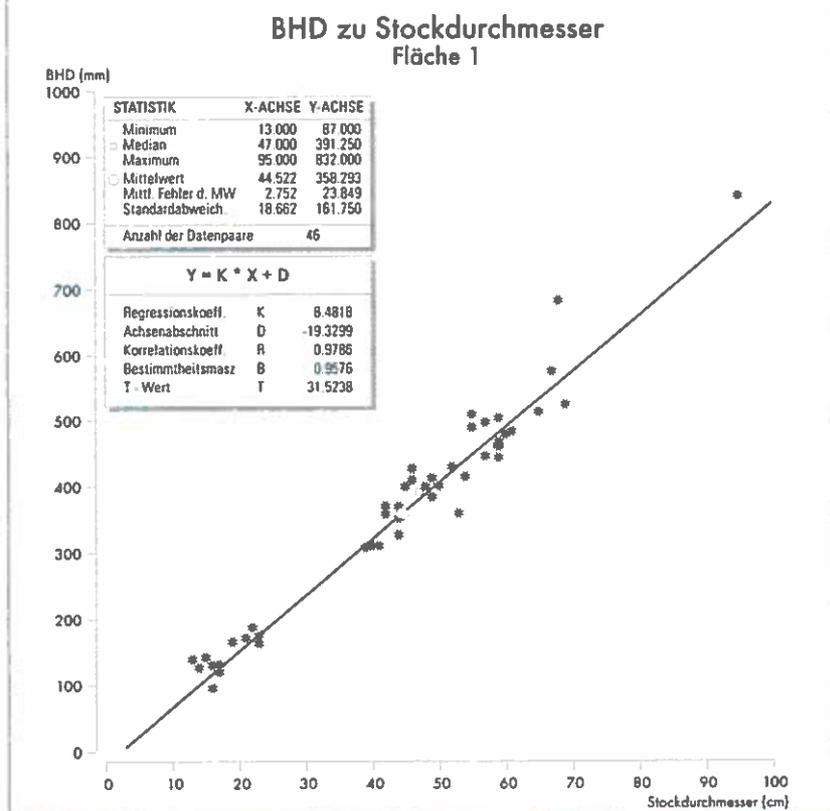
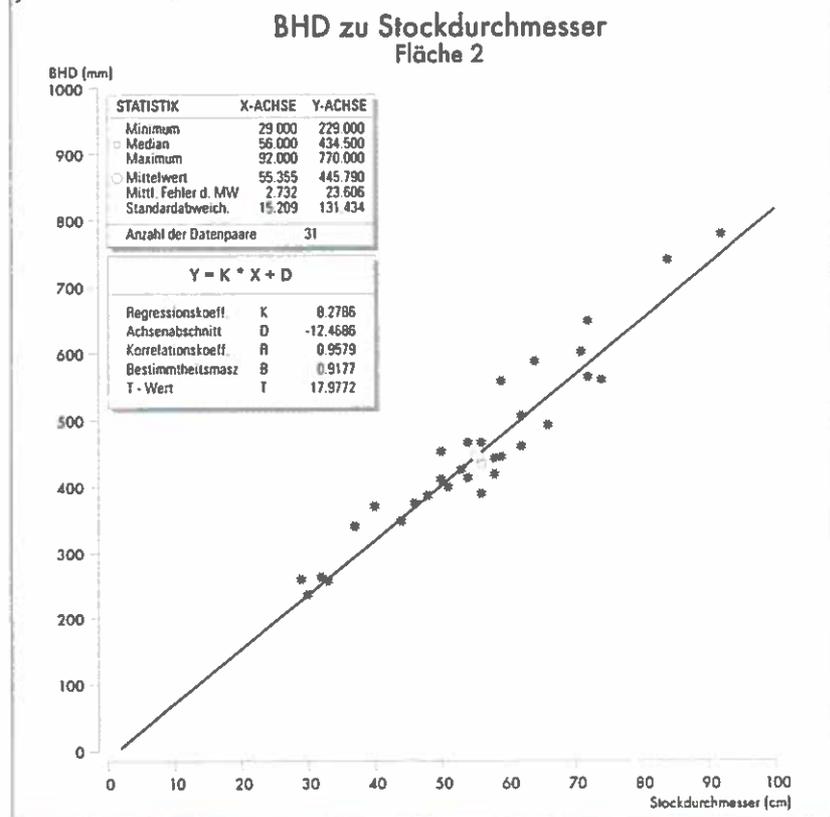


Abb. 24:
Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen BHD und Stockdurchmesser für die Fläche 2.



Das hohe durchschnittliche Nadelverfärbungsprozent der Solitäre ist nicht repräsentativ, denn nur einer der sechs aufgenommenen Bäume war verfärbt, und das zur Gänze. Zwischen dem durchschnittlichen Nadelverlust und dem Verfärbungsprozent konnten keine Zusammenhänge festgestellt werden.

5.2 Funktionen zur Ableitung nicht gemessener Parameter

Wie unter 4.3.4 beschrieben, war es für einzelne nicht gemessene Parameter (Brusthöhendurchmesser der Stöcke, Radialzuwachs und Höhenzuwachs) notwendig, Schätzwerte zu finden. Die seehöhenbedingte Unterschiedlichkeit der Flächen ließ eine getrennte Betrachtung der drei Flächen sinnvoll erscheinen.

Die Beziehungen zwischen Stockdurchmesser und BHD der Analysenstämme zeigen für alle Flächen einen hochsignifikanten linearen Zusammenhang (Abb. 23-25). Die Bestimmtheitsmaße zwischen 66 % auf Fläche 3 und 98 % auf Fläche 1 sind jedenfalls so hoch, daß die Schätzung des BHD aus dem Stockdurchmesser sehr genau ist. Auch die Regressionsgerade der Fläche 3, die für den untersten Stockdurchmesserbereich aufgrund fehlender Besetzung keine sinnvollen BHD-Werte liefert, kann noch zur Ableitung des BHDs des kleinsten Stockdurchmessers (22 cm) dieser Fläche verwendet werden.

Zur Abschätzung nicht bestimmter Radialzuwächse bei nicht meßbaren Bäumen bzw. bei Stöcken wurden lineare Regressionen über dem BHD (Zuwachsgeraden) herangezogen, auch wenn damit der Kreisflächen- und

somit auch der Volumenzuwachs in stärkeren BHD-Klassen etwas unterschätzt wird. Nachdem die Zuwachsgeraden bei dieser Untersuchung aber nur für schwächere bis mittlere BHD-Klassen Verwendung finden sollten, wurden sie als hinreichend geeignet betrachtet. Sie weisen Bestimmtheitsmaße zwischen 26 und 62 % für die drei Flächen auf und sind in den Abbildungen 26-28 dargestellt.

Auch zwischen dem Radialzuwachs und der Kronenmantelfläche ergaben sich signifikante Zusammenhänge (Bestimmtheitsmaß (b) = 28-58 %) (vgl. KRAMER 1986). Da für die Ermittlung der bei Stöcken nicht vorhandenen Kronenmantelfläche aber weitere, mit Unsicherheiten belastete Funktionen für Kronenradius und Kronenlänge notwendig wären, wurde zur Ermittlung der Radialzuwächse nicht auf diese Regressionen zurückgegriffen.

Auch die Ableitung von Schätzwerten für den Höhenzuwachs konnte mittels einfacher linearer Regressionen erfolgen (Abb. 29-31). Zwar scheinen die Höhenzuwächse bei sehr geringen Radialzuwächsen dabei etwas überschätzt zu werden, dennoch ist ein Höhenwachstum bei nicht mehr meßbarem oder gar nicht vorhandenem Radialzuwachs in BHD-Höhe noch möglich, was die Ausgleichsgeraden doch plausibel erscheinen läßt.

Für den Ausgleich der gemessenen Baumhöhen wurden verschiedene Funktionstypen getestet. Am besten paßte bei allen Flächen der von PRODAN (1965) vorgeschlagene Typ:

$$BHD^2/H-1,3 = a + b \cdot BHD + c \cdot BHD^2$$

Die sich dabei ergebende relative Reststreuung ist sehr gering. Sie beträgt im Jahr 1992 auf Fläche 1 und Fläche 2 7 % und auf Fläche 3 10 %.

Abb. 25: Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen BHD und Stockdurchmesser für die Fläche 3.

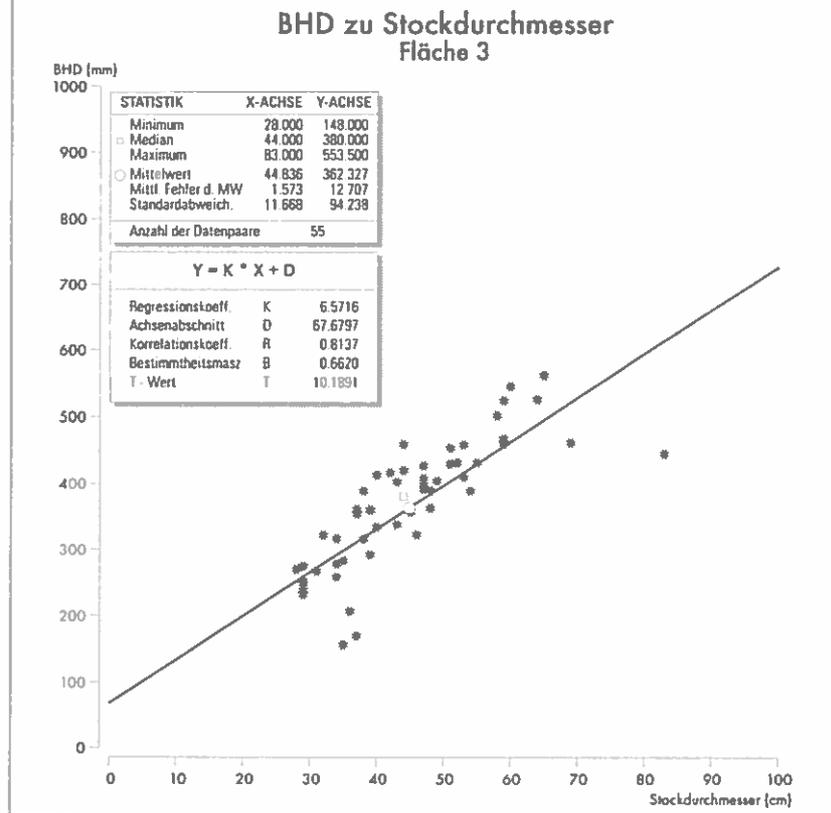


Abb. 26: Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen dem Radialzuwachs der letzten 10 Jahre und dem BHD für die Fläche 1.

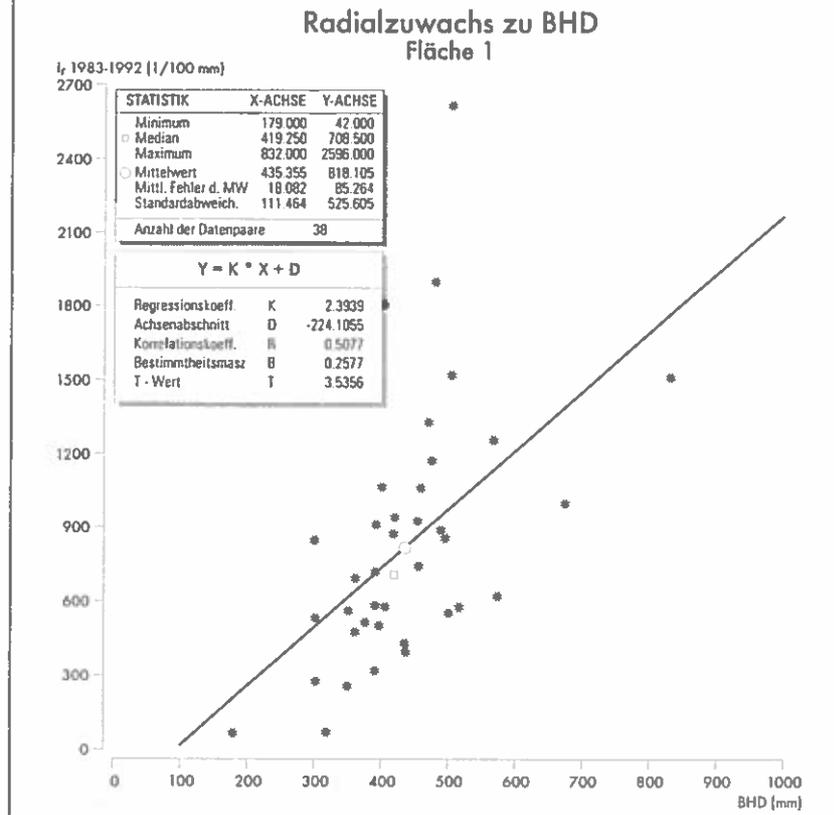


Abb. 27:
Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen dem Radialzuwachs der letzten 10 Jahre und dem BHD für die Fläche 2.

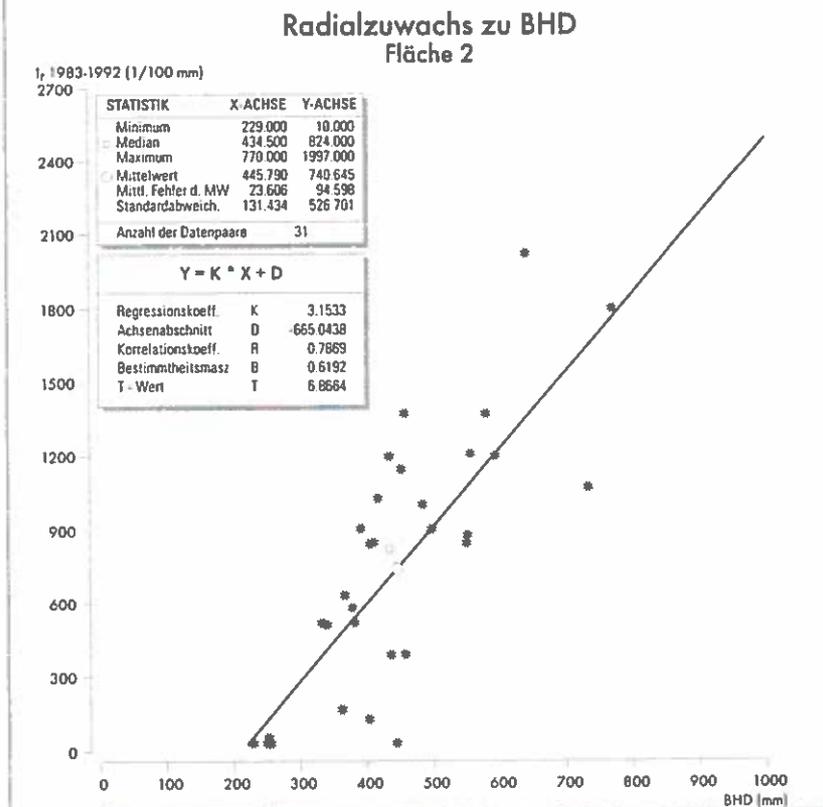
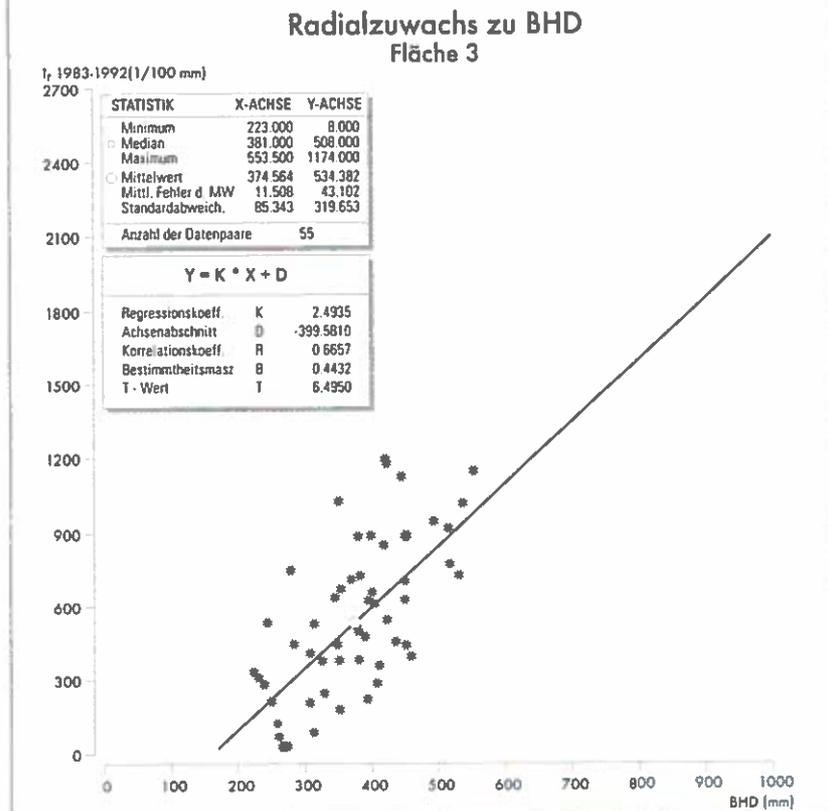


Abb. 28:
Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen dem Radialzuwachs der letzten 10 Jahre und dem BHD für die Fläche 3.



Die sich aus der Verwendung dieses Typs ergebenden Höhenkurven für alle vier Berechnungszeitpunkte und für die drei Flächen sind in Abbildung 32 zusammengefaßt, die Punkte stellen die Situation im Jahr 1992 dar. Die Ausgleichsfunktionen sind auch zu früheren Bezugszeitpunkten (1982, 1972, 1962) nach der Rückrechnung der Höhen denen des Jahres 1992 gleichwertig, allein die Funktionen der Jahre 1972 und 1962 der Fläche 3 sind geringfügig schlechter.

5.3 Wuchsleistung

5.3.1 Höhenwuchsleistung der Oberhöhenstämme

In der Abbildung 33a wurden die Kurven der Oberhöhenentwicklung der einzelnen Flächen im Vergleich zu den relevanten Oberhöhenverläufen der am besten passenden Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ (MARSCHALL, 1975) über dem Alter aufgetragen. MARSCHALL schlägt für den Dobratsch zwar die Ertragstafel „Fichte Bayern“ vor, diese ist aber für die Untersuchungsbestände etwas weniger zufriedenstellend anwendbar. Zu diesem Ergebnis gelangt man, wenn man nur diejenigen Oberhöhenkurven bzw. -abschnitte mit den Oberhöhenflächen der Fichten-Ertragstafeln vergleicht, die außerhalb des Einflusses von Druckstand stehen.

Erwartungsgemäß ist die Kurve der Fläche 1 immer die höchste, sie wird außerdem ab dem Alter 90 steiler, was zunächst verwunderlich ist. Die Oberhöhenkurve der Fläche 2 ist anfangs gleich niedrig wie die der Fläche 3 und setzt sich von dieser erst mit ca. 85 Jahren ab. Die „Oberhöhenkurve“ der Solitäre übersteigt sie gar erst nach ca. 110 Jahren und hat

zwischen 80 und 130 Jahren einen steileren Verlauf als sonst. Der Oberhöhenverlauf der Fläche 3 ist stets der niedrigste. Er verhält sich auch nach der an die Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ angepaßten Jugendphase am ehesten so, wie es die entsprechende Ertragsklasse beschreibt. Die Fläche 3 erfüllt mit annähernder Gleichaltrigkeit aber auch am ehesten die Voraussetzung dazu.

Die Kurve der Solitäre ist bis 110 Jahre die zweithöchste Kurve, erst dann wird sie von der Kurve der Fläche 2 übertroffen. Die Konkurrenzlosigkeit der Solitäre scheint der Grund für die ca. zwei Meter Höhenwuchsüberlegenheit gegenüber der Fläche 3 bis zu einer Höhe von ca. 20 m gegenüber der Fläche 3 zu sein, wobei die für die „Oberhöhenberechnung“ herangezogene Solitärfläche noch ca. 30 m höher steht. Der starke Abfall der Kurve der Solitäre ab ca. 20 m Höhe könnte die Nähe zu einer durch den extremen Standort (Windausgesetztheit) bedingten Höhenwuchstumsgrenze anzeigen. Insgesamt muß erstaunen, daß eine erwartungsgemäße Höhenrangfolge der Oberhöhenkurven der Flächen erst ab einem Alter von ca. 90 Jahren eintritt.

In Abbildung 33b wird die Entwicklung der Bonität über dem Alter dargestellt. Nachdem in den ersten mit der Ertragstafel vergleichbaren 20 Jahren der Oberhöhenentwicklung durch Alterskorrektur eine Anpassung an die Ertragstafel bewirkt wurde, verlaufen sämtliche Kurven anfangs fast waagrecht, d.h. ohne wesentliche Bonitätsveränderung. Ab dem Alter 90 steigt dann auf der Fläche 1 die Bonität stark an. Auf der Fläche 2 setzt eine starke Bonitätsverbesserung etwa 10 Jahre früher ein, die ab ca. 120 Jahren wieder schwächer wird. Die Kurve

Abb. 29: Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen Höhenzuwachsen und Radialzuwachsen aus 10-Jahres-Perioden von 1963 - 1992 für die Fläche 1.

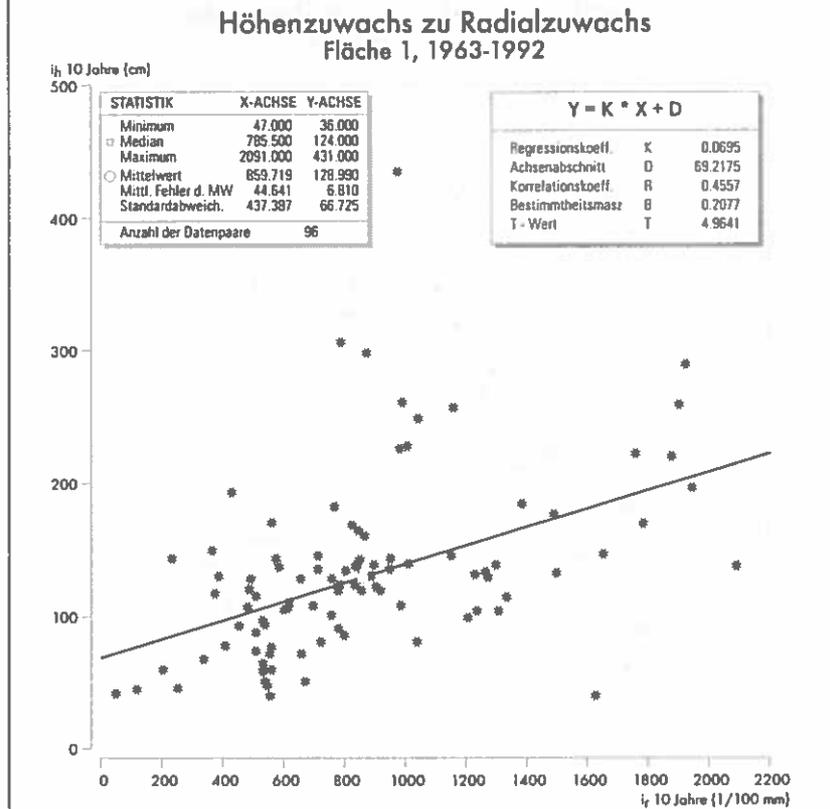


Abb. 30: Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen Höhenzuwachsen und Radialzuwachsen aus 10-Jahres-Perioden von 1963 - 1992 für die Fläche 2.

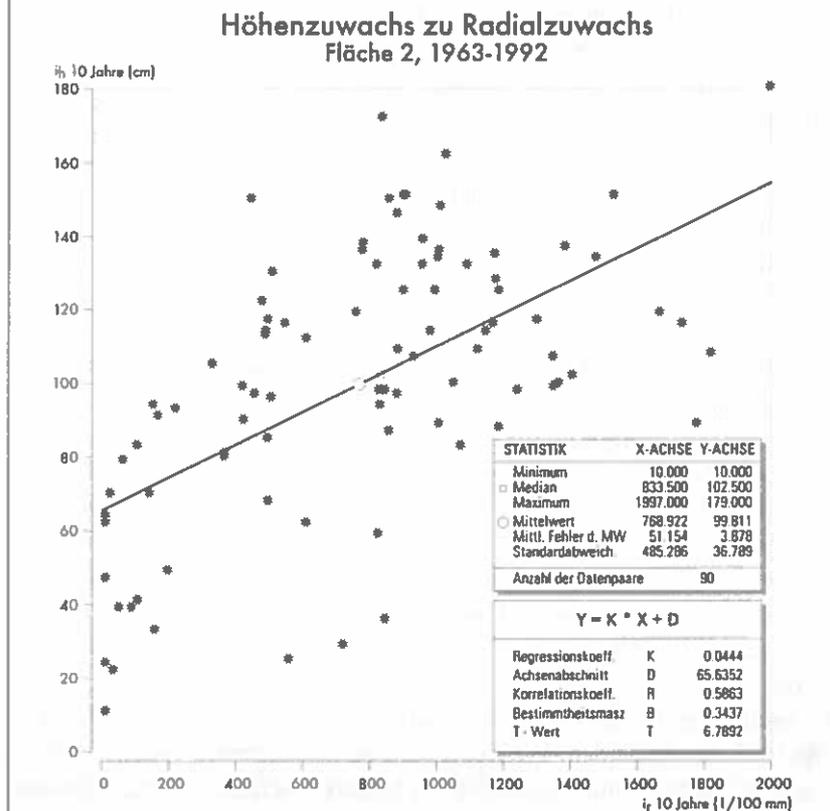
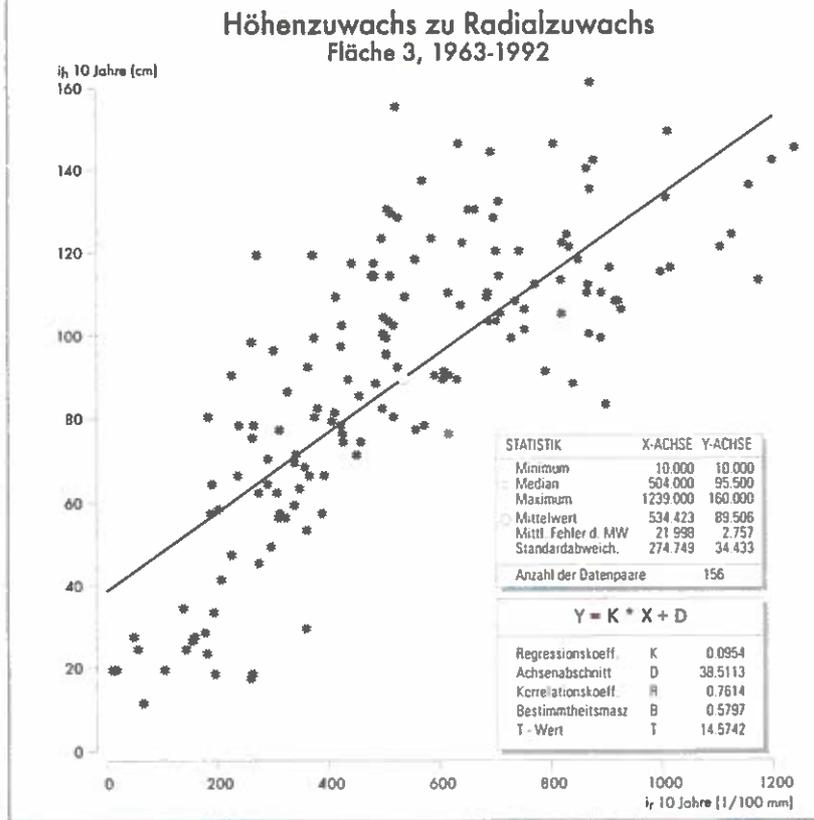


Abb. 31:
Lineare Regression des Zusammenhangs zwischen Höhenzuwachsen und Radialzuwachsen aus 10-Jahres-Perioden von 1963 - 1992 für die Fläche 3.



der Fläche 3 steigt bis ca. 110 Jahre fast nicht, ab dann auch nur wenig.

Die Kurve der Solitäre schwankt im Bereich der 4. Bonität, was wohl durch die extreme Witterung und damit zusammenhängende Höhenzuwachsunterbrechungen (Wipfelbrüche) erklärbar ist. Nachdem unsere Ertragstafeln einen starken Rückgang des Oberhöhenzuwachses („Verflachung“) ab ca. 100 Jahren unterstellen, muß ein Anstieg der Bonität in diesem Altersbereich vorsichtig interpretiert werden.

5.3.1.1 Druckstandsnachweis

Der starke Anstieg der Bonität der unteren beiden Flächen läßt in Zusammenschau mit der Altersstruktur (Kap. 5.1.1.1) und der sozialen Struktur (Kap. 5.1.1.2) die Vermutung aufkommen, daß hier lange Zeit (bis ca. 80-90 Jahre) Druckstand geherrscht haben muß.

Der Verlauf des mittleren Höhenzuwachses, der auf etwaigen Druckstand stärker reagieren sollte als der Höhenzuwachs der Oberhöhenstämme, wird in Abbildung 34 gezeigt. Dabei fällt auf, daß sich die Graphen der Flächen 1 und 2 stark von dem der Fläche 3 unterscheiden. Während die beiden unteren Flächen das Maximum erst bei 10 m Höhe erreichen,

nimmt der Höhenzuwachs auf Fläche 3 von seinem Maximum zwischen 2 und 5 m Höhe kontinuierlich ab. Der Verlauf dieser letzteren Kurve ähnelt aber mehr den Mittelhöhen-Zuwachsverläufen der Ertragsklassen 4-8 der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“. Bei keinem dieser Verläufe gibt es nämlich vor dem Maximum einen Anstieg um mehr als 2 cm, was einen erheblichen Druckstand als Ursache für diese Anomalien der Flächen 1 und 2 wahrscheinlich macht.

Je nachdem, wieviel Druckstand auch die Oberhöhenstämme erfuhren, wie lückig also der Bestandesschirm war, wird sich ein mehr oder weniger „normaler“ Oberhöhenzuwachs ergeben. Abbildung 35 zeigt die tatsächlichen Oberhöhenzuwächse im Vergleich zu denen der grob geschätzten Bonitäten der Untersuchungsflächen.

Nach der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ liegt das Maximum des Oberhöhenzuwachses vor dem

Alter 50, und es gibt auch keinen deutlichen Anstieg der Kurve zwischen 20 Jahren und diesem Maximum. Danach fällt der Ertragstafel-Oberhöhenzuwachs mehr oder weniger kontinuierlich ab. Die Oberhöhenzuwachsverläufe der beiden unteren Flächen unterscheiden sich wesentlich stärker von denen der Ertragstafel als das bei der am höchsten gelegenen Fläche 3 der Fall ist. Zwar hält der Oberhöhenzuwachs auf allen drei Flächen in fortgeschrittenem Alter viel stärker an als in der Ertragstafel, doch klaffen die Kurven in jungen Jahren nur bei den Flächen 1 und 2 stark auseinander, was die Druckstandsvermutung für diese beiden Flächen bestätigt.

5.3.1.2 Druckstandsdauer und altersunabhängige Bonitierung

Der auf den beiden tiefer gelegenen Flächen 1 und 2 somit nachgewiesene Druckstand muß bei der Bonitätsberechnung zu niedrige Werte liefern. Daher wurden je Fläche mehrere 20-Jahre-Abschnitte der Oberhöhenkurve mit ihrem charakteristischen Anstieg bei der dann erreichten Höhe im Oberhöhenfächer der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ rechnerisch so lange horizontal verschoben, bis sie sich am besten einfügten (Kap. 4.3.2.2, Abb. 5).

Abb. 32:

Verlauf der Höhenkurven für die vier gewählten Zeitpunkte unter Verwendung der Ausgleichsfunktion $BHD^2/H-1,3 = a + b \cdot BHD + c \cdot BHD^2$.

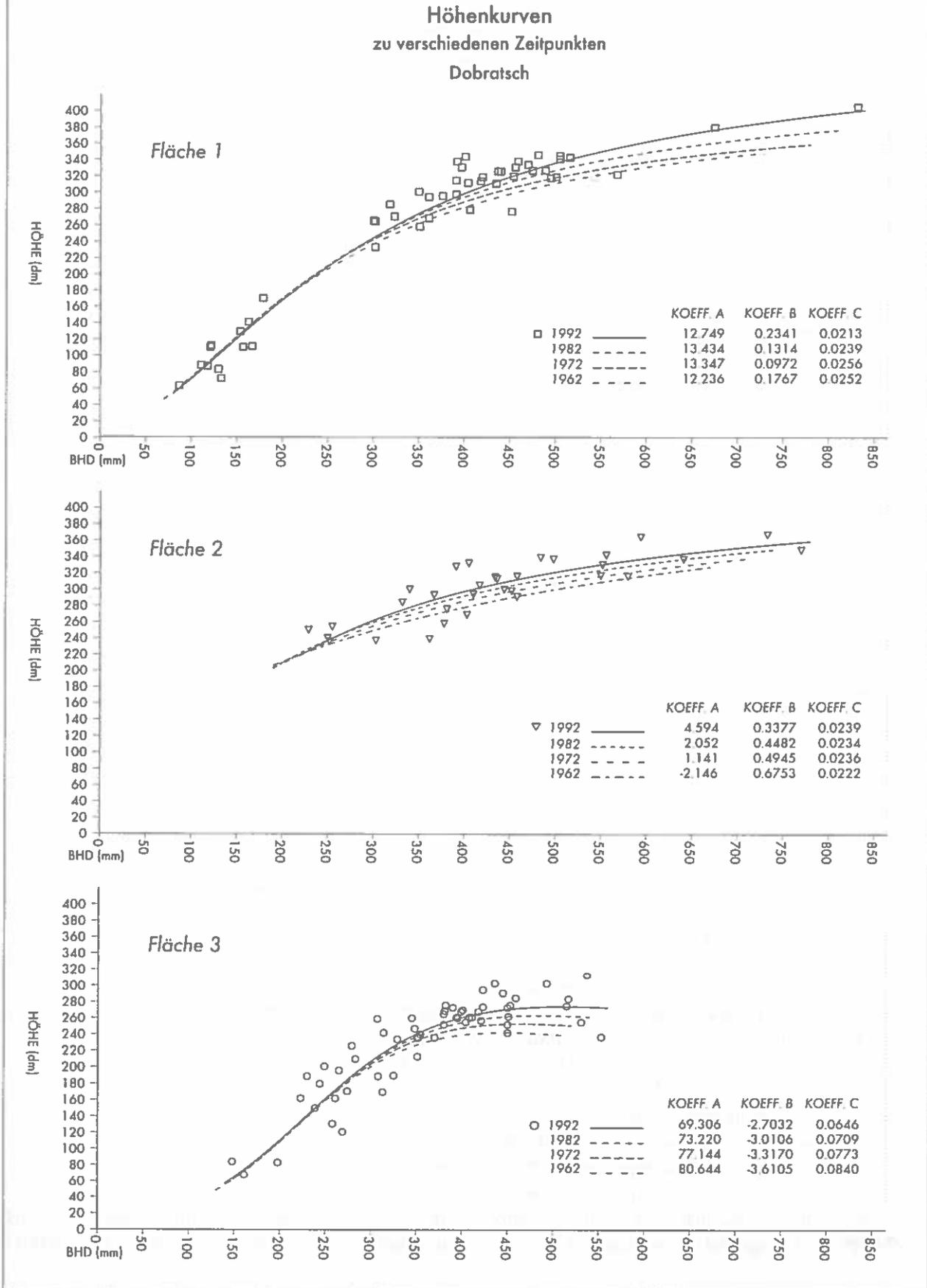
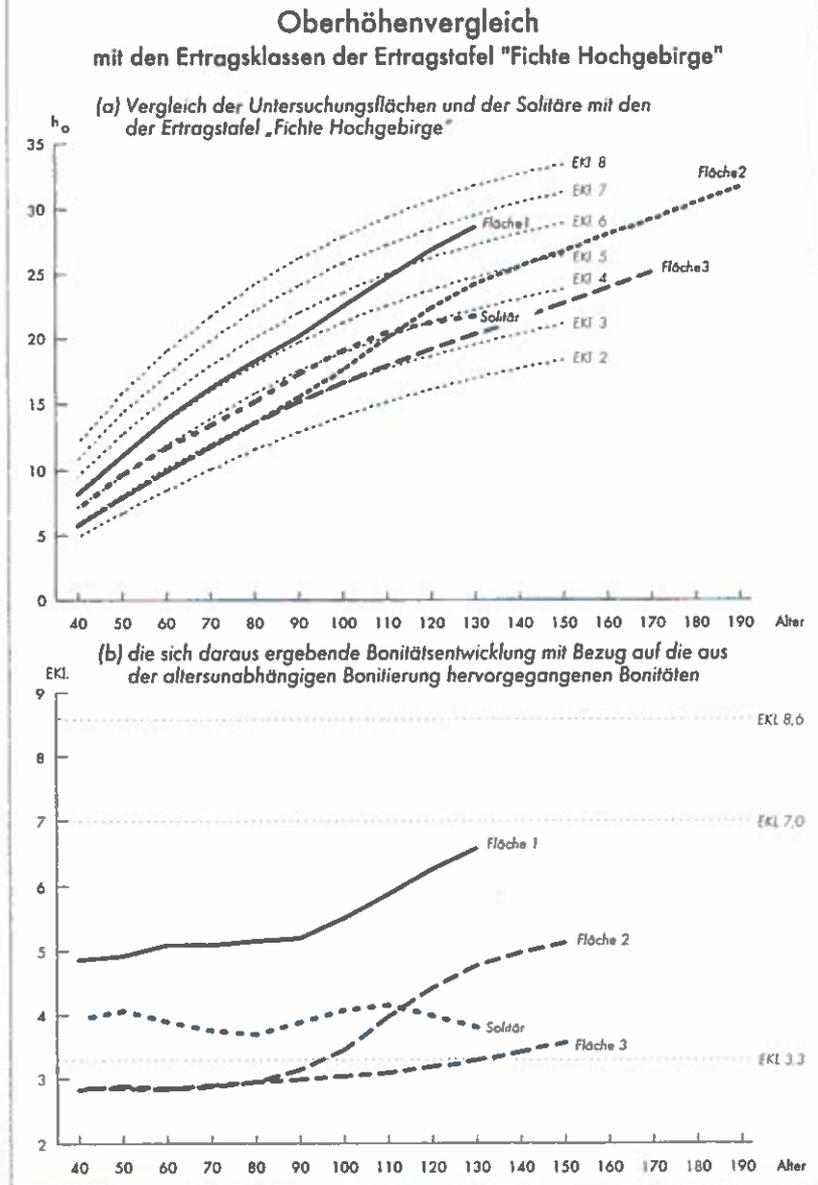


Abb. 33:
Oberhöhenverläufe.



Die so erhaltenen Bonitäten wurden dann über der mittleren Höhe des entsprechenden Oberhöhenabschnittes („Baumhöhe“) aufgetragen (Abb. 36). Die Kurve der Fläche 3 scheint für die Bestimmung des optimalen Bonitierungszeitpunktes bzw. der optimalen Bonitiereshöhe besonders aufschlußreich, da auf dieser Fläche kein wesentlicher Druckstand geherrscht haben kann. Trotzdem kommt es ab ca. 16 m Höhe zu einem markanten Anstieg. Der für diesen Wendepunkt herangezogene Oberhöhenkurvenabschnitt hat ein ertragstafelkonformes Alter von 80 bis 100 Jahren. Es liegt daher die Annahme nahe, daß der Anstieg danach der „Oberhöhenverflachung“ der Ertragstafel zuzurechnen ist.

Die Bereiche der Kurven der Flächen 2 und 3, die über diesen Zeitpunkt hinausgehen, wurden daher für die gewünschte Festlegung der Standortsbonität ausgeklammert. Der optimale Bonitierungszeitpunkt wurde sodann am höchsten Punkt der Bonitierungskurve bzw. des nicht ausgeklammerten Teils dieser festgelegt - nach eventuellen Druckstands- und nachfolgenden Regenerationsphasen also.

Für die Fläche 1 ergab sich somit eine Ertragsklasse von 8,6, für die Fläche 2 von 7,0, für die Fläche 3 von 3,3 und für die Solitäre von 5,1. Diese Werte sind in der Abbildung 33b strichliert für die drei Flächen eingetragen und lassen bei den Flächen 1 und 2 aufgrund des Druckstandes einen erheblichen Abstand zu deren höchsten, mit dem physischen Alter berechneten Bonitätswerten erkennen. Die Steigungen der Bonitätsentwicklungskurven lassen aber eine weitere Annäherung an diese Werte erwarten. Die Fläche 3 hingegen übertrifft diesen Wert erwartungsgemäß wegen der „Verflachung“ der Ertragstafel-Oberhöhen, die ja die Vergleichsbasis darstellen. Aus der Bestimmung der Standortsbonität zum optimalen Zeitpunkt gingen auch Ertragstafelalter hervor, die sich mit dem physischen Bestandesalter nicht decken, da sie den Wachstumsgang bis

dorthin unberücksichtigt ließen. Für die Fläche 1 ergab sich ein um 32 Jahre geringeres Ertragstafelalter, für die Fläche 2 ein um 39 Jahre geringeres und für die Fläche 3 ein um nur 4 Jahre niedrigeres. Für die Solitäre hingegen errechnete sich ein um 14 Jahre höheres Ertragstafelalter.

Während auf den unteren beiden Flächen die großen Altersdifferenzen zum allergrößten Teil wohl dem Druckstand und der darauffolgenden Regenerationsphase zuzuschreiben sind, sind die vergleichsweise kleinen Altersklaffungen der Solitäre und der Fläche 3 wahrscheinlich auf ein gegenüber der Ertragstafel etwas gehemmtes Jugendwachstum auf diesen beiden Standorten (Schnee bzw. Schnee-

Abb. 34:
Verläufe der mittleren Höhenzuwächse der Flächen und der Solitäre über der Baumhöhe.

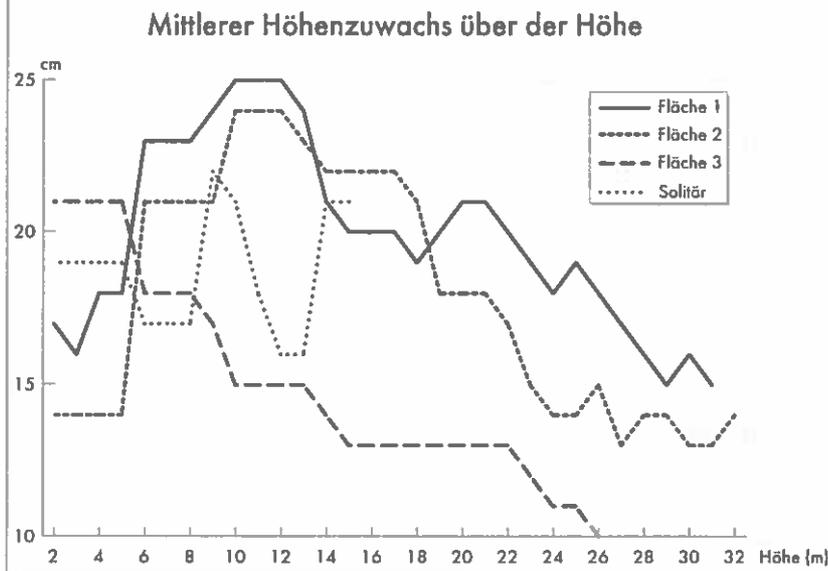
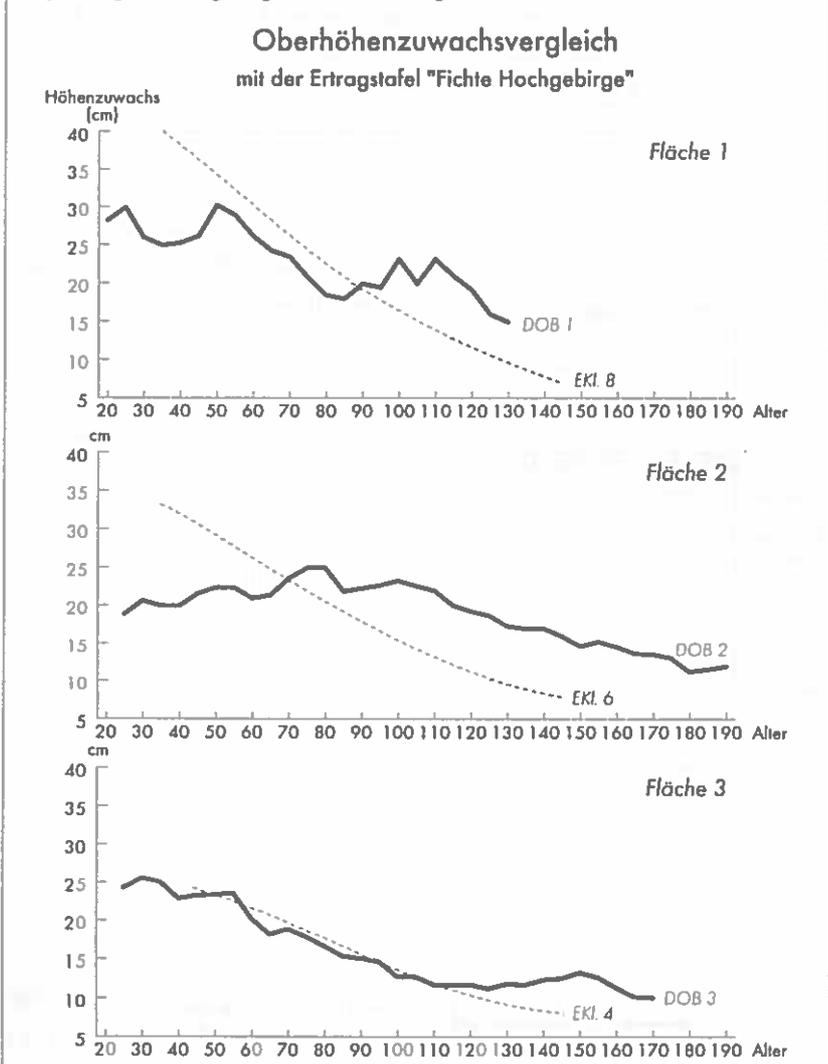


Abb. 35:
Vergleich der Oberhöhenzuwachsverläufe der Flächen mit den Verläufen der für die jeweilige Fläche grob geschätzten Ertragsklassen.



fegen bei den Solitären) zurückzuführen. Solitäre wachsen vermutlich auch schneller in die Höhe als gleichaltrige Bestände am selben Standort. Das jeweils um die Altersdifferenz zum optimalen Bonitierungszeitpunkt korrigierte Bestandesalter wird in der Folge als „wirtschaftliches Alter“ bezeichnet.

In der Abbildung 36 kann man auch erkennen, daß die Druckstandswirkung auf der Fläche 1 bei ca. 18 m Oberhöhe nachzulassen beginnt und erst bei ca. 26 m zu Ende ist. Auf der Fläche 2 dauert diese Phase von ca. 13 m bis 21 m. Zwischen Anfang und Ende der „Regenerationsphase“ liegen in beiden Fällen also etwa 8 m Oberhöhenzuwachs, die im fast identischen physischen Altersbereich (Fläche 1: 80-117 J., Fläche 2: 78-115 J.) geleistet wurden und je ca. 37 Jahre in Anspruch nahmen.

Die schematische Darstellung von zwei hypothetischen Wachstumsverläufen in der Abbildung 37 verdeutlicht, daß eine herkömmliche Berechnung der Höhenbonität (Verwendung des tatsächlichen Alters) für Bestände mit (wahrscheinlicher) Druckstandvergangenheit mit zunehmendem Alter sinnvoller wird, da der Druckstandseinfluß auf die Bonitätsberechnung dann immer kleiner wird. Daher wird auch am Dobratsch erst in höherem Alter die erwartete Abnahme der Höhenbonität mit zunehmender Seehöhe offenkundig (Abb. 38). Die Annahme, daß ein altersunabhängiges Bonitieren mit einem Oberhöhenkurvenabschnitt nach dem Ende des Druckstandeinflusses und vor dem Ertragstafelalter 100 zu den besten Ergebnissen führen müßte, wird durch den Verlauf des höchsten Graphen mit der Bezeichnung „altersunabhängig“ bestätigt. Dieser bringt den Höhengradienten der Bonität

am Nordabfall des Dobratsch wahrscheinlich am besten zum Ausdruck, da er die Entwicklung der Graphen der altersabhängigen Bonitierung plausibel fortsetzt.

Die Bonität nimmt demzufolge von der untersten zur mittleren Fläche um durchschnittlich 0,8 Ertragsklassen pro 100 m Seehöhe ab, von der mittleren zur höchstgelegenen Fläche um durchschnittlich 0,9. Wie stark dabei der Einfluß des Klimagradienten von

zufälligen Einflüssen verwischt wird, bleibt dabei offen, da vor allem unklar ist, wie repräsentativ die Bodenbeschaffenheit der Flächen für die durchschnittliche Bodenbeschaffenheit der Seehöhenstufe (bei gleicher Exposition) ist. Diese annähernd lineare Abnahme der Bonität mit zunehmender Seehöhe macht jedenfalls eine Parallele zur weitgehend linearen Abnahme der Vegetationszeitdauer mit zunehmender Seehöhe (SCHADAUER, 1997) deutlich.

Abb. 36: Bonitätsentwicklung bei altersunabhängiger Bonitierung in verschiedenen Baumhöhen und Bonitätsfestlegung für die Flächen und die Solitäre.

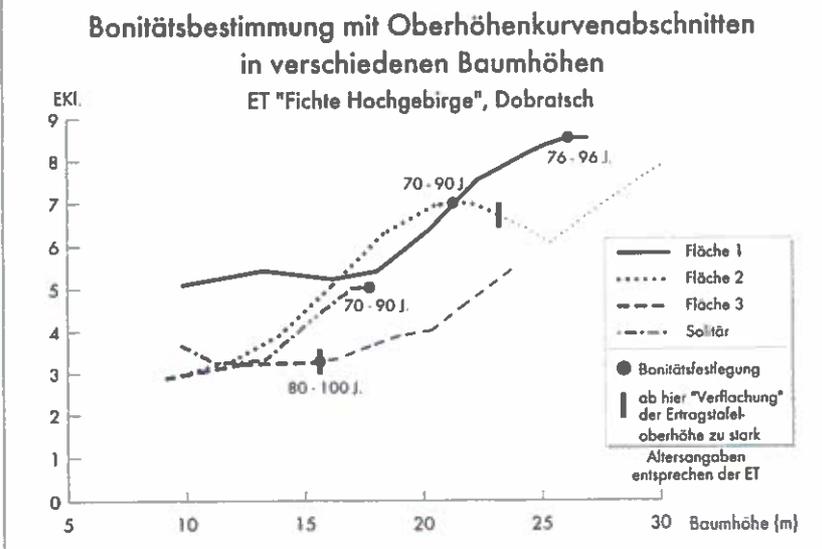
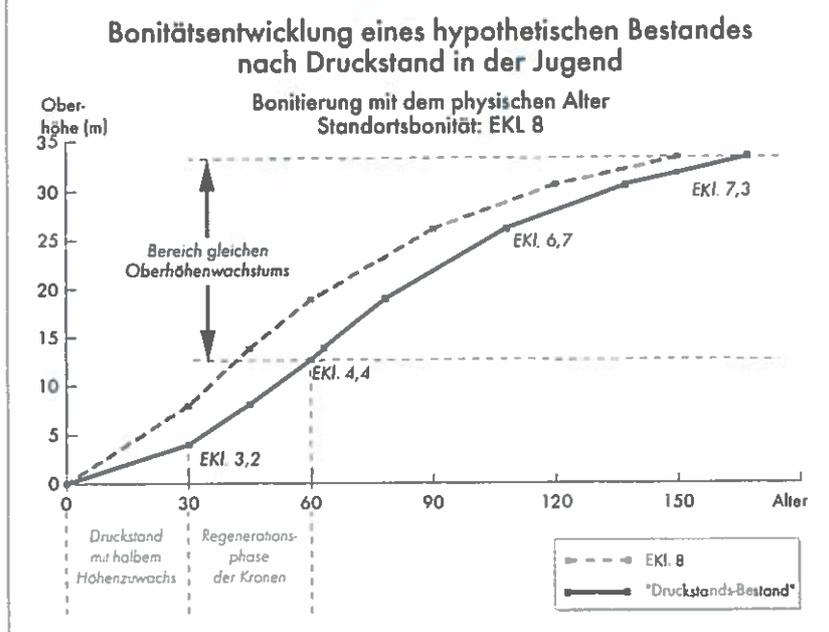


Abb. 37: Oberhöhenverlauf eines hypothetischen Bestandes mit Druckstandsvergangenheit im Vergleich zum Verlauf der entsprechenden Standortbonität und Bonitätsentwicklung dieses Bestandes bei herkömmlicher Bonitierung mit Alter und Oberhöhe.

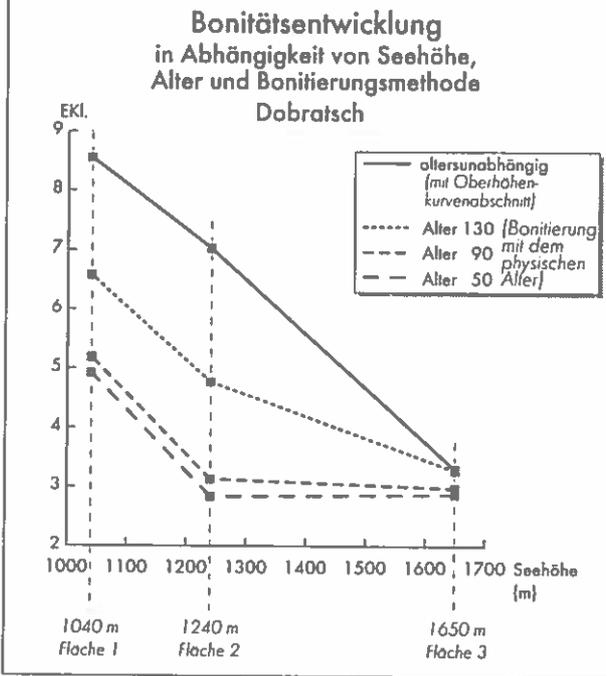


5.3.2 Flächenbezogene Wuchsleistung

Die flächenbezogene Wuchsleistung der Untersuchungsflächen wurde mit den unter 4.3.4 beschriebenen Verfahren bis zum Jahr 1962 zurückberechnet. Der ausgeschiedene Bestand wurde dabei soweit wie möglich rekonstruiert, da er neben seiner Bedeutung für die Berechnung der Flächenproduktivität auch wesentliche Informationen über die jüngste Bestandesgeschichte liefert. Deren Kenntnis ist aber die Mindestvoraussetzung für eine sinnvolle Interpretation flächenbezogener ertragskundlicher Daten.

Die Stammzahlentwicklung und deren Auswirkung auf einige wesentliche ertragskundliche Kennwerte ist daher in Abbildung 39 für die letzten 30 Jahre vor der Aufnahme ersichtlich gemacht: Wesentliche Stammzahlveränderungen gab es auf allen Flächen nur in den letzten 10 Jahren (Abb. 39a), wenn man davon ausgeht, daß der ausgeschiedene Bestand bis 30 Jahre zurück anhand der Stöcke und des Totholzes hinreichend genau erfaßt werden konnte. Drückt man diesen Stammzahlabgang von etwa je 150 Bäumen pro Hektar in Prozent der Stammzahl von 1982 aus, so ergeben sich 21 % für die oberste Fläche, 25 % für die unterste und 31 % für die mittlere. Berücksichtigt man die Grundfläche des ausgeschiedenen Bestandes (Abb. 39b), dann sind es in

Abb. 38:
Bonitätsentwicklung in Abhängigkeit von Seehöhe, Alter und Bonitierungsmethode (mit Alter und Oberhöhe bzw. mit einem Oberhöhenkurvenabschnitt) am Dobratsch.

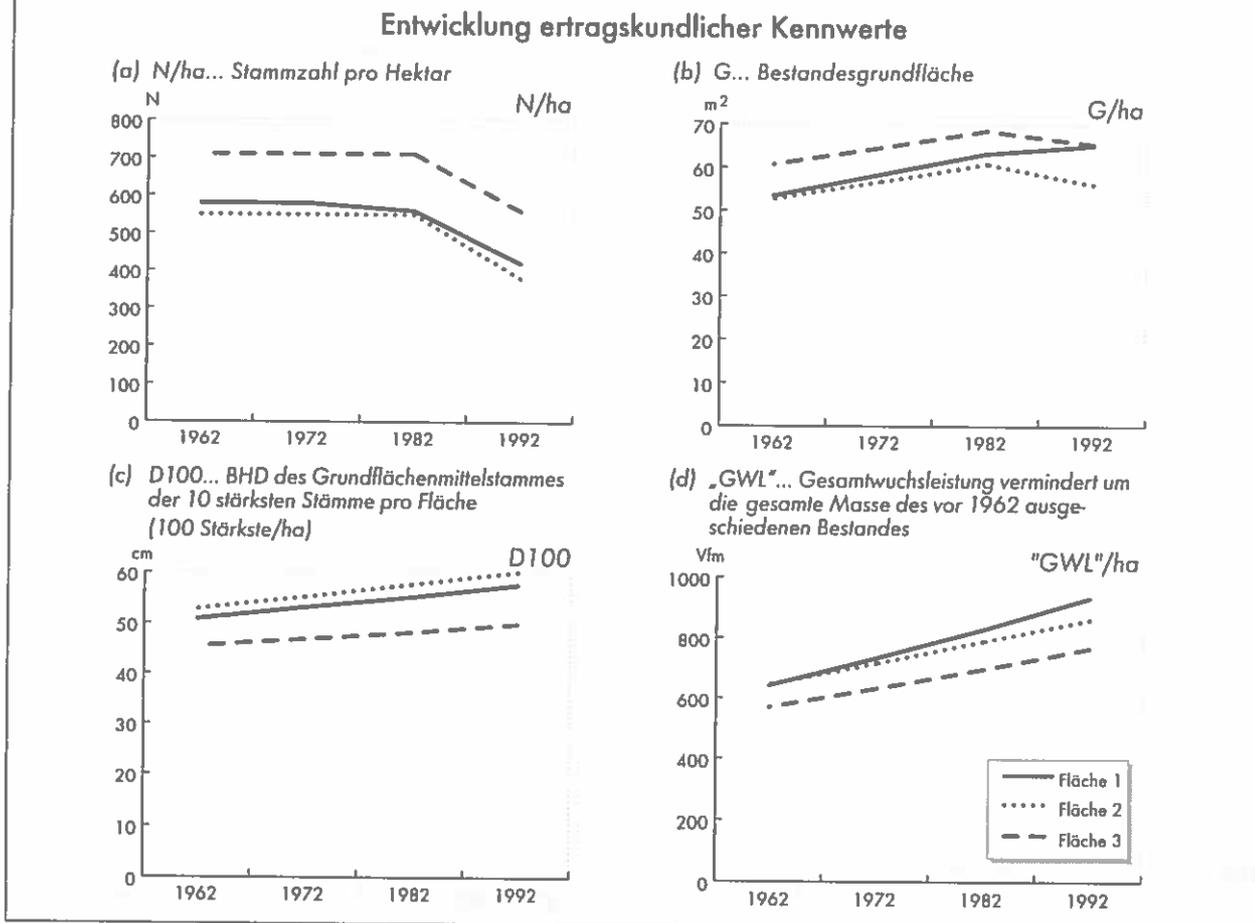


Prozent der Bestandesgrundfläche von 1982 für die unterste nur mehr 5 %, die oberste Fläche immerhin noch 11 % und die mittlere sogar 14 %. Obwohl diese erheblichen Prozentunterschiede je nach Bezugsgröße für alle drei Flächen ein Ausscheiden der schwächeren Bestandesmitglieder verdeutlichen, so hebt sich doch die tiefstgelegene Fläche 1 noch ab, da dort die mit Abstand höchste Mortalität herrschte.

Weil sich Entnahmen und Ausfälle auf die schwächeren Bestandesmitglieder beschränkten, war die Entwicklung des D100 (Kreisflächenmittelstamm der 100 stärksten Stämme/ha) in den letzten 30 Jahren ungestört (Abb. 39c). Ebenso entwickelte sich die „GWL“ (Gesamtwuchsleistung ohne Berücksichtigung des vor 1962 ausgeschiedenen Bestandes) kontinuierlich (Abb. 39d). Hinsichtlich der Relation der Graphen zueinander ist zu bedenken, daß die Flächenalter unterschiedlich sind.

Der Inhalt der Leistungstabelle (Tab. 2) entspricht in Aufbau und Informationsgehalt weitgehend einer herkömmlichen Ertragstafel, die Bestandesdaten wurden für vier Zeitpunkte bis zum Jahr 1962

Abb. 39:
Entwicklung einiger ertragskundlicher Kennwerte in den letzten 30 Jahren, getrennt nach den Flächen.



Tab. 2:
Ertragstafelwerte.

(alle Bäume, mit Höhenkurvenausgleich und Zuwachsfunktionen)

Leistungstabelle

	physisches Alter	wirtschaftl. Alter	Verbleibender Bestand						Ausscheidender Bestand			Gesamtbestand			
			OH (m)	Mittelstamm Höhe	Mittelstamm BHD (cm)	Stammzahl	Grundfläche	Vorrat (Vfm)	ADZ wirtschaftl. Alter	Stammzahl	Vorrat (Vfm)	m ²	*GWL*	IZV	IZG
Fläche 1	156	124		25,8	34,2	580	53,4	641	5,2				641		
	166	134		27,2	35,8	580	58,4	732	5,5				732	9,1	0,50
	176	144		28,6	37,9	560	63,2	825	5,7				828	9,6	0,52
	186	154		31,5	44,4	420	65,1	898	5,8				933	10,5	0,52
Fläche 2	184	145	30,9	26,4	34,9	550	52,7	644	4,4				644		
	194	155		27,5	36,2	550	56,7	715	4,6				715	7,1	0,40
	204	165		28,5	37,5	550	60,8	789	4,8	170	103	8,8	789	7,4	0,41
	214	175		30,6	43,3	380	56,1	759	4,3				862	7,3	0,41
Fläche 3	167	163	24,7	21,7	33,0	710	60,7	569	3,5				569		
	177	173		22,8	34,0	710	64,5	632	3,7				632	6,3	0,38
	187	183		23,7	35,0	710	68,5	697	3,8	150	57	7,3	697	6,5	0,40
	197	193		25,7	38,5	560	65,4	709	3,7				766	6,9	0,42

zurückberechnet. Die Werte für die Gesamtwuchsleistung („GWL“) sind dabei stark unterschätzt, da der ausgeschiedene Bestand eben nur soweit erfaßt werden konnte, als Stöcke und Totholz zurückgeblieben waren. Nachdem die Ermittlung des durchschnittlichen Gesamtzuwachses (dGZ) nicht möglich war, wurde der Grundflächenzuwachs des Gesamtbestandes (IZG) als Ergänzung angefügt. Dieser Wert ist weder durch Unsicherheiten der Höhenermittlung noch der Formzahlbestimmung belastet und erlaubt damit eindeutige Vergleiche. Zusätzlich zum physischen wird auch das wirtschaftliche Flächenalter in der Tabelle angeführt, mit dem auch der „ADZ“ (Altersdurchschnittszuwachs) berechnet wurde. Eine Oberhöhenangabe war größtenteils nicht möglich, da aufgrund der Ungleichaltrigkeit einzelne Oberhöhenstämme mit niedrigerem Alter vor dem Erreichen des Flächenalters aus der Oberhöhenberechnung ausschieden (Kap. 4.3.2.2).

Vergleicht man im gleichen wirtschaftlichen Alter 150 die Flächen anhand der wichtigsten ertragskundlichen Kenngrößen untereinander (Abb. 40), so fällt auf, daß die Bestandesgrundfläche nicht erwartungsgemäß von der untersten über die mittlere zur obersten Fläche kleiner wird, sondern daß die Fläche 2 die geringste Grundfläche hat. Da aber gleichzeitig der laufende Zuwachs der Grundfläche (IZG) auf der Fläche 2 nicht der kleinste ist, muß dort relativ kurz vor 1962 eine starke Vorratsentnahme stattgefunden haben, wodurch sich auch die auf dieser Fläche

ausgeglichenste soziale Struktur (Abb. 10) erhalten haben dürfte. Der relativ schwache Grundflächenmittelstamm (Abb. 41) der Fläche 2 könnte sowohl durch eine damalige Entnahme von stärkeren Stämmen als auch durch einen für die Seehöhe relativ schlechten Standort begründet werden.

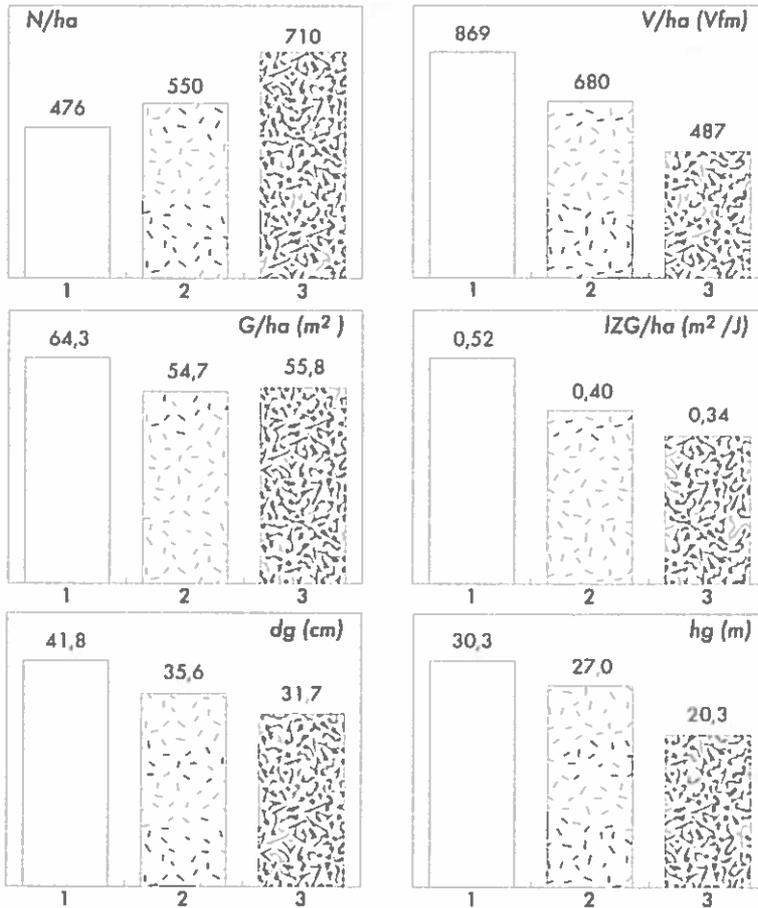
Vergleicht man die Werte von Stammzahl, Grundfläche, Vorrat und Mittelstamm der Flächen im (wirtschaftlichen) Alter 150 mit denen der zugehörigen Ertragsklasse der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ (Abb. 42), so stellt man die größten Abweichungen bei der am höchsten gelegenen Fläche 3 fest, wobei sich auch hier eigentlich nur die Grundfläche und der Vorrat wesentlich von der Ertragstafel unterscheiden. Die anderen beiden Flächen weisen durchwegs große Ähnlichkeiten auf. Bei gleicher Oberhöhenbonität ist auf der Fläche 3 sowohl der Grundflächenmittelstamm um einiges stärker und höher als auch die Stammzahl größer, was sich in um mehr als 25 % höheren Werten der Bestandesgrundfläche und des Vorrats niederschlägt. Die Gültigkeit der verwendeten Ertragstafel in den höchsten Lagen muß somit in Frage gestellt werden.

Um eine Aussage über das Ertragsniveau der untersuchten Flächen treffen zu können, reicht eine Bewertung der mitunter stark schwankenden Bestandesgrundfläche zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht aus. Deshalb stellt die Abbildung 43 die Entwicklungen der Grundflächen der Untersuchungsflächen (soweit rekonstruierbar) der Ertrags-

Abb. 40: Vergleich einiger ertragskundlicher Kennwerte im wirtschaftlichen (ertragstafelkonformen) Alter 150;

N/ha... Stammzahl pro Hektar, V(Vfm)... Vorrat(-smasse) in Vorratsfestmeter, G... Bestandesgrundfläche, IZG... laufender Zuwachs an Bestandesgrundfläche, dg... BHD des Grundflächenmittelstammes, hg... Höhe des Grundflächenmittelstammes.

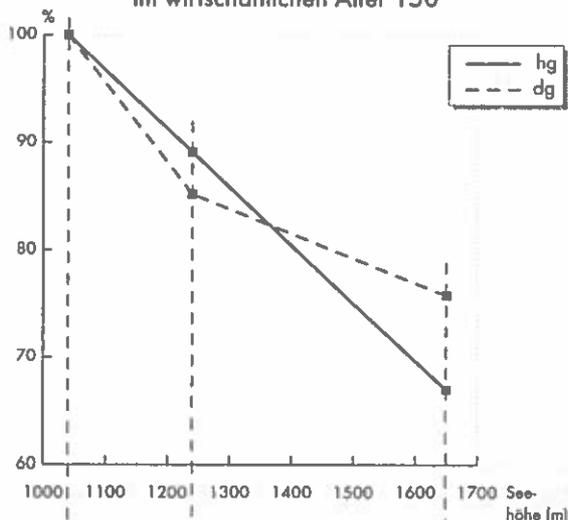
Vergleich ertragskundlicher Kennwerte im wirtschaftlichen Alter 150



tafel gegenüber. Dabei wird ersichtlich, daß bei Berücksichtigung der Bestandesdichte das Ertragsniveau der unteren beiden Untersuchungsflächen mit dem der Ertragstafel weitgehend übereinstimmt, daß aber das Ertragsniveau der obersten Fläche von der Ertragstafel stark unterschätzt wird. Die Unterschätzung scheint mit zunehmender Seehöhe größer zu werden, da sie sich auch bei der mittleren Fläche schon in geringem Maß abzeichnet.

Der größte Unterschied zur Ertragstafel ergibt sich aber beim laufenden Volumenzuwachs in höherem Alter, wie die Abbildung 44 veranschaulicht. Die tatsächlichen Volumenzuwächse sind nämlich am Dobratsch im wirtschaftlichen Alter 150 doppelt bis dreimal so hoch wie die Volumenzuwächse der entsprechenden Ertragsklassen. Ähnlich große Abweichungen vom Modell der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ hat unter anderen auch NEUMANN (1993) für bessere Bonitäten im Montafon festgestellt. Das dürfte zum größten Teil darauf zurückzuführen sein, daß der laufende Zuwachs im Ertragstafelmodell in höherem Alter viel zu rasch abnimmt. Außerdem hängen die

Entwicklung des Grundflächenmittelstammes mit der Seehöhe im wirtschaftlichen Alter 150



laufenden Volumenzuwächse im höheren Alter wesentlich stärker von der Bonität ab als es die Ertragstafel unterstellt.

Die Tabelle 2 weist beim laufenden Zuwachs (IZV) sogar eine Steigerung während der letzten 30 Jahre auf, was zumindest zum Teil auch durch die mangelnde Erfassung des ausgeschiedenen Bestandes zu Beginn erklärbar wäre: Stöcke, die in weniger als 30 Jahren verrotten sind, könnten zu einer Unterschätzung des Holzzuwachses in der ersten Periode geführt haben, was mit zu-

Abb. 41: Größenverhältnisse von Höhe und BHD der Grundflächenmittelstämme im selben Ertragstafelalter 150 zueinander und in Bezug auf die Seehöhe der Flächen. hg... Höhe des Grundflächenmittelstammes, dg... Durchmesser des Grundflächenmittelstammes

Abb. 42:

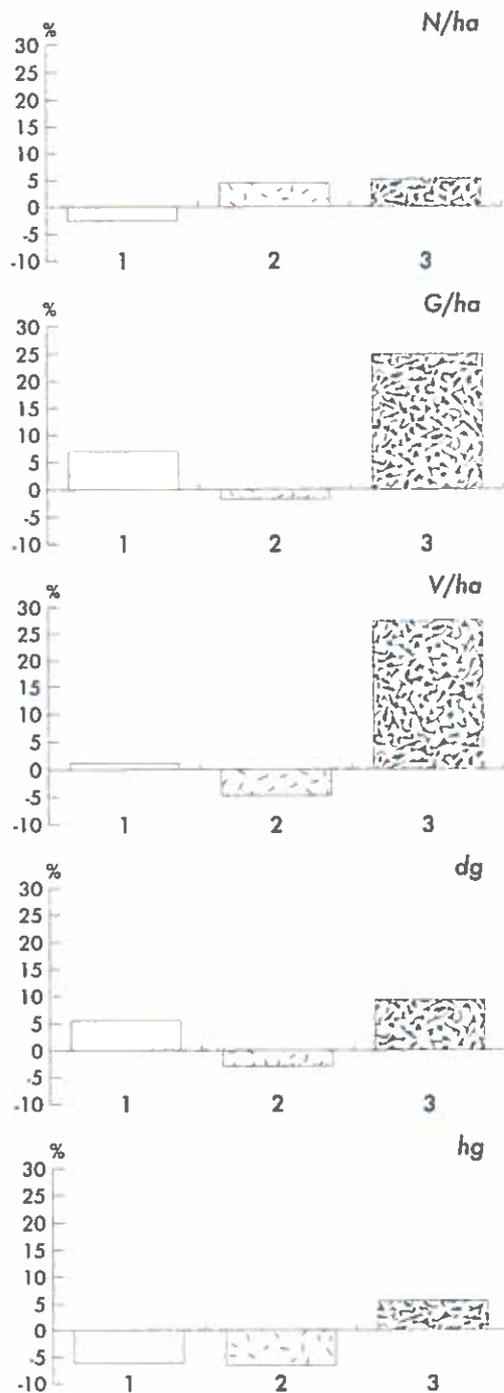
Abweichung einiger ertragskundlicher Kennwerte der Flächen von den entsprechenden Ertragsklassen der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ im selben Ertragsstafelalter 150;

N/ha... Stammzahl pro Hektar, G... Bestandesgrundfläche, V... Vorrat(-smasse), dg... BHD des Grundflächenmittelstammes, hg... Höhe des Grundflächenmittelstammes.

Abweichung ertragskundlicher Kennwerte von der Ertragstafel "Fichte Hochgebirge" im wirtschaftlichen Alter 150

Vergleichsbasis:

Fläche 1 ... EKI 8,6 Fläche 2 ... EKI 7,0 Fläche 3 ... EKI 3,3



nehmendem zeitlichen Abstand zum Aufnahmezeitpunkt wahrscheinlicher wird. Der laufende Zuwachs der letzten Dekade muß dagegen als weitgehend gesichert angesehen werden.

5.3.3 Jahrringbreiten

Die Abbildung 45 zeigt die gemittelten Jahrringbreiten für alle Bäume einer Fläche über dem gleichen Lebensjahr. Die Kurven enden dort, wo weniger als 90 % der Bäume, von denen die Jahrringbreiten ermittelt wurden, aus Altersgründen übrig blieben. Abgesehen von der Fläche 3, die ein ausgeprägtes Maximum im Alter 30 und danach einen charakteristischen Alterstrend hat, sind die Kurvenverläufe eher untypisch. Der Verlauf von Fläche 1 ist dem der Fläche 3 zwar noch am ähnlichsten, hat aber ein wesentlich niedrigeres Maximum in jungen Jahren und deutet einen zweiten Gipfel im Alter 65 an. Besonders eigenartig ist die Kurve der Fläche 2, die ihr Maximum im Alter 95 nach einem Vorgipfel in jungen Jahren erreicht.

Diese im Altersverlauf zweiten Gipfel der Flächen 1 und 2 lassen sich durch die bereits festgestellte erhebliche Ungleichaltrigkeit erklären. Während ein guter Teil der Bäume bereits in der Jugend gute Lichtverhältnisse genoß, wurden diese vielen anderen Bäumen erst nach dem Wegfall starker Überschirmung zuteil.

Bei der Kurve der Solitäre gibt es ein ähnliches Phänomen. Wie die Stammanalysedaten belegen, wuchsen manche Solitäre von Anfang an wesentlich besser als andere, was durch verschieden günstige Kleinstandorte, die an der Waldgrenze ja eine besondere Bedeutung haben, erklärbar wäre. Daher kommt wohl der erste, weniger hohe Gipfel. Der Hauptgipfel im Alter 90 dürfte daher rühren, daß die meisten der untersuchten Solitäre am Dobratsch ihr Höhenzuwachsmaximum nach einer Höhe von ca. 10 m haben, welche einem Alter zwischen 60 und 90 entspricht. Wahrscheinlich ist bis dorthin das Schneefegen wachstumshemmend.

Weiters ist interessant, wie stark sich die Kurve der Solitäre von den Flächenmittelkurven auch noch im Alter 120 (nach Druckstandwirkung) aufgrund der fast doppelten Größe der Jahrringbreiten abhebt. Anscheinend begünstigt der Freistand den Radialzuwachs ganz wesentlich. Dazu kommt sicher auch, daß der Holzzuwachs an der Waldgrenze aus Gründen der Genetik und des Klimas (Wind) stärker unten angelegt wird. Dieses Phänomen spiegelt sich im durchschnittlichen H/D-Wert wider: Während dieser auf der untersten Fläche 74, der

Abb. 43:
Ertragsniveauvergleich durch Vergleich der Bestandesgrundflächenentwicklung der Flächen (in den letzten 30 Jahren) mit der der entsprechenden Ertragsklasse der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ unter Berücksichtigung der Bestandesdichte.

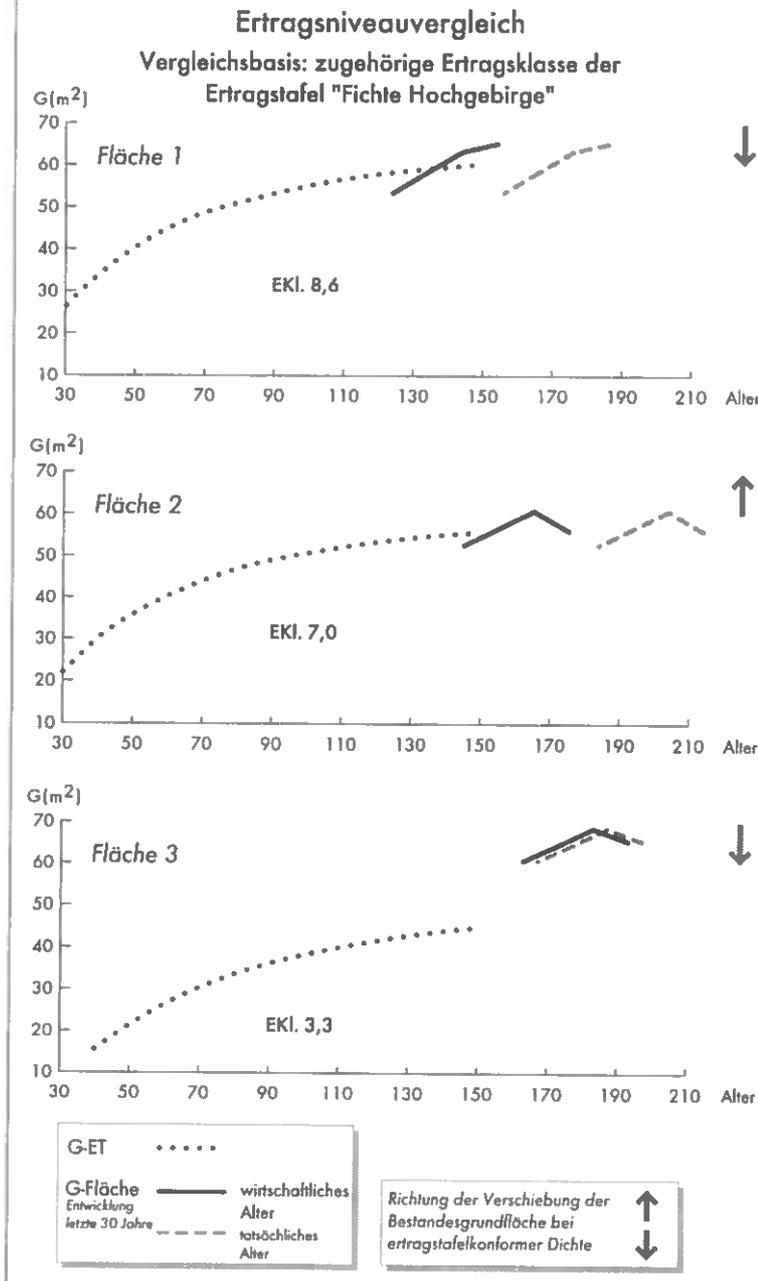
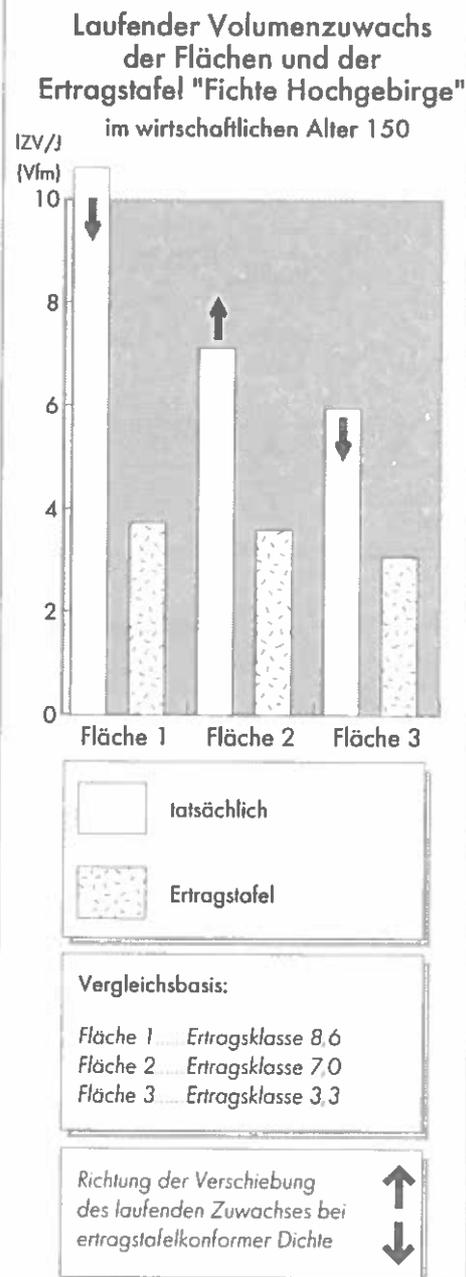


Abb. 44:
Vergleich des laufenden Volumenzuwachses der Flächen mit dem der entsprechenden Ertragsklasse der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ im selben Ertragstafelalter 150 unter Berücksichtigung der Bestandesdichte.



mittleren Fläche 71 und der obersten Fläche immerhin noch 64 beträgt, haben die Solitäre nur mehr einen H/D-Wert von 33.

Die Jahrringbreiten der Fläche 2 liegen über weite Strecken über denen der tiefergelegenen Fläche 1. Die Ursache dafür dürfte im noch stärkeren Druckstand der Fläche 1 in der Jugend liegen, der die Phase der stärksten Radialzuwächse aufschiebt und ausdehnt. Die maximalen mittleren Jahrringbreiten der Flächen

1 und 2 würden daher ohne Druckstand wohl über denen der Fläche 3 und der Solitäre liegen.

Die als „Alterstrend“ bezeichnete allmähliche Abnahme der Jahrringbreiten mit dem Alter ist nur schwach ausgeprägt. Ein wesentlich länger anhaltendes gutes Wachstum als es die Ertragstafeln unterstellen, ist damit offenkundig.

In der Abbildung 46 sind die mittleren Jahrringbreiten der letzten 150 Jahre über dem Kalenderjahr

Abb. 45:
Jahringbreitenmittel der Flächen und der Solitäre über dem Baumalter.

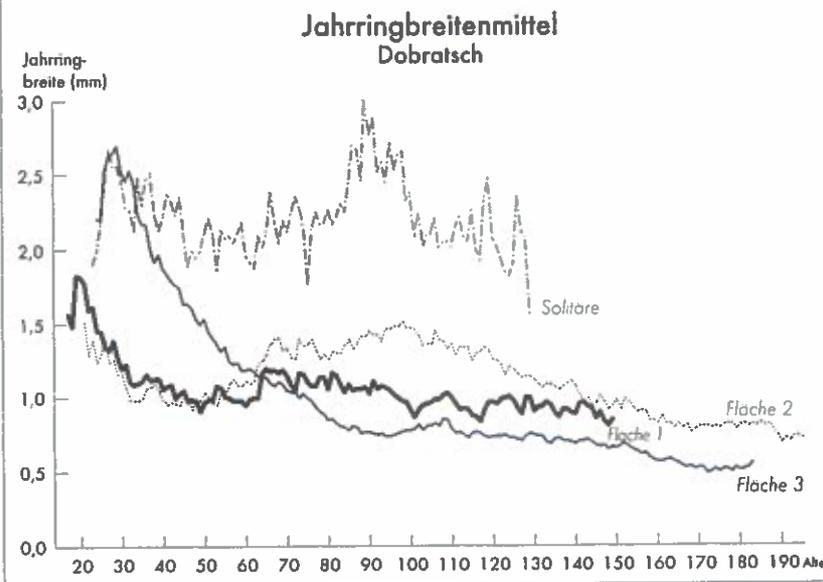
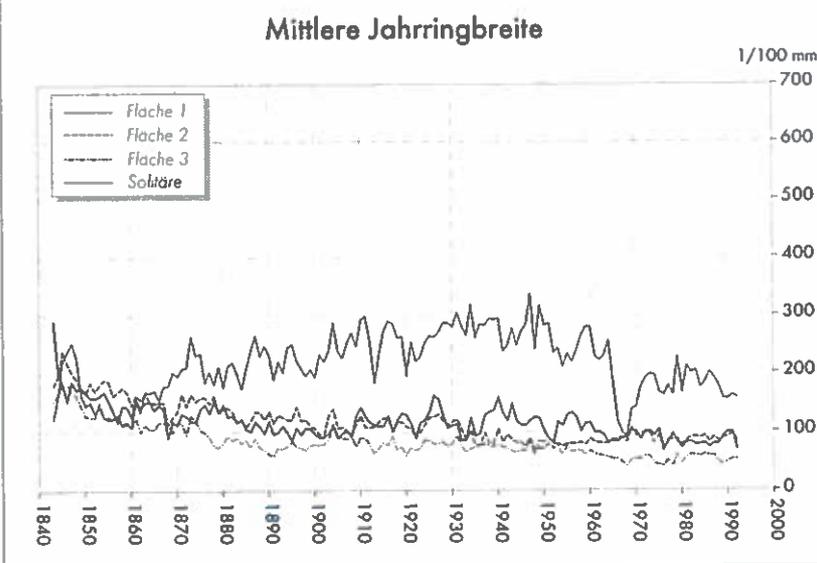


Abb. 46:
Jahringbreitenmittel der Flächen und der Solitäre über dem Kalenderjahr.



aufgetragen. Darauf sind nur mehr die letzten Jahre der Jugendphase zu sehen und zudem sind sämtliche Altersphasen durch die unterschiedlichen Alter bei den Solitären und den Flächen 1 und 2 stark verwischt. Dafür kommen aber witterungsabhängige und andere jahresspezifische Schwankungen (z.B. Samenjahr, Schädlingskalamität, Entnahmen, ...) stärker zum Ausdruck. So müssen z.B. das Jahr 1968 und die drei Jahre davor für die Solitäre extrem ungünstig und auch für die höchstgelegene Fläche 3 schlecht gewesen sein, was auf eine für die Hochlagen nachteilige Witterung schließen läßt.

Nicht viel geringer sind aber auch die Unterschiede zwischen den Verläufen des Höhenzuwachses und der Jahringbreiten (in Brusthöhe) desselben Baumes über den Kalenderjahren, wie es in der Abbildung 48 beispielhaft für den Baum 1 der untersten Fläche zu sehen ist. Es gibt zwar Bäume, bei denen diese Verläufe ähnlicher sind, aber an drei von vier zufällig ausgewählten Bäumen ließ sich kein Zusammenhang in diesen letzten ca. 20 Jahren statistisch absichern. Der von ASSMANN (1961, S. 41) und FRITTS (1976, S. 70) und anderen behauptete Zusammenhang zwischen dem Höhenzuwachs des

Um Vergleichsgrößen zu bekommen, die durch die Konkurrenzsituation weniger beeinflusst sind, wurden die letzten 30 Jahringbreiten in Brusthöhe aller Bäume der sozialen Stellung 2 (mitherrschend) und auch der Solitäre gemittelt: Es ergaben sich erwartungsgemäß von der untersten (0,79 mm) über die mittlere (0,73 mm) bis zur obersten Fläche (0,62 mm) leicht abnehmende Jahringbreiten. Die Solitäre (1,74 mm) übertreffen sogar die Fläche 1 noch um das Doppelte.

5.3.4 Höhenzuwächse aus Quirlmessungen

Um Aussagen über die Höhenzuwächse der letzten ca. 20 Jahre machen zu können, wurden an fast der Hälfte aller Bäume Abstandsmessungen der obersten Quirl vorgenommen. Diese „gequirkten“ Bäume sind altersmäßig für die Flächen repräsentativ.

Vergleicht man die Höhenzuwächse von drei willkürlich ausgewählten Bäumen der gleichen Baumart (Fichte) und sozialen Stellung 2 auf derselben Fläche (Abb. 47), kann man erkennen, daß es erstaunlich große Unterschiede in den einzelnen Verläufen bezüglich der Größe der Höhenzuwächse, der Schwankungen zwischen denselben Jahren (auch Gegenläufigkeiten!) und der Variabilität gibt.

laufenden Jahres und dem Radialzuwachs des Vorjahres war an den selben Bäumen nicht feststellbar, er war sogar noch schlechter. Bei denselben vier Bäumen waren die mittleren Schwankungsgrößen (in % der Maximalwerte) zwischen zwei Jahren bei den Höhenzuwachsen meist wesentlich größer als bei den Jahrringbreiten in Brusthöhe.

Abbildung 49 zeigt die Höhenzuwachstrends der gequirelten Bäume im Vergleich zu den Höhenzuwachsverläufen der jeweils passenden Ertragsklassen der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“. Auf der Fläche 1 liegen die tatsächlichen Höhenzuwächse der gequirelten Bäume der sozialen Stellung 2 im Überlappungszeitraum weit (ca. 60 %) über denen des Mittelstammes; auf den Flächen 2 und 3 ist eine solche Überlegenheit in den letzten Jahrzehnten der Ertragstafelkurve äußerst wahrscheinlich. Das bestätigt indirekt die „Verflachung“ der Oberhöhenkurven der Ertragstafel (Kap. 5.3.1), da Mittelhöhe und Oberhöhe im Ertragstafelmodell ja über eine mathematische Funktion in Beziehung stehen.

Lediglich für die Fläche 2 ließ sich durch Mittelung sämtlicher gemessener Höhenzuwächse über dem Kalenderjahr ein Alterstrend in den letzten 20 Jahren statistisch absichern, welcher durchschnittlich 3 mm Wipfeltriebverkürzung pro Jahr betrug. Für die anderen beiden Flächen ist ein schwacher Alterstrend allerdings auch augenscheinlich.

Die mittleren Höhenzuwächse der letzten 16 bis 20 Jahre der gequirelten Bäume mit der sozialen Stellung 2 sind in Abbildung 50 über dem Kalenderjahr aufgetragen. Die Fläche 1 hebt sich von den beiden anderen sowohl hinsichtlich der Größe der mittleren Höhenzuwächse (durchschnittlich 15,4 cm) als auch der Größe der mittleren jährlichen Schwankungen (1,9 cm) ab: Der kleinste durchschnittliche Wipfeltrieb (10,4 cm) und die geringsten durch-

Abb. 47: Vergleich von Höhenzuwachsen (aus Quirlabstandsmessungen) der letzten 20 Jahre von drei Fichten derselben sozialen Stellung 2 auf der Fläche 1.

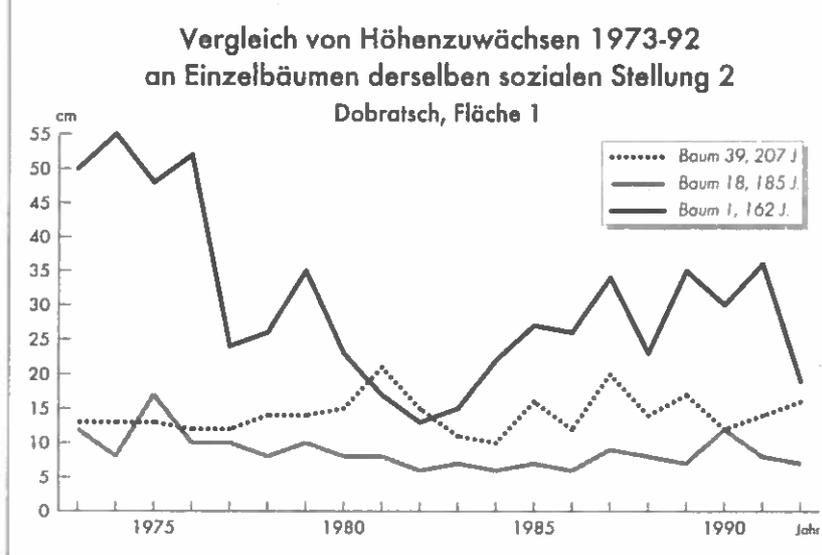
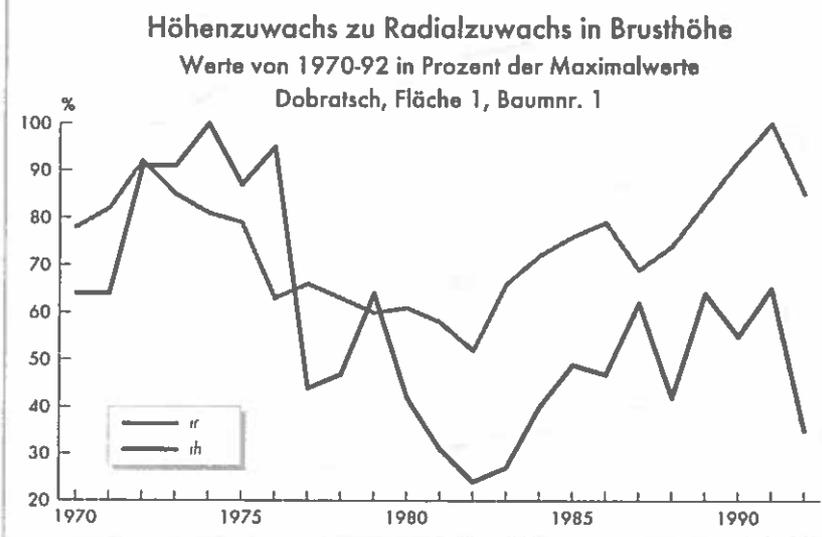


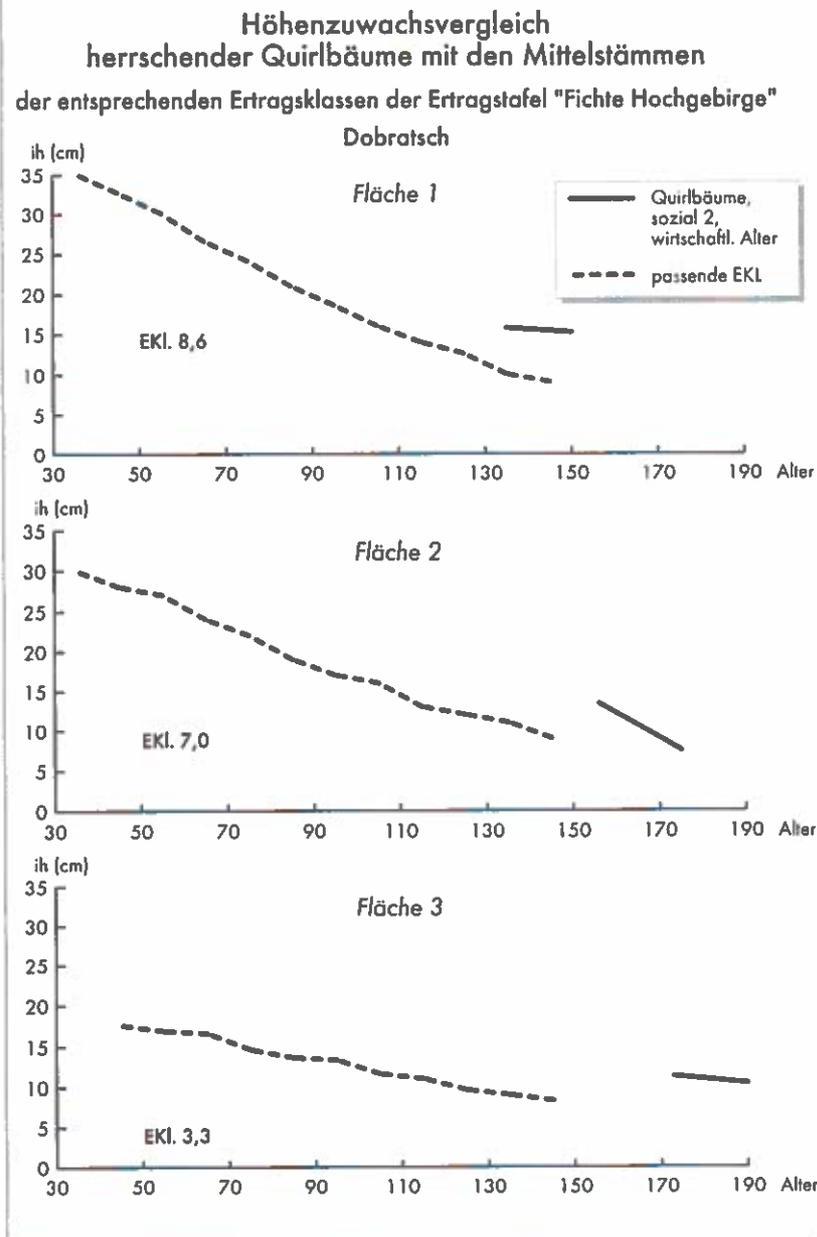
Abb. 48: Vergleich von normalisierten Höhenzuwachsen (aus Quirlabstandsmessungen) und Radialzuwachsen (in Brusthöhe) der Fichte Nr. 1 der Fläche 1 der Jahre 1970-92; ir... Radialzuwachs, ih... Höhenzuwachs.



schnittlichen jährlichen Schwankungen (1,2 cm) sind auf der Fläche 2 festzustellen und sind damit den Werten der obersten Fläche 3 (mittl. Wipfeltrieb: 10,8 cm; mittl. Schwankung: 1,5 cm) sehr ähnlich. Gemessen an der durchschnittlichen Absolutsensitivität der gemittelten Höhenzuwächse dieser letzten Jahre sind die Schwankungen der Fläche 3 (13,6 %) sogar etwas höher als die der Fläche 1 (12,8 %).

Die Tatsache, daß die Kurve der mittleren Fläche nach 1980 unter der der obersten Fläche liegt, ist wiederum dadurch erklärbar, daß auf der mittleren Fläche ein starker Rückgang des Höhenzuwachses

Abb. 49:
Vergleich des mittleren, ausgeglichenen Höhenzuwachsverlaufes (aus Quirlabstandsmessungen) herrschender Fichten mit dem Höhenzuwachsverlauf des Grundflächenmittelstammes der entsprechenden Ertragsklasse der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ für die drei Flächen.



bereits eingesetzt hatte, der die Nähe einer wahrscheinlich standortsbedingten Höhenwachstumsgrenze anzeigt.

Regressionen zwischen dem Alter der gequirelten Bäume und deren durchschnittlichem Höhenzuwachs in den letzten Jahren haben für alle drei Flächen einen negativen Zusammenhang ergeben, d.h. daß mit zunehmendem Alter der Höhenzuwachs erwartungsgemäß sinkt. Dieser Zusammenhang ist allerdings nur auf der Fläche 2 gesichert.

Zwischen den durchschnittlichen Höhenzuwachsen der letzten Jahre und den dazugehörigen Baumhöhen gibt es aber auf den unteren beiden Flächen aufs erste paradox scheinende positive Zusammenhänge. Wenn man aber bedenkt, daß auf diesen Flächen ein unüblicher negativer Zusammenhang zwischen Alter und Baumhöhe besteht (Kap.5.1.1.4), werden diese Ergebnisse verständlich: die höheren Bäume sind dort nämlich die jüngeren und damit auch die, die immer schon besser in die Höhe gewachsen sind. Auf der höchstgelegenen Fläche verhält es sich wie erwartet: Wenn auch nicht gesichert, so sind doch tendenziell die höheren Bäume aufgrund des höheren Alters und des stärker werdenden Alterstrends diejenigen mit geringeren Höhenzuwachsen.

5.4 Radialzuwachs- schwankungen

5.4.1 Gleichläufigkeit

Die einzelnen Jahrringbreitenkurven der Fichten wurden flächenweise anhand des Gleichläufigkeitsprozents und der Gleichläufigkeitssignifikanz nach ECKSTEIN und BAUCH (1973) geprüft. Derselbe Test wurde auch für Jahrringbreitenmittelkurven der Flächen durchgeführt. Für die unterste Fläche ergab sich ein Gleichläufigkeitsprozent von 60 (mit dem Mittelwertdiagramm

69), während dieses auf der mittleren wie auf der höchsten Fläche 68 (mit dem Mittelwertdiagramm 76) erreichte. Anscheinend ist die Gleichläufigkeit dann niedriger, wenn die Wuchsbedingungen eher ausgeglichen sind, und höher, wenn diese stärker schwanken. Die Ergebnisse von NEUMANN (1993) deuten auch in diese Richtung.

Zwischen benachbarten Flächen ist das Ausmaß der Gleichläufigkeit jedenfalls stets höher als zwischen weiter auseinander liegenden, was die mit der

Seehöhe einhergehende Änderung der Wuchsbedingungen widerspiegelt. Beispielsweise beträgt die Gleichläufigkeit der Flächenmittel aus den vorherrschenden und herrschenden Fichten der Fläche 1 und der Fläche 2 noch 65 %, der Fläche 1 und der Fläche 3 aber nur mehr 52 %. Trägt man die Gleichläufigkeitsprozente über die Seehöhendifferenzen (zwischen den Flächen) auf, ergibt sich Abbildung 51. Die Gleichläufigkeitsprozente sinken dabei schneller als die Seehöhendifferenz steigt.

5.4.2 Sensitivität

In der Abbildung 52 werden die Sensitivitätskurven der einzelnen Flächen und der Solitäre für die letzten 150 Jahre gezeigt. Diese sind durch jährweise Mittelung der Einzelsensitivitäten aller Fichten mit der sozialen Stellung 1 oder 2 entstanden.

Das einzige Jahr, in dem auf allen 3 Flächen eine starke Zuwachsminderung stattfand, ist das Jahr 1905. Zwischen der obersten Fläche und der untersten gibt es sonst keine derartigen Übereinstimmungen, zwischen den jeweils „benachbarten“ Flächen aber einige: Fläche 1 und 2 haben 1937 eine positive und 1917, 1935 und 1976 negative gemeinsame starke Zuwachsschwankungen, Fläche 2 und 3 1969 und 1977 positive und 1948 und 1974 negative. Daraus läßt sich folgern, daß sich die Wuchsbedingungen auch bei kleinen räumlichen Distanzen mit der Höhe rasch ändern (siehe auch Kap. 5.4.3).

Im wesentlichen schwanken die Kurven in einem Bereich zwischen -20 % und +20 %. Nur insgesamt 5 mal werden die 40 %-Grenzen überschritten. Die Überschreitungen der 20 %-Grenzen kommen öfter (ca. alle 6 Jahre) vor und sind in der Abbildung 53 für die letzten 100 Jahre in Dezennien zusammengefaßt dargestellt. Die Fläche 2 hebt sich mit nur 12 starken Jahrringbreitenschwankungen während der

Abb. 50: Mittlere Höhenzuwächse (aus Quirlabstandsmessungen) herrschender Fichten über dem Kalenderjahr für die drei Flächen.

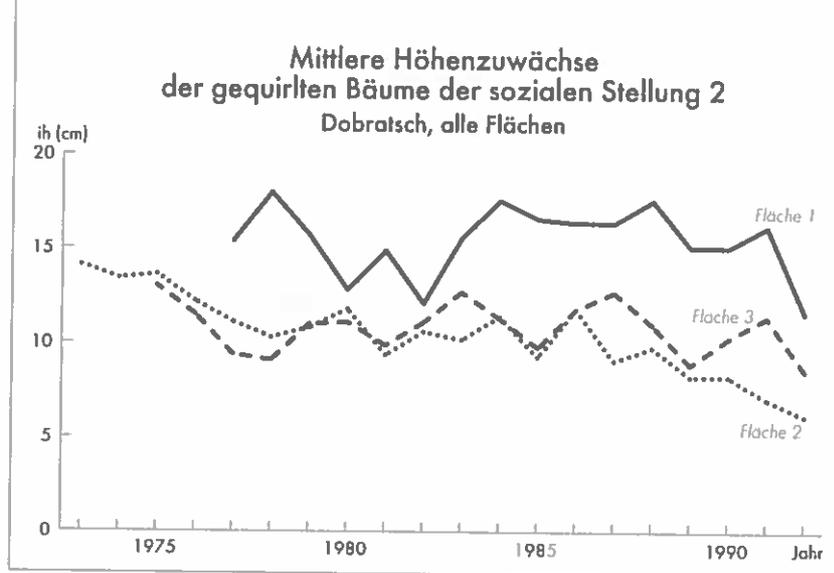
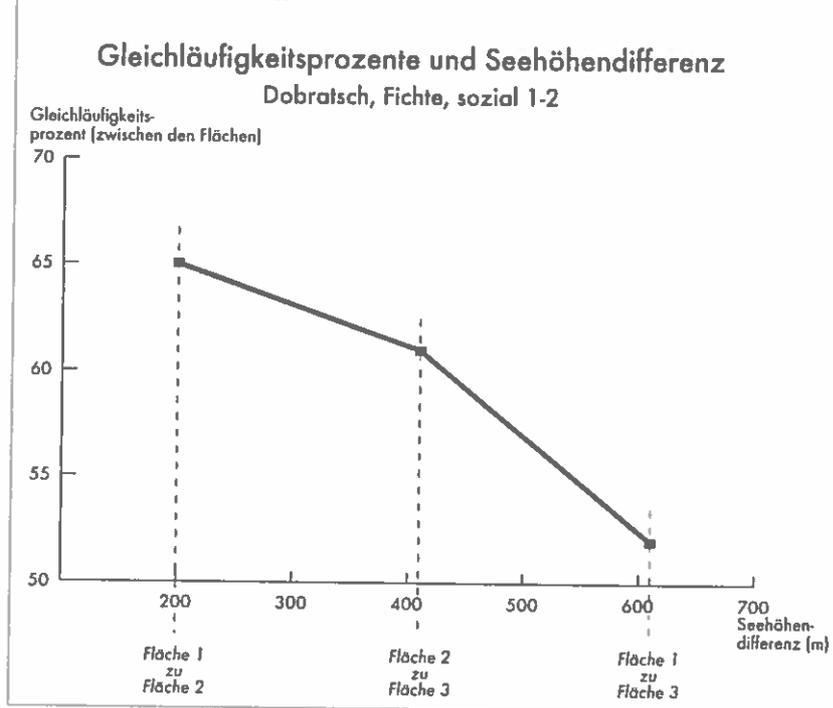


Abb. 51: Gleichläufigkeitsprozente (des Radialzuwachses) zwischen den Flächen und dazugehörige Seehöhendifferenz.



letzten 100 Jahre deutlich von den Flächen 1 und 3 mit jeweils 18 und auch von den Solitären mit 16 ab.

Bildet man das Verhältnis aus den Summen der positiven zu den negativen Grenzüberschreitungen pro Fläche, so ergibt sich für die Fläche 1 0,6, die Fläche 2 0,7, die Fläche 3 0,8 und die Solitäre 1. Das bedeutet, daß es insgesamt einen Überhang an negativen Grenzüberschreitungen gibt, der auf der

Abb. 52:
Jährliche Standortssensitivität (aus allen vorherrschenden und herrschenden Fichten) der letzten 150 Jahre für die drei Flächen und die Solitäre.

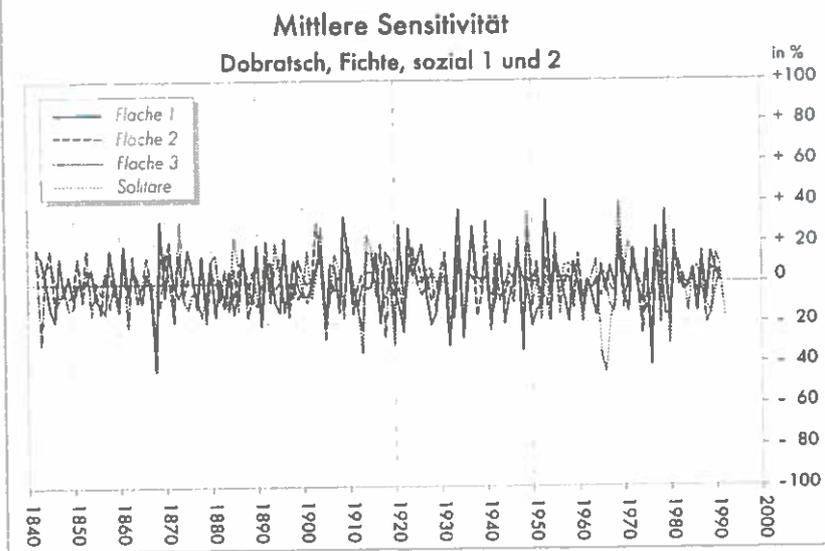
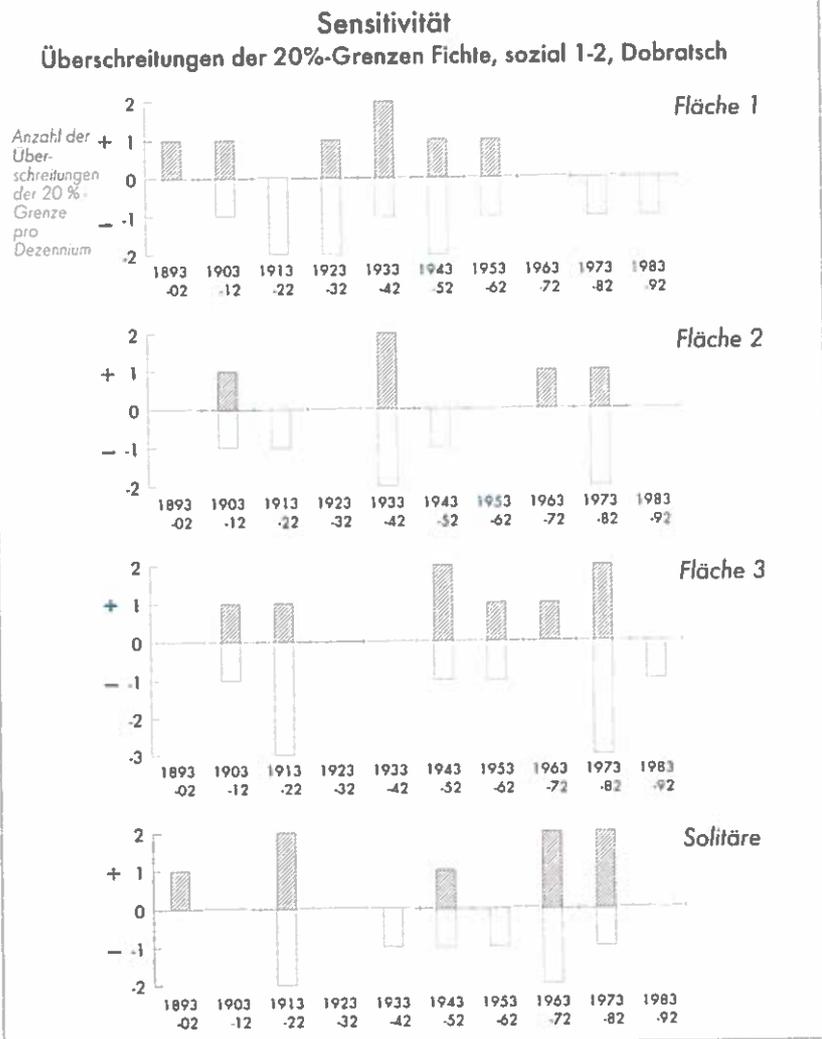


Abb. 53:
Anzahl der Überschreitungen der 20 %-Grenzen der jährlichen Standortssensitivität (aus allen vorherrschenden und herrschenden Fichten) pro Dezennium für die drei Flächen und die Solitäre.



untersten Fläche am größten ist und nach oben hin kontinuierlich sinkt, bis er bei den Solitären nicht mehr existiert. Je besser die Wuchsbedingungen, desto relativ häufiger sind also Jahre mit starken Radialzuwachseinbußen gegenüber Jahren mit starken Radialzuwachssteigerungen. Anders ausgedrückt, je besser der Standort, desto eher schlagen sich Jahre mit (für den betreffenden Standort) ungünstiger Witterung als charakteristische Jahre nieder.

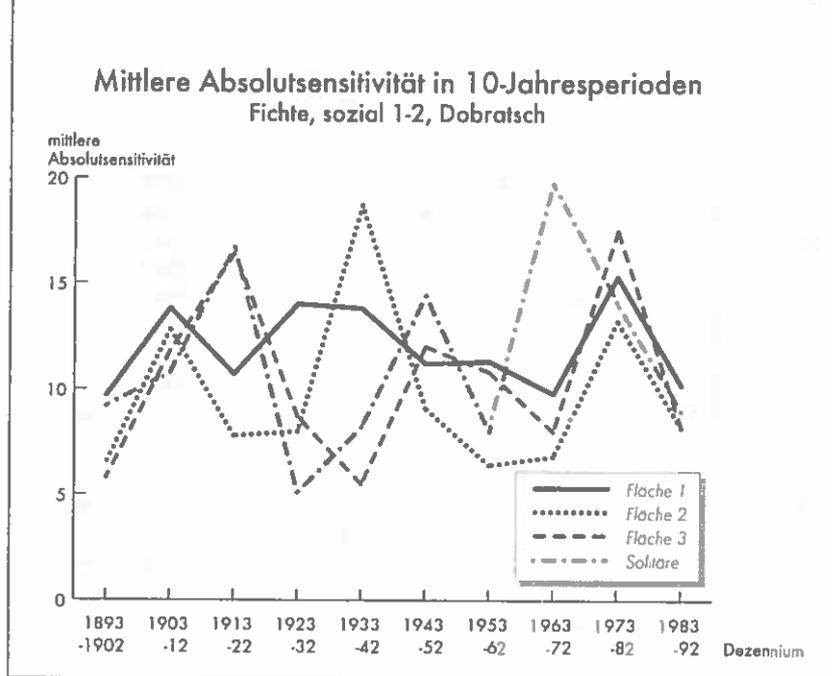
Betrachtet man die mittleren Absolutsensitivitäten der letzten 10 Dezennien (Abb. 54), so fällt zunächst auf, daß die letzten drei Zehnjahresmittel sich nicht wesentlich von den sieben davor unterscheiden. Trendberechnungen haben keine statistisch absicherbaren Trends ergeben. Auf der obersten Fläche und bei den Solitären deutet sich eine Zunahme der dezennalen Absolutsensitivität an, eine ganz schwache Abnahme derselben auf den unteren beiden Flächen. Auf zunehmende Witterungsextreme oder verstärkten Immissionseinfluß kann man daraus jedenfalls nicht schließen. Benachbarte Flächen sind sich ähnlicher, was wiederum den großen Einfluß der Seehöhe auf die Wuchsbedingungen unterstreicht.

Die Mittel der Absolutsensitivitäten der letzten 100 Jahre unterscheiden sich nur geringfügig: 12 auf der untersten Fläche, 9,8 auf der mittleren, 10,5 auf der obersten und 11,5 bei den Solitären.

Der Nachweis, daß höhere mittlere Absolutsensitivitäten mehrerer Bäume über längere Zeit extremere Standorte charakterisieren, ist also auch bei dieser Untersuchung nicht erbringbar, da die unterste Fläche mit großer Wahrscheinlichkeit den ausgeglichensten Standort aufweist.

Diese Zahlen sind wahrscheinlich differenzierter zu interpretieren, sie sind vermutlich auch höher, wenn der Boden gut und der Standraum des Einzelbaumes groß ist und nicht nur, wenn sich die witterungsbedingten Wuchsvoraussetzungen jahresweise stark unterscheiden. Beispielsweise dürfte die große Differenz zwischen der untersten und der mittleren Fläche hauptsächlich auf eine für die Seehöhe unterdurchschnittliche Bodengüte der Fläche 2 zurückzuführen sein, da die Schwankungsbreite der Witterungsgüte mit zunehmender Seehöhe eher zunehmen sollte und die Konkurrenz auf der Fläche 2 geringer ist, die mittlere Absolutsensitivität aus diesen Gründen also höher als auf der untersten Fläche sein sollte.

Abb. 54: Mittlere Absolutstandortssensitivität (aus allen vorherrschenden und herrschenden Fichten) für 10-Jahres-Perioden für die drei Flächen und die Solitäre.

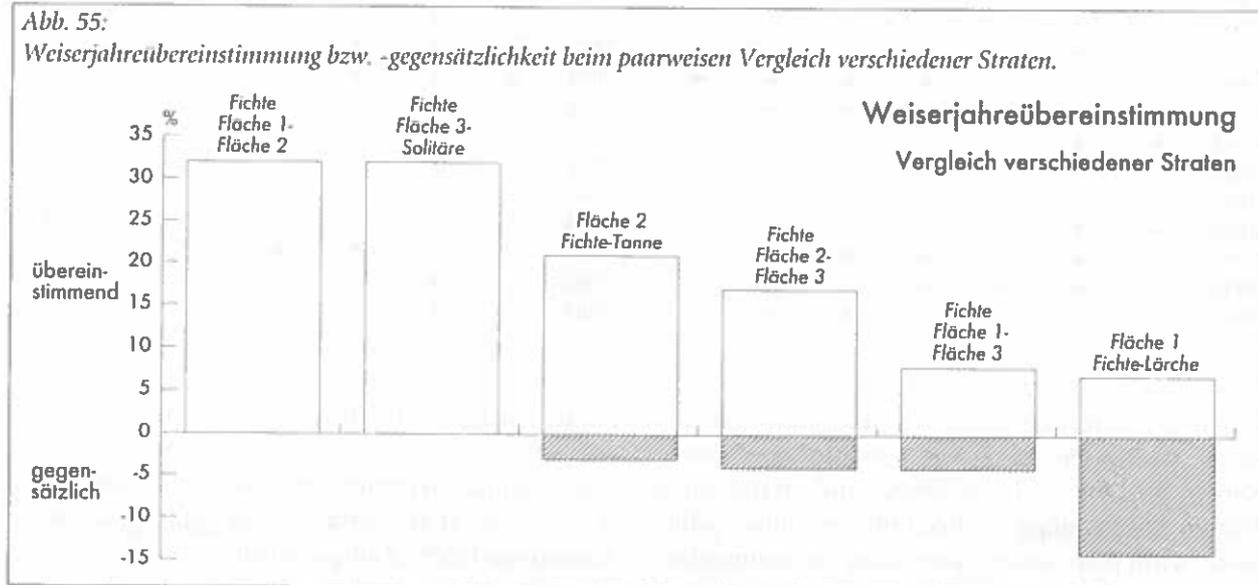


5.4.3 Weiserjahre

Es gibt verschiedene Definitionen für Weiserjahre. Alle haben aber das Ziel, Jahre zu selektieren, die das zeitliche Einordnen von Jahrringbreitenverläufen ermöglichen bzw. erleichtern. Je mehr solcher Jahre, die für die jeweils zur Verfügung stehenden Vergleichsmethoden dienlich sind, gefunden werden können, desto besser. Je nach Definition kann es aber verschiedene Weiserjahre für die gleichen untersuchten Bäume geben (NEUMANN, 1993), weshalb für den Vergleich von Weiserjahren aus verschiedenen Publikationen Vorsicht geboten ist.

Die hier verwendete Methode zum Herausfiltern von Weiserjahren bedient sich des Sensitivitätsindex. Sie ist der Intervalltrendmethode sehr ähnlich, berücksichtigt zusätzlich zum Trend aber auch noch die relative Größe. Die optische Erkennbarkeit im Holzquerschnitt, wie sie für die Weiserjahrdefinition von SCHWEINGRUBER ET AL. (1991) noch wesentlich ist, hat dabei keine Relevanz mehr. Wenn ein Sensitivitätsindex größer als +90 % oder kleiner als -90 % war, wurde das betreffende Jahr als positives oder negatives Weiserjahr bezeichnet.

Abb. 55: Weiserjahreübereinstimmung bzw. -gegensätzlichkeit beim paarweisen Vergleich verschiedener Straten.



Tab.3:
Weiserjahre für 7 verschiedene Straten von Bäumen; Auswahlkriterium war ein Sensitivitätsindex >+90 % oder <-90 %

x keine Angabe für dieses Jahr möglich

Fi12 Fichten der sozialen Stellung 1 und 2

Jahr	Fläche1		Fläche 2		Fläche 3	Solitäre	alle	Jahr	Fläche1		Fläche 2		Fläche 3	Solitäre	alle
	Fi12	Lä12	Fi12	Ta23	Fi12	Fi	Fi12		Fi12	Lä12	Fi12	Ta23	Fi12	Fi	Fi12
1992	-		-	-				1946							
1991		+		+				1945		-				+	
1990		+		-	+			1944	-			-			
1989	+	-			-			1943				-			
1988				-	-			1942						+	
1987			+	+				1941	-		-			-	-
1986		+		-				1940		+	+				
1985				+				1939				-			
1984				-				1938			-	+			
1983								1937	+		+				
1982					+			1936		+		+			
1981	+	-			+	+		1935	-	+	-			-	
1980	-		-		-	-	-	1934	+	x	+	-		+	+
1979					+	+		1933		x	-	-	-		
1978					-			1932	-	x	-		-		-
1977			+		+		+	1931		x		+	+	+	
1976	-		-	-				1930		x					
1975			+			-		1929		x		-	-		
1974		+	-		-			1928	-	x	-	-			
1973								1927		x					
1972	+	+			+	+		1926	+	x					
1971		+				+		1925		x		+			
1970			-					1924		x		+	+		
1969		-	+		+	+	+	1923	+	x	+				
1968				-	-			1922	-	x	-	-			
1967				-	-	-		1921		x			+	+	
1966					-	-		1920		x			-	-	
1965				-		-		1919		x					
1964	-					+		1918		x			-		
1963								1917		x	-	-	+		
1962		-		-				1916	+	x		+			
1961			-			-		1915		x		-	+		
1960								1914		x		+		+	
1959				+	-			1913		x			-	-	
1958				-				1912		x		-	-		
1957		-						1911		x		-			
1956		+		-	-	-		1910		x	+	+	+	+	+
1955				+	+	+	+	1909	+	x	+		-		
1954					-	-		1908		x				+	
1953	+	+						1907		x		-			
1952						-		1906		x					
1951								1905		x	-	-	-		-
1950	-	+				-		1904		x		-	+	+	+
1949		+		+	+	+		1903		x	+	+			
1948		-	-	-	-	-		1902		x					
1947		-			+	+		1901		x		-			

Tabelle 3 zeigt die für dieses Jahrhundert gefundenen Weiserjahre für sieben verschiedene Straten: Neben den für vorherrschende und herrschende Fichten der einzelnen Flächen und der Solitäre gebildeten Gruppen sowie einer diese zusammenfas-

senden Gruppe wurden noch die Lärchen derselben sozialen Stellungen der Fläche 1 und - mangels ausreichender Vertreter der gleichen sozialen Position - die herrschenden und mitherrschenden Tannen der Fläche 2 ausgeschieden.

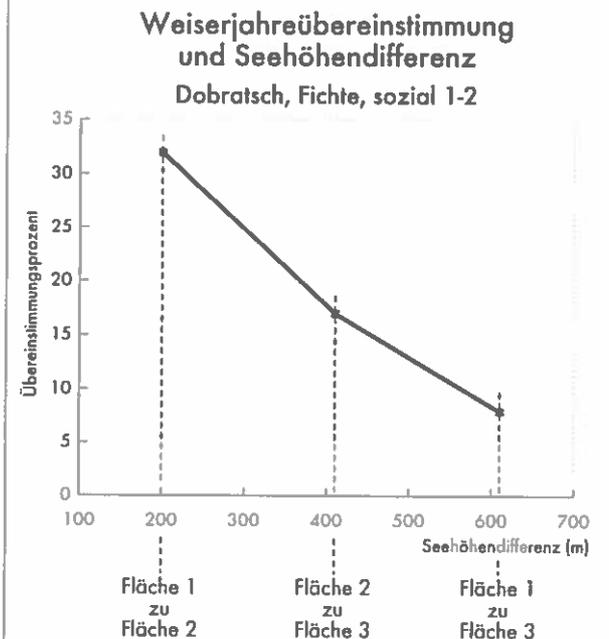
Tab. 4:
Weiserjahrstatistik

Fläche(n)	BA	Su+	Su-	Su+-	Jahre	J/+	J/-	J/+-	+/-
Fläche 1	Fi12	10	11	21	92	9,2	8,4	4,4	0,9
	Lä12	13	8	21	58	4,5	7,3	2,8	1,6
Fläche 2	Fi12	11	17	28	92	8,4	5,4	3,3	0,7
	Ta23	15	29	44	92	6,1	3,2	2,1	0,5
Fläche 3	Fi12	17	20	37	92	5,4	4,6	2,5	0,9
Solitäre	Fi	18	15	33	92	5,1	6,1	2,8	1,2
alle	Fi12	6	4	10	92	15,3	23	9,2	1,5

Su+- Summe der positiven und negativen Weiserjahre
 J/+ durchschnittlicher zeitlicher Abstand zwischen positiven Weiserjahren
 +/- Anzahl der positiven zu Anzahl der negativen Weiserjahre
 Jahre Anzahl der Jahre vor 1993, die zur Weiserjahrberechnung herangezogen wurden

hang an negativen Weiserjahren gibt. Bei der Lärche der Fläche 1 kommt es am häufigsten zu positiven Weiserjahren und sie zeichnet sich auch durch einen starken Überhang der positiven über die negativen Weiserjahre aus. Die Tanne der Fläche 2 weist bei allerdings schlechterer sozialer Stellung (nur 2 und 3) sowohl die meisten negativen wie auch die meisten Weiserjahre insgesamt auf. Sie hat weiters den stärksten Überhang an negativen Weiserjahren.

Abb. 56:
Weiserjahreübereinstimmungsprozente zwischen den flächenweise gebildeten Straten aus sämtlichen vorherrschenden und herrschenden Fichten in Bezug auf die Seehöhendifferenz zwischen den jeweiligen Vergleichsstraten.



Für die größte Gruppe (sämtliche analysierte vorherrschende und herrschende Fichten) kommt man in diesem Jahrhundert nur auf 6 positive (1904, 1910, 1934, 1955, 1969, 1977) und 4 negative (1905, 1932, 1941, 1980) Weiserjahre. Wie aus der Weiserjahrstatistik (Tab. 4) leichter ersichtlich ist, konnten für die anderen Straten mindestens doppelt so viele Weiserjahre ermittelt werden, was die Unterschiedlichkeit der Wuchsbedingungen auf den einzelnen Flächen und auch für verschiedene Baumarten erneut unterstreicht.

Von Fläche zu Fläche steigt bei der Fichte mit der Seehöhe die Anzahl der Weiserjahre von 21 auf 37, wobei es (Solitäre ausgenommen) stets einen Über-

hang an negativen Weiserjahren gibt. Bei der Lärche der Fläche 1 kommt es am häufigsten zu positiven Weiserjahren und sie zeichnet sich auch durch einen starken Überhang der positiven über die negativen Weiserjahre aus. Die Tanne der Fläche 2 weist bei allerdings schlechterer sozialer Stellung (nur 2 und 3) sowohl die meisten negativen wie auch die meisten Weiserjahre insgesamt auf. Sie hat weiters den stärksten Überhang an negativen Weiserjahren.

Abbildung 55 veranschaulicht, in welchem Maße die Weiserjahre verschiedener Stratenpaare übereinstimmen oder sogar gegensätzlich sind. Die Anzahl derjenigen Jahre, in denen bei beiden Straten gleichlautende oder gegensätzliche Weiserjahre auftreten, wurde in Prozent der Summe aller Jahre des Vergleichszeitraumes ausgedrückt, in denen ein oder zwei Weiserjahre vorkommen. Es zeigt sich generell, daß die Übereinstimmungen geringer sind als man annehmen würde.

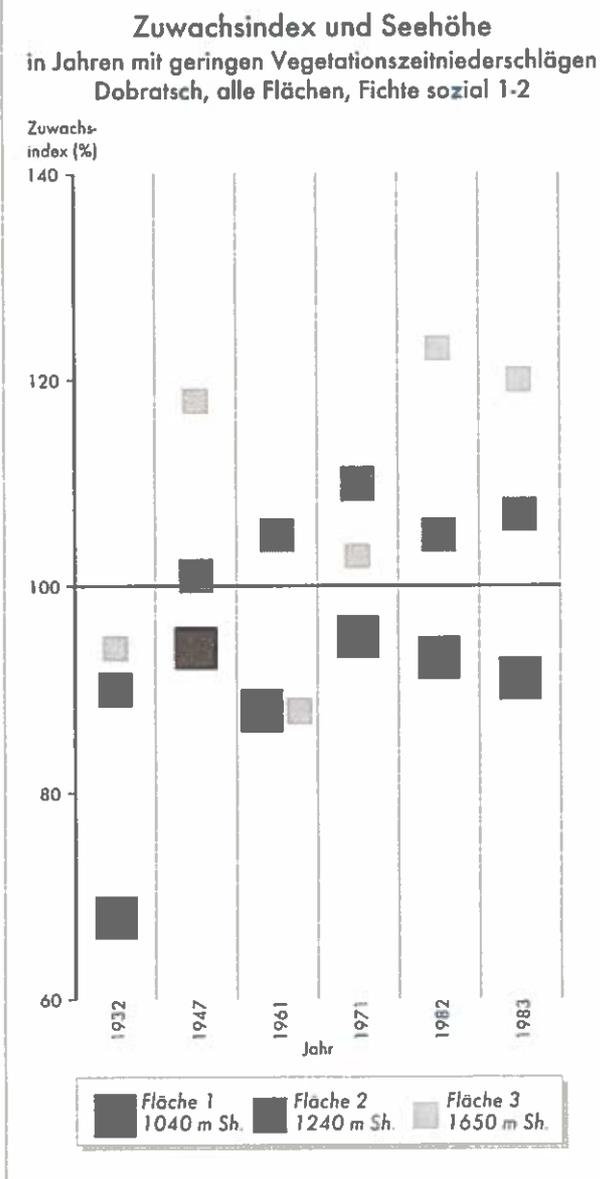
Am ähnlichsten sind Weiserjahrabfolgen vorherrschender und herrschender Fichten der benachbarten Flächen 1 und 2 sowie der Fläche 3 und der Solitäre mit jeweils 32 % Übereinstimmung. Mit bereits deutlich weniger Gleichläufigkeit (21 %) und geringer Gegenläufigkeit (3 %) der Weiserjahre folgt das Vergleichspaar Fichte-Tanne auf der Fläche 2 bei allerdings leicht verschiedener mittlerer sozialer Stellung. Diese Paarung zeigt sogar mehr Ähnlichkeiten als jene der vorherrschenden und herrschenden Fichten der Flächen 2 und 3. Die Fichten derselben sozialen Klassen der Flächen 1 und 3 haben nochmals um einiges weniger an Weiserjahren gemeinsam. Mit Abstand am schlechtesten harmonisieren die Weiserjahrverläufe der Lärchen und Fichten der Fläche 1 (sozial 1-2). In diesem Fall gibt es sogar doppelt so viele gegensätzliche wie gleichlautende Weiserjahre.

Noch mehr verdeutlicht Abbildung 56, wie sehr auch innerhalb einer Baumart die Ähnlichkeit zwischen den Weiserjahrverläufen von der vertikalen Entfernung der untersuchten Straten abhängig ist. Das Übereinstimmungsprozente nimmt am Dobratsch sogar fast linear mit zunehmendem Seehöhenunterschied ab.

Ein Erklärungsansatz für diese großen Wachstumsunterschiede soll durch die Abbildung 57 anhand von ein paar Jahren mit niedrigem Vegetationszeit-

niederschlag (<600 mm bei durchschnittlich 804 mm) illustriert werden: Während der Zuwachsindex (hier mittlere Jahrringbreite einer Fläche eines bestimmten Jahres in % der gemittelten Jahrringbreiten der vorhergegangenen 10 Jahre) der untersten Fläche im Durchschnitt dieser trockenen Jahre mit 88 % auf schlechte Jahre schließen läßt, kann man auf der mittleren von durchschnittlichen (103 %) und auf der höchsten sogar von guten Jahren (108 %) sprechen. Vermutlich kommt damit zum Ausdruck, daß in tieferen Lagen der Niederschlag und in höheren Lagen dagegen die Temperatur einen Minimumfaktor darstellt.

Abb. 57:
Vergleich der Zuwachsindices der Flächen (vorherrschende und herrschende Fichten) in Jahren mit geringen Vegetationszeitniederschlägen.



5.5 Bewertung des Benadelungszustandes

Obwohl die gegebene Verteilung auf die Nadelverlustklassen mit wenig nicht verlichteten und stark verlichteten Bäumen (Abb. 22, Kap. 5.1.4) eine erfolgreiche Analyse von vornherein unwahrscheinlich machte, wurden dennoch Regressionen zwischen dem Nadelverlust und ein paar Parametern gerechnet, um wenigstens Tendenzen erkennen zu können. Die Tabelle 5 gibt einen Überblick über die gerechneten Korrelationen und deren Korrelationskoeffizienten, t-Werte und Irrtumswahrscheinlichkeiten, soweit letztere nicht wesentlich über die 10 %-Grenze hinausgingen.

Tab. 5:
Korrelationen mit dem Nadelverlust

	Fläche 1			Fläche 2			Fläche 3		
	r	t	IW	r	t	IW	r	t	IW
ir	+0,05	0,3	—	+0,33	1,9	8 %	+0,11	0,80	—
ivol/m ²	+0,02	0,1	—	-0,37	1,8	9 %	-0,06	0,30	—
Alter	-0,15	0,8	—	+0,38	1,9	8 %	+0,32	2,00	6 %
H/D-Wert	-0,29	1,7	11 %	-0,38	1,9	8 %	-0,07	0,40	—
Höhe	-0,10	0,5	—	+0,37	1,9	9 %	-0,29	1,80	9 %
Mantelfl.	-0,14	0,7	—	+0,64	3,8	1 %	-0,28	1,70	10 %

ir = Radialzuwachs
ivol/m² = Volumenzuwachs zu Mantelfläche
IW = Irrtumswahrscheinlichkeit

Es fällt zunächst auf, daß nur bei zwei Parametern gleichgerichtete Beziehungen auf allen drei Flächen bestehen, wobei es beim Radialzuwachs besonders verwundert, daß dieser durchwegs, wenn auch meist nur schwach, mit zunehmendem Nadelverlust steigt. Das hängt wahrscheinlich damit zusammen, daß mit kleiner werdendem H/D-Wert die Verlichtung stärker wird, d.h. diejenigen Bäume, welche in Brusthöhe verhältnismäßig stark sind, dort auch stärker zuwachsen. Ansonsten gibt es ein uneinheitliches Bild mit insgesamt sehr wenig engen Beziehungen.

Für die Fläche 1 wurde nur eine einigermaßen aussagefähige Beziehung gefunden: Je kleiner der H/D-Wert, desto größer der Nadelverlust. Nachdem die Verlichtung mit zunehmender Baumhöhe aber eher abnimmt, kann es sich bei den verlichteten Bäumen kaum um dominante Bäume handeln. Ein Vergleich des mittleren H/D-Wertes der zahlreichen hohlfaulen (22 %) mit dem der nicht hohlfaulen Fichten dürfte die Erklärung liefern: der durchschnittliche H/D-Wert der hohlfaulen Fichten der sozialen Stellung 2 ist mit 70 deutlich kleiner als derjenige der nicht hohlfaulen Fichten derselben sozialen Stellung mit 74, wofür wohl ein mehr oder weniger ausgeprägter, fäulebedingter „Flaschenhals“ verantwortlich

ist. Gleichzeitig ist der mittlere Nadelverlust der herrschenden hohlfaulen Fichten mit 20,5 % größer als jener der nicht hohlfaulen mit 17,5 %. Obwohl diese beiden Mittelwertsunterschiede statistisch nicht absicherbar sind, liegt der Schluß doch nahe, daß die Rotfäule für den Nadelverlust auf der untersten Fläche hauptverantwortlich ist. Wenn eine Fichte nicht hohlfaul ist, heißt das schließlich noch nicht, daß sie nicht doch rotfaul sein könnte. Daraus könnte sich auch die mangelnde Signifikanz erklären.

Die meisten Zusammenhänge zwischen den untersuchten Parametern und dem Nadelverlust gibt es auf der Fläche 2. Dort wurde auch die Korrelation mit dem insgesamt höchsten Korrelationskoeffizienten gefunden: Je größer die Mantelfläche, desto stärker verlichtet sind die Fichten. Hier weisen aber die höheren Bäume gleichzeitig die größeren Nadelverluste auf, was zusammen mit der bereits erwähnten Beziehung zwischen H/D-Wert und Nadelverlust die Exponiertheit aufgrund der sozialen Dominanz als Hauptursache für geringere Benadelung erscheinen läßt. Zusätzlich spielt der Faktor Alter die bereits bekannte Rolle, d.h. ältere Bäume erscheinen weniger benadelt.

Dieser Faktor steht auf der Fläche 3 in stärkster Beziehung mit der Kronenverlichtung. Gleichzeitig sind hier aber wieder - wie schon auf der Fläche 1 - nicht die dominanten, höheren Bäume die am meisten verlichteten, sondern umgekehrt. Analog verhält es sich auch mit der Mantelfläche, die im Gegensatz zur Fläche 2 klein ist, wenn das Nadelverlustprozent hoch ist. Man könnte also zusammenfassend auf den Konkurrenzdruck als Hauptfaktor für Nadelverluste auf der höchsten Fläche schließen.

Bei den Solitären ist der am stärksten faule Baum (Stockfäule) auch derjenige mit den größten Nadelverlusten aller am Dobratsch untersuchten Fichten. Ansonsten bestimmen bei zwei Bäumen dürre Wipfel und bei allen Solitären starker Flechtenbehang das Benadelungsbild. Die Standortsextreme, respektive die Wetterausgesetztheit, sind hier wohl für die Minderbenadelung entscheidend. Zwischen der Dichte der Benadelung und der Farbe der Nadeln konnte kein Zusammenhang hergestellt werden. Dafür korrelieren Nadelverfärbung und soziale Stellung am Dobratsch eindeutig: Fichten höherer sozialer Stellung sind deutlich eher verfärbt als Fichten niederer sozialer Stellung.

Zusammenfassend erweist sich am Dobratsch der Benadelungszustand der Fichte als unspezifischer Weiser für die Befindlichkeit dieser Baumart.

6. Diskussion und Schlußfolgerung

Die vorgestellte altersunabhängige Bonitierungsverfahren mit Oberhöhenkurvenabschnitten scheint für ungleichaltrige Bestände und Bestände mit Druckstandsvergangenheit gute Ergebnisse zu liefern, sonst müßte es beim Vergleich mit der Ertragstafel im Alter 150 bei den zusätzlichen Unsicherheiten der Bestimmung eines „wirtschaftlichen“ Flächenalters zu wesentlich größeren Differenzen kommen. Die Überlegenheit gegenüber herkömmlichem Bonitieren mit Alter und Oberhöhe in solchen inhomogenen Beständen ist offensichtlich.

Es eröffnen sich mit dieser Methode aber noch andere Anwendungsmöglichkeiten: Wenn eine gute Sicht in die Krone möglich ist und dadurch Quirl zählbar sind, und außerdem ein exaktes und auf beliebige Distanz leicht handhabbares Höhenmeßgerät zur Verfügung steht, ist Bonitieren ohne Bohren und ohne die Unsicherheit der Altersbeeinflussung durch Verbiß am Stehenden möglich, und zwar in gleichaltrigen und ungleichaltrigen Beständen. Grundvoraussetzung ist das Vorhandensein einer passenden Ertragstafel und deren Identifizierung.

Die vorgestellte Berechnung der Oberhöhenkurve unter Einbeziehung aller Analysestämme und rechnerischer Herstellung von Gleichaltrigkeit in ungleichaltrigen Beständen birgt eine gewisse Gefahr der Unterschätzung der Oberhöhe und damit der Bonität im bonitierungsrelevanten Bereich nach der Regenerationsphase der Kronen: die Oberhöhenstämme sind dann nämlich überwiegend Stämme, die zufällig weniger unter Druck gestanden haben als die anderen, unter denen vielleicht aus genetischen Gründen potentiell Besserwüchsige sein könnten. Die entscheidende offene Frage ist, wie groß im Altersklassenwald der Einfluß der Genetik auf die Chance eines Baumes ist, ein Oberhöhenstamm zu werden, bzw. ob andere Faktoren, wie Standortraum oder Kleinstandort, einen größeren Einfluß haben.

Ein weiteres Problem bei der Bonitierung kann sich ergeben, wenn lange Druckstand geherrscht hat und sich danach die Kronen bis zu einem Ertragstafelalter von etwa 100 Jahren nicht ausreichend regeneriert haben, um den Höhenzuwachs zu leisten, der dem Standort entspricht. Auf den beiden unteren Flächen waren für die Regeneration der Kronen immerhin etwa 8 m Oberhöhenzuwachs nötig. Im Falle der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ ist ein Bonitieren nach dem Alter 100 aufgrund der „Verflachung“ des

Oberhöhenfächers zu vermeiden. Das ist aber natürlich kein Problem der Methode an sich.

Der Druckstandszeitverlust des Bestandes konnte nur grob geschätzt werden, da dafür die Höhenentwicklung der Oberhöhenstämme herangezogen wurde. Dadurch wird einerseits das Bestandesalter in Brusthöhe unterschätzt, andererseits auch der Altersunterschied zwischen Bestand und Ertragstafel zum Bonitierungszeitpunkt, was eine teilweise Aufhebung des Fehlers der Schätzung des Bestandesdruckstandszeitverlustes bedeutet.

Es stellt sich die Frage, ob mit der Bestimmung der zum Oberhöhenverlauf passenden Ertragsklasse viel gewonnen ist, da damit ja noch keine weiteren Ertragstafelanwendungen (z.B. für die Nutzungsplanung) unmittelbar möglich sind. Wenn man aber davon ausgeht, daß ein naturnäherer, ungleichaltriger Wald über längere Zeiträume zumindest nicht wesentlich weniger an Masse produziert als ein Altersklassenwald am selben Standort, kann man doch wesentliche Schlüsse für die Nutzungsplanung ziehen.

Die „Verflachung“ des Oberhöhenfächers, aber auch der frühe Rückgang des Radialzuwachses in der Ertragstafel im höheren Altersbereich wird zwar immer mehr als Tatsache anerkannt, doch sind noch weitere Untersuchungen nötig, um das zu untermauern. Von konkretem Wissen hängt gerade auf schlechteren Standorten viel ab, da die Umtriebszeiten dort normalerweise im problematischen Altersbereich liegen und Fehlentscheidungen in der Nutzungsplanung die wahrscheinliche Folge sind. Die Erreichbarkeit interessanterer Dimensionen in wirtschaftlich relevanten Zeiträumen könnte aber tatsächlich gegeben sein. Der gegenüber der Ertragstafel doppelte bis dreifache laufende Zuwachs am Dobratsch im Ertragstafelalter 150 bestätigt diese These jedenfalls.

Anstelle von „Verflachung“ des Oberhöhenfächers der Ertragstafel zu sprechen wäre es wohl korrekter, von einer „Streckung“ der tatsächlichen Oberhöhenverläufe zu sprechen, die auf eine vermutliche Verbesserung der Wuchsbedingungen zurückzuführen ist, wie sie unter anderem von NEUMANN und SCHADAUER (1995) attestiert wird. Tatsächlich nahm der laufende Zuwachs am Dobratsch in den letzten drei Dekaden sogar noch zu. Die dargelegte Abnahme der Weiserjahreübereinstimmung mit zunehmender Seehöhendifferenz macht den großen Einfluß der Seehöhe und des Stratums im allgemeinen auf die Weiserjahreauswahl deutlich. Die Angabe von Weiserjahren für größere Gebiete ist nur

dann seriös, wenn eine wirklich repräsentative Auswahl von Bäumen getroffen wurde, was in Österreich eigentlich fast unmöglich ist. Die Publikation von Weiserjahren ohne Angabe der verwendeten Weiserjahredefinition oder ohne die genaue Beschreibung des Stratums ist somit wertlos.

Die Übereinstimmung der Weiserjahre von Fichte und Tanne auf der selben Fläche ist eine viel bessere als von Fichte und Lärche, was ein Zeichen für wesentlich andere Standortsansprüche der Lärche sein könnte. Die Lärche hat außerdem die meisten positiven Weiserjahre, entweder weil ihre Standortsansprüche normalerweise nicht befriedigt werden und daher jedes für sie günstige Jahr im Jahrringdiagramm ein charakteristisches ist oder weil sie gute Wuchsbedingungen besonders gut nützen kann. Wäre ersteres der Fall und würde auch ein Überhang an positiven Weiserjahren eine Standortsuntauglichkeit bedeuten, so wäre eine Objektivierung der Standorttauglichkeit mit dendrochronologischen Methoden möglich.

Die deutlich unterschiedlichen mittleren Zuwachsindices der Flächen in trockenen Jahren bei einer Horizontalabstand von nicht einmal 3 km bieten einen Erklärungsansatz für die entscheidenden Faktoren des Wachstums in verschiedener Seehöhe: Während in tiefen Lagen eher der Niederschlag der Minimumfaktor sein dürfte, ist das in höheren Lagen wohl die Temperatur bzw. Länge der Vegetationszeit. Das würde weiters bedeuten, daß es bei der großen Bandbreite von Waldstandorten in Österreich kaum ein einheitlich schlechtes Wuchsjahr geben kann.

Die Werte der Absolutsensitivität über längere Zeiträume sind zumindest in Österreich nicht so einfach als Werte der Ausgeglichenheit bzw. Unausgeglichenheit eines Standortes interpretierbar, wie das FRITTS (1976) für Nordamerika behauptet. Die am Dobratsch berechneten Werte zwischen 9,8 und 12 sind nämlich noch um einiges niedriger als im Montafon (NEUMANN, 1993), wo bei besseren Böden und reichlicherem Niederschlag eigentlich ausgeglichene Standorte gegeben sein müßten. Der Einfluß von Bodengüte, Standortraum des Einzelbaumes und Baumalter auf diesen interessanten Parameter muß daher noch näher untersucht werden.

Das im Vergleich zum Mittelstamm der nächstgelegenen Fläche wesentlich bessere Dickenwachstum bei gleichzeitig besserem Höhenwachstum der Solitärfitthen bringt den starken Einfluß der Konkurrenz auf den Einzelbaumzuwachs zum

Ausdruck. Besonders auf schlechten Standorten sollten daher durch verringerte Stammzahlhaltung rascher und einträgliche Dimensionen erreicht werden können. Eine vermehrte Forschung an Solitärbäumen wäre daher wünschenswert.

Nachdem sich stichprobenweise nur in Einzelfällen ein Zusammenhang zwischen Einzeljahreshöhenzuwachsen von Einzelbäumen und den Radialzuwachsen des gleichen oder des vorangegangenen Jahres feststellen ließ, sollten zur Herleitung der Höhenzuwächse zwischen den Stammscheiben keine Algorithmen verwendet werden, die auf solch einfache Beziehungen zurückgreifen.

Nadelverluste müssen auch nach den Ergebnissen vom Dobratsch von Fall zu Fall verschieden interpretiert werden. Alle möglichen Streßfaktoren wie z.B. Fäulnis, Konkurrenz durch Nachbarbäume, Exponiertheit, Immissionen und andere Umwelteinflüsse, Nährstoffmangel, Trockenstreß usw. kommen als Ursachen mit räumlich wechselndem Gewicht in Frage. Die für die Nadelverluste der untersten Fläche wahrscheinlichste Ursache Fäulnis verdient vermutlich größere Aufmerksamkeit. Es stellt sich die Frage, ob nicht die Hauptursache für die durchschnittlich höheren Nadelverluste der tieferen Lagen (NEUMANN, 1991) die dort höhere Bewirtschaftungsintensität mit den damit verbundenen höheren Fäuleprozenten ist.

Die stärkere Nadelverfärbung an Bäumen mit höherer sozialer Stellung deutet auf Nährstoffmangel hin, der größere Individuen mit höheren Ansprüchen an die Nährstoffquantität stärker treffen sollte. Die meisten Nadelverfärbungen wurden außerdem auf der mittleren Fläche erhoben, die mehrfach für einen schlechteren Standort in Verdacht kam.

7. Zusammenfassung

Das Wachstum der Fichte wurde auf Braunerde-Rendsinen am Dobratsch, an der Grenze zwischen den südlichen Zwischenalpen und den südlichen Randalpen, auf drei 0,1 ha großen Untersuchungsflächen in 1040 m, 1240 m und 1650 m sowie an sechs Solitärbäumen an der Waldgrenze (1660 m bis 1700 m) untersucht. Durch eine Kombination von Vollaufnahme, Stammanalysen und Regressions-schätzungen für an einzelnen Bäumen nicht erfaßte Zuwachsparemeter wurde eine flächenbezogene

Zuwachsermittlung für die letzten drei Jahrzehnte möglich.

Wegen Ungleichaltrigkeit und Druckstand auf den Untersuchungsflächen wurden die Oberhöhenverläufe aus allen analysierten Bäumen durch eine rechnerische Herstellung von Gleichaltrigkeit abgeleitet. Um eine druckstandsunabhängige Bonitierung zu erreichen und gleichzeitig den Zeitverlust durch Druckstand grob zu bestimmen, wurde mit mehreren 20-Jahre-Abschnitten dieser Oberhöhenkurven im Oberhöhenfächer der am besten passenden Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ durch Horizontalverschiebung altersunabhängig bonitiert. Dabei ergab sich für die unterste Fläche die Ertragsklasse 8,6, für die mittlere 7,0 und die höchstgelegene 3,3, woraus sich eine durchschnittliche Abnahme der Bonität um fast 0,9 je 100 m Seehöhe errechnet.

Um weitere Ertragstafelvergleiche anstellen zu können, wurden Flächenalter geschätzt, was aufgrund des „Hallencharakters“ der Untersuchungsbestände noch zulässig erschien. Diese wurden um den Zeitverlust infolge Druckstand zu ertragstafelkonformen, „wirtschaftlichen“ Flächenaltern reduziert. Etwa ab dem Ertragstafelalter 100 hebt sich die Oberhöhenentwicklung der Untersuchungsflächen von der Ertragstafel zunehmend ab. Im Alter 150 wird das Ertragsniveau der mittleren Fläche mäßig, das der obersten Fläche aber schon sehr stark durch die Modellvorstellungen der Ertragstafel unterschätzt. Wie der Höhenzuwachs, so hält auch der Radialzuwachs in höherem Alter ohne den in der Ertragstafel unterstellten starken Alterstrend an. Die größten Unterschiede gibt es aber beim laufenden Volumenzuwachs: Dieser ist am Dobratsch im Ertragstafelalter 150 zwei bis dreimal so groß. Die Gültigkeit der Ertragstafel „Fichte Hochgebirge“ im Altersbereich über 100 Jahre muß daher bezweifelt werden.

Der Einfluß der Konkurrenz auf das Baumwachstum wird im Vergleich der Solitärfichten mit der etwas niedriger gelegenen obersten Fläche deutlich: Die Solitärfichten haben nicht nur etwa doppelt so breite Jahrringe, sie wachsen trotz eher schlechterem Standort auch schneller in die Höhe.

Trotz der höchsten Stammzahl und einer im Vergleich zur Ertragstafel eher zu hohen Bestandesdichte der obersten Fläche, beträgt der Überschirmungsgrad mit 18 % nicht einmal ein Drittel der unteren beiden Flächen. Dieser niedrige Überschirmungsgrad charakterisiert den subalpinen Bereich mit seinen schmalen Kronen und der Rottenstruktur sehr gut.

Die Jahrringbreitenmittelkurven spiegeln den Einfluß der Seehöhe auf das Wachstum mehrfach wider: Mit zunehmender Seehöhendifferenz sinkt das Gleichläufigkeitsprozent immer stärker ab und die Übereinstimmung der Weiserjahre nimmt annähernd linear ab. Die Zuwachsindices zeigen in ausgewählten Jahren große Unterschiede, sodaß gute Jahre in höheren Lagen schlechte Jahre in Tallagen sein können.

Für das Stratum aller vorherrschenden und herrschenden Fichten am Dobratsch wurden mit Hilfe des Sensitivitätsindex (>+90 % bzw. <-90 %) in diesem Jahrhundert sechs positive (1904, 1910, 1934, 1955, 1969, 1977) und vier negative Weiserjahre (1905, 1932, 1941, 1980) gefunden. Flächenweise ermittelt, steigt die Anzahl an Weiserjahren mit zunehmender Seehöhe, wobei es stets einen Überhang an negativen Weiserjahren gibt.

Die These der zunehmenden Witterungsextreme und die des verstärkten Immissionseinflusses werden mangels einer statistisch signifikanten Zunahme der mittleren Absolutsensitivität für zehnjährige Perioden nicht bestätigt. Es konnte weiters kein Zusammenhang zwischen der mittleren Absolutsensitivität der letzten 100 Jahre und der Ausgeglichenheit des Standorts festgestellt werden.

Für Nadelverluste der Fichte am Dobratsch dürfte es flächenweise verschiedene Ursachenkomplexe geben. Zwischen der Nadelverfärbung und dem Nadelverlust konnte keine Korrelation gefunden werden; Fichten höherer sozialer Stellung sind deutlich eher verfärbt.

Quirlmessungen haben große Unterschiede im Höhenwachstum von Fichten derselben sozialen Stellung auf derselben Fläche in denselben Kalenderjahren hinsichtlich Größe, Variabilität und Schwankungsrichtung zum Vorschein gebracht. Ein direkter positiver Zusammenhang zwischen Radialzuwachs und Höhenzuwachs in denselben Kalenderjahren war nur bei manchen Bäumen nachweisbar.

Literatur

- ABETZ, P. 1976: *Beiträge zum Baumwachstum - Der h/d-Wert - mehr als ein Schlankheitsgrad*. Der Forst- und Holzwirt 31, 389-393.
- ALDINGER, E. und KREMER, W. 1985: *Zuwachsuntersuchungen an gesunden und geschädigten Fichten und Tannen auf alten Praxiskalkungsflächen*. Forstw. Cbl. 104, 360-373.
- ANDRAE, F. 1990: *Überraschende Ergebnisse bei betrieblichen Forstinventuren*. Cbl.f.d.ges.Forstwesen 107, 203-231.
- ATHARI, S. 1981: *Jahrringausfall, ein meist unbeachtetes Problem bei Zuwachsuntersuchungen in rauchgeschädigten und gesunden Fichtenbeständen*. Mitt. der FBVA, Heft 139, 7-27.
- AVEMARK, W. und SCHOPFER, W. 1988: *Abrupte Zuwachsänderungen von Fichten und Tannen*. Forst und Holz 43, 123-128.
- ASSMANN, E. (1961): *Waldertragskunde*. BLV Verlagsgesellschaft. München Bonn Wien, 490.
- BECKER, M., BRÄKER, O.U., KENK, G., SCHNEIDER, O. und SCHWEINGRUBER, F.H. 1990: *Kronenzustand und Wachstum von Waldbäumen im Dreiländereck Deutschland-Frankreich-Schweiz in den letzten Jahrzehnten*. Allgem. Forstzeitschrift 45, 263-274.
- DELORME, A. 1973: *Über die Bildung von Jahrringbreitenmittelkurven als Grundlage für dendrochronologische Datierungen*. Forstw.Cbl. 92, 335-342.
- ECKHART, G. 1977: *Gedanken zur Fichtenverbreitung am Beispiel Niederösterreich*. Informationsdienst der Forstl. Bundesversuchsanstalt, 173. Folge.
- ECKMÜLLNER, O. 1990: *Benadelung und Splintflächen von Fichten aus Wuchsgebieten Österreichs*. Holz-Zentralblatt, Nr.18, 266-267.
- ECKMÜLLNER, O. 1992: *Problematik der Anwendung von Ertrags tafeln*. Österr.Forstzeitung 103, 54-55.
- ECKSTEIN, D. und BAUCH, J. 1969: *Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit*. Forstw. Cbl. 88, 230-249.
- EC-UN/ECE, 1991: *Forest Damage and Air Pollution - Report on the 1990 Forest Damage Survey in Europe*. Programme Coordinating Centres des ICP-Forest, Hamburg-Prag.
- EICHKORN, T. 1986: *Wachstumsanalysen an Fichten in Südwestdeutschland*. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 157, 125-139.
- FRITTS, H.C. 1976: *Tree Rings and Climate*. Academic Press, London-New York-San Francisco, 567 pp.
- HASENAUER, H., STAMPFER, E., ROHRMOSER, C., STERBA, H. 1994: *Solitärdimensionen der wichtigsten Baumarten Österreichs*. Österr. Forstzeitg., 105(3), 28-29.
- HOLDRIDGE, L.R. 1967: *Life zone ecology*. Tropical science center San Jose, Costa Rica, 206 pp.
- HUBER, B. 1943: *Über die Sicherheit jahrringchronologischer Datierung*. Holz als Roh- und Werkstoff, Heft 10/12, 263-268.
- HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH: *Die Niederschläge, Schneeverhältnisse, Luft- und Wassertemperaturen in Österreich im Zeitraum 1901-1950, 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990*. Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium f. Land- u. Forstwirtschaft, Wien.
- INNES, J. 1991: *High-altitude and high-latitude tree growth in relation to past, present and future global climate change*. The Holocene, Vol.1, Number 2, 168-173.
- JOHANN, K. 1982: *der „A-Wert“ - ein objektiver Parameter zur Bestimmung der Freistellungsstärke von Zentralbäumen*. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten-Sektion Ertragskunde, Jahrestagung Weibersbrunn.

- JOOS, K. und STARK, M. 1991: *Die Vitalitätseinschätzung von Fichten im Spannungsfeld zwischen Ernährung, Zuwachs und Nadelverlust*. Schweiz.Z.Forstwesen 142, 671-688.
- KALHS, J. 1974: *Struktur und Entwicklungsdynamik im subalpinen Fichtenwald Schloßberg/Lienz*. Dissertation Nr.4, Verlag: Verband d.wissenschaftl.Gesellschaften.
- KENK, G. 1986: *Wachstumsanalysen im Zusammenhang mit den gegenwärtigen Waldschäden: Ergebnisse und Folgerungen für Nadelbaumbestände in Baden Württemberg*. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten-Sektion Ertragskunde, Jahrestagung vom 12.-14.05.1986, Schwangau.
- KENK, G. 1989: *Zuwachsuntersuchungen im Zusammenhang mit den gegenwärtigen Waldschäden in Baden-Württemberg*. Bericht Air Pollution and Forest Decline, Volume 1, Eidgen. Anstalt f.d.forstl.Versuchswesen-Schweiz, 263-269.
- KENK, G., SPIECKER, H. und DIENER, G. 1991: *Referenzdaten zum Waldwachstum*. Kernforschungszentrum Karlsruhe, Projekt Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung Nr. 82.
- KILIAN, W., MÜLLER, F., STARLINGER, F. 1994: *Die forstlichen Wuchsbereiche Österreichs*. FBVA-Berichte 82/1994, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien, 60 pp.
- KONTIC, R., BRÄKER, O.U., NIZON, V. und MÜLLER R. 1990: *Jahringanalytische Untersuchungen im Sihlwald*. Schweiz.Z.Forstwesen 141, 55-76.
- KRAJICEK, J.E., BRINKMAN, K.A., GINGRICH, S.F. 1961: *Crown competition - a measure of density*. For. Sci. 7, 35-42.
- KRAMER, H., DONG, P.H. 1985: *Kronenanalyse für Zuwachsuntersuchungen in immissionsgeschädigten Nadelholzbeständen*. Der Forst- und Holzwirt 40.Jg.,H.5: 115-118.
- KRAMER, H. 1986: *Beziehungen zwischen Kronenschadbild und Volumenzuwachs bei erkrankten Fichten*. Allg.Forst- u. Jagdzeitung 157, 22-27.
- KRAMER, H., ATHARI S., AKCA A. und DONG P.H. 1985: *Inventur und Wachstum in erkrankten Fichtenbeständen*. Schriften a. d. Forstl. Fakultät d. Univ. Göttingen u. d. Niedersächsischen Forstl.Versuchsanstalt, Band 82.
- KREMER, W.L. 1985: *Reaktionsmuster der Jahringbreitenentwicklung kranker Tannen*. Deutscher Verband forstl. Forschungsanstalten-Sektion Ertragskunde, Jahrestagung in Kaelbersbronn.
- LITSCHAUER, R. 1991: *Untersuchung von Wald- und Bestandesrändern*. Mitteilungen d. FBVA Wien, 166/1991: 175-191.
- MAGNUSSEN, S., PENNER, M. 1996: *Recovering time trends in dominant height from stem analysis*. Can. J. For. Res. 26: 9-22 (1996).
- MAKKONEN-SPIEKER, K. 1996: *Wachstumstrends in europäischen Wäldern*. Allgem. Forstzeitschrift 51, 1300-1301.
- MARSCHALL, J. 1975: *Hilfstafeln für die Forsteinrichtung*. Österreichischer Agrarverlag, Wien, 202 pp.
- MAYER, H. 1969: *Zur waldbaulichen Beurteilung der Fichte in den Ostalpen*. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 140, 204-209 und 226-231.
- MAYER, H. 1974: *Wälder des Ostalpenraumes*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 344 pp.
- NEUMANN, M. 1986: *Diagnoseprofile: Erfassung der Waldzustandsveränderungen und begleitende Untersuchungen*. Forschungsinitiative gegen das Waldsterben, Tagungsbericht 1985, 51-60.
- NEUMANN, M. und POLLANSCHÜTZ, J. 1982: *Untersuchungen über Auswirkungen gasförmiger Immissionen auf Waldbestände im Raum Gailitz - Arnoldstein*. In: Das immissionsökologische Projekt Arnoldstein. Carinthia II, Klagenfurt, 265-288.
- NEUMANN, M. 1991A: *Waldschaden-Beobachtungssystem; Einführender Überblick*. FBVA Berichte, 49/1991: 7-13, Forstliche Bundesversuchsanstalt.
- NEUMANN, M. 1991B: *Analyse des Einflusses von Standorts- und Bestandesfaktoren auf den Kronenzustand*. Mitteilungen d. FBVA Wien, 166/1991: 101-119.
- NEUMANN, M. 1993: *Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen im österreichischen Zentralalpenbereich*. Cbl. f. d. ges. Forstwesen 110: 221-274.
- NEUMANN, M., SCHADAUER, C. 1995: *Die Entwicklung des Zuwachses in Österreich an Hand von Bohrkernanalysen*. Allg. Forst- und Jagdzeitung 166, 230-234.
- OTT, E. 1978: *Über die Abhängigkeit des Radialzuwachses und der Oberhöhen bei Fichte und Lärche von der Meereshöhe und Exposition im Lötschental*. Schweiz.Z.f.Forstwesen 129, 169-193.
- POLLANSCHÜTZ, J. 1976: *Schaftholzvolumentabellen der Hauptbaumarten Österreichs*. Informationsdienst der Forstl. Bundesversuchsanstalt, 164.Folge.
- POLLANSCHÜTZ, J. 1980: *Jahringmessung und Referenzprüfung - Ein Beitrag zur Frage der Zuverlässigkeit bestimmter Verfahren der Zuwachsermittlung*. In: Mitt. der FBVA, Heft 130, 263-285.
- POLLANSCHÜTZ, J. 1986: *Auswirkungen auf Zuwachs und Holzproduktion*. Tagungsbericht 5. Interforst Kongress, 1.-2.Juli 1986, München, 24-63.
- PRETZSCH, H. 1987: *Zur Frage des „Normalwachstums“ der Kiefer in der Oberpfalz*. Der Forst- und Holzwirt 42, 286-290.
- PRETZSCH, H. und UTSCHIG, H. 1989: *Das „Zuwachstrendverfahren“ für die Abschätzung krankheitsbedingter Zuwachsverluste auf den Fichten- und Kiefern-Weiserflächen in den bayerischen Schadgebieten*. Forstarchiv 60, 188-193.
- PRODAN, M. 1965: *Holzmeßlehre*. Frankfurt/Main: Sauerländer's Verlag.
- REINEKE, L. H. 1933: *Perfecting a stand density index for even aged forests*. J. Agric. Res. 46, 627-638.
- RÖHLE, H. 1985: *Ertragskundliche Aspekte der Walderkrankungen*. Forstw. Cbl. 104, 225-242.
- SCHADAUER, C. 1997: *Oberhöhenbonität und Standort nach Daten der Österreichischen Forstinventur*. Dissertation der Univ. f. Bodenkultur Wien, 106 pp.
- SCHIELER, K. und SCHADAUER, K. 1993: *Zuwachs und Nutzung nach der Österreichischen Forstinventur 1986/90*. Österr.Forstzeitung 104, 22-23.

- SCHLAEPFER, R. und HAEMMERLI, F. 1990: Das „Waldsterben“ in der Schweiz aus heutiger Sicht. Schweiz.Z.Forstwesen 141, 163-188.
- SCHMID-HAAS, P. 1990: Kronenverlichtung und Waldwachstum. Schweiz. Z. Forstwesen 141, 189-209.
- SCHMIDT-VOGT, H. 1976: Umweltansprüche, morphologische Variation und ökologisch-geographische Rassenbildung der Fichte. Forstarchiv 47, 109-114.
- SCHWEINGRUBER, F.H. 1983: *Der Jahrring*. Verlag Paul Haupt, Bern, 234 pp.
- SCHWEINGRUBER, F.H., KONTIC, R. und WINKLER-SEIFERT, A. 1983: Eine jahrringanalytische Studie zum Nadelbaumsterben in der Schweiz. Eidg.Anst.forstl.Versuchswesen, Bericht 253, 29 pp.
- SCHWEINGRUBER, F.H., WEHRLI, U., AELLEN-RUMO, K. und AELLEN, M. 1991: Weiserjahre als Zeiger extremer Standortinflüsse. Schweiz.Z.Forstwesen 142, 33-52.
- SPIECKER, H. 1987: Düngung, Niederschlag und der jährliche Volumenzuwachs einiger Fichtenbestände Südwestdeutschlands. Allg. Forst- und Jagdzeitung 158, 70-76.
- SPIECKER, H., MIELIKAINEN, M., KOHL, M., SKOVSGAARD, J. P. 1996: *Growth Trends in European Forests - Studies from 12 countries*. EFI Research Report Nr. 5, Springer 1996, 372pp.
- STERBA, H. 1980: Beispiele für Wechselbeziehungen zwischen Zuwachsermittlungsverfahren und Waldwachstumsmodellvorstellungen. In: Mitt. der FBVA, Heft 130, 11-21.
- STERBA, H. 1984: Kahlschlagbetrieb oder Einzelstammnutzung - was sagen Theorie und Daten dazu? Allgem. Forstzeitung 95, 339-340.
- STERBA, H. 1986: Methoden der Zuwachsuntersuchungen im Zusammenhang mit dem „Waldsterben“. Forstl. Umschau 29, 85-93.
- STERBA, H. und OBERKOFER H. 1988: *Das Wachstum der Fichte im Pustertal*. Berichte Forstl.Ertragslehre, Uni BOKU, Heft 2, 55 pp.
- STERBA, H. 1991: *Forstliche Ertragslehre. Vorlesungsskriptum*, Heft 4, Eigenverlag des Instituts für Waldwachstumsforschung, Univ. f. Bodenkultur Wien.
- STEYRER, G. 1996: *Auswahl und Prüfung von Zuwachsparemtern als Waldzustandsindikatoren - Einfluß des Kronenzustandes auf den Zuwachs*. FBVA-Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, 93/1996, 121-135.
- VAN LAAR, A., NAGEL, J. und KRAMER, H. 1987: *Beziehungen zwischen Baummerkmalen, Nadelverlust und Zuwachs der Fichte*. Allg. Forst- und Jagdzeitung 158, 164-168.
- VINS, B. 1966: *Störungen in der Jahrringbildung als Fehlerquellen bei der Zuwachsbohrung*. Mitt. d. schweiz. Anstalt f. forstl. Versuchswesen, Heft 4, 217-232.
- WIDMANN, H. und AVE-MARK, W. 1988: *Bestimmung von Weiserjahren mit Hilfe des Sensitivitätsindex*. Forst und Holz 43, 128-131.
- ZAWORKA 1995: mündliche Mitteilung
- ZEIDE, B., ZAKRZEWSKI, W.T. 1992: *Selection of site trees: the combined method and its application*. Can. J. For. Res., 23, 1019-1025.
- ZOHRER, F. 1969: *Bestandeszuwachs und Leistungsvergleich montan-subalpiner Lärchen-Fichten-Mischbestände*. Forstw. Cbl. 88,41-63.

Verfasser: Dip.-Ing, Peter Jungwirth
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft
Seckendorff-Gudent-Weg 8
A-1131 Wien

FBVA-Berichte
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

Preis in ÖS

1953	1	Forstliche Arbeitslehre und Menschenführung. Referate von der GEFFA-Tagung 1952 in Ort bei Gmunden (Oberösterreich). 137 Seiten	vergriffen
1954	2	FRAUENDORFER, R. Forstliche Hilfstafeln. 167 Seiten	vergriffen
1955	3	LOHWAG, K. Erkenne und bekämpfe den Hausschwamm und seine Begleiter! 61 Seiten	vergriffen
1955	4	GRÜLL, H.; TRAUNINGER, W. Neuzeitliche Forstsaatguterzeugung in Pflanzplantagen. I. Teil, Plusbaumauswahl und Pflanzung. 73 Seiten	20.—
1956	5	HAFNER, F.; HEDENIGG, W. Planiergerät im forstlichen Straßen- und Wegebau. 75 Seiten	20.—
1957	6	FRAUENDORFER, R. Planung und Durchführung von Stichprobenahmen. 65 Seiten	vergriffen
1958	7	FRAUENDORFER, R. Betriebswirtschaftliche Untersuchungen im steirischen Bauernwald. (Gemeinde Haslau 1955). 157 Seiten	50.—
1985	8	POLLANSCHÜTZ, J. Waldzustandsinventur 1984. Ziele - Inventurverfahren - Ergebnisse. 29 Seiten	vergriffen
1985	9	GLATTES, F.; SMIDT, S.; DRESCHER, A.; MAJER, C.; MUTSCH, F. Höhenprofil Zillertal. Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. Einrichtung und Ergebnisse 1984. 81 Seiten	vergriffen
1985	10	MERWALD, I. Lawinenergebnisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1974/75, 1975/76 und 1976/77. 76 Seiten	80.—
1986	11	STAGL, W.; DRESCHER, A. Wild - Vegetation - Forstschäden. Vorschläge für ein Beurteilungsschema. 19 Seiten	30.—
1986	12	NATHER, J. Proceedings of the International Symposium on Seed Problems under Stressfull Conditions, Vienna and Gmunden, Austria June 3.-8. 1985. 287 Seiten	vergriffen
1986	13	SMIDT, S. Bulkmessungen in Waldgebieten Österreichs. Ergebnisse 1984 und 1985. 32 Seiten	vergriffen
1986	14	EXNER, R. Die Bedeutung des Lichtfaktors bei Naturverjüngung. Untersuchungen im montanen Fichtenwald. 48 Seiten	vergriffen
1986	15	MERWALD, I. Lawinenergebnisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1977/78, 1978/79 und 1979/80. 81 Seiten	90.—
1986	16	HAUK, E.; HÖLLER, P.; SCHAFFHAUSER, H. Lawinenergebnisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1984/85 und 1985/86. 90 Seiten	90.—

1987	17	MERWALD, I. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1980/81 und 1981/82. 74 Seiten	80.—
1987	18	EXNER, R. Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. Strukturanalysen im subalpinen Fichtenwald (Niedere Tauern, Radstadt/Salzburg). 102 Seiten	100.—
1987	19	HAUPOLTER, R. Baumsterben in Mitteleuropa. Eine Literaturübersicht. Teil 1: Fichtensterben. KREHAN, H.; HAUPOLTER, R. Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Kiefernbestände - Bucklige Welt.. 73 Seiten	vergriffen
1987	20	GLATTES, F.; SMIDT, S. Höhenprofil Zillertal. Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. Ergebnisse von Luft-, Niederschlags- und Nadelanalysen 1985. 65 Seiten	vergriffen
1987	21	RUETZ, W.; NATHER, J. Proceedings of the IUFRO Working Party on Breeding Strategy for Douglas-Fir as an Introduced Species. Working Party: S2.02-05. Vienna, Austria June 1985. 300 Seiten	300.—
1987	22	JOHANN, K. Standraumregulierung bei der Fichte. Ausgangsbaumzahl - Stammzahlreduktion - Durchforstung - Endbestand. Ein Leitfaden für den Praktiker. 66 Seiten	60.—
1987	23	POLLANSCHÜTZ, J.; NEUMANN, M. Waldzustandsinventur 1985 und 1986. Gegenüberstellung der Ergebnisse. 98 Seiten	100.—
1987	24	KLAUSHOFER, F.; LITSCHAUER, R.; WIESINGER, R. Waldzustandsinventur Untersuchung der Kronenverlichtungsgrade an Wald- und Bestandesrändern. 94 Seiten	100.—
1988	25	JOHANN, K. Ergebnisse einer Rotfäuleuntersuchung in sehr wüchsigen Fichtenbeständen. 88 Seiten	90.—
1988	26	SMIDT, S.; GLATTES, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1986. Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. 114 Seiten	120.—
1988	27	SMIDT, S. Messungen der nassen Deposition in Österreich. Meßstellen, Jahresmeßergebnisse, Literatur. 72 Seiten	80.—
1988	28	Forum Genetik - Wald - Forstwirtschaft. Bericht über die 5. Arbeitstagung von 6. bis 8. Oktober 1987. Kongresshaus Innsbruck. 192 Seiten	200.—
1988	29	KRISSL, W.; MÜLLER, F. Mischwuchsregulierung von Fichte und Buche in der Jungwuchsphase. 52 Seiten	50.—
1988	30	MARCU, GH.; TOMICZEK, C. Eichensterben und Klimastress. Eine Literaturübersicht. 23 Seiten	30.—
1988	31	KILIAN, W. Düngungsversuche zur Revitalisierung geschädigter Fichtenbestände am Ostrong. 50 Seiten	50.—
1988	32	SMIDT, S.; GLATTES, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal, Meßbericht 1987. 234 Seiten	250.—
1988	33	ENK, H. 10 Jahre Kostenuntersuchung bei Tiroler Agrargemeinschaften und Gemeindewäldern. 124 Seiten	130.—

1988	34	KREHAN, H. Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Teil II: Fichtenbestände im Ausserfern (Tirol) und im grenznahen Gebiet des Mühl- und Waldviertels. 60 Seiten	60.—
1988	35	SCHAFFHAUSER, H. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1986/87. 138 Seiten	145.—
1989	36	Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (8). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen. 128 Seiten	130.—
1989	37	RACHOY, W.; EXNER, R. Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. 100 Seiten	105.—
1989	38	MERWALD, I. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1982/83, 1983/84. 92 Seiten	100.—
1989 Sonderheft		SCHNEIDER, W. Verfahren, Möglichkeiten und Grenzen der Fernerkundung für die Inventur des Waldzustandes. 118 Seiten	200.—
1989	39	KREHAN, H. Das Tannensterben in Europa. Eine Literaturstudie mit kritischer Stellungnahme. 58 Seiten	60.—
1989	40	KRISSL, W.; MÜLLER, F. Waldbauliche Bewirtschaftungsrichtlinien für das Eichen-Mittelwaldgebiet Österreichs. 134 Seiten	140.—
1990	41	KILLIAN, H. Bibliographie zur Geschichte von Kloster, Forstlehranstalt und Forstlicher Versuchsanstalt Mariabrunn - Schönbrunn. 162 Seiten	165.—
1990	42	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1974 - 1976 und Kurzfassung der Wildbachereignisse in Österreich in den Jahren 1974 - 1987. 98 Seiten	100.—
1990	43	Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (9). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen. 80 Seiten	80.—
1990	44	SMIDT, S.; HERMAN, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1988. Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. 33 Seiten	35.—
1990	44A	SMIDT, S.; HERMAN, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1988 (Anhang). Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. 230 Seiten	280.—
1990 Sonderheft		KILIAN, W.; MAJER, C. Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Anleitung zur Feldarbeit und Probenahme. 58 Seiten	70.—
1990	45	NEUMANN, MARKUS; SCHADAUER, K. Waldzustandsinventur. Methodische Überlegungen und Detailauswertungen. 88 Seiten	90.—
1990	46	Zusammenkunft der Deutschsprachigen Arbeitswissenschaftlichen und Forsttechnischen Institute und Forschungsanstalten. Bericht über die 18.Zusammenkunft vom 18.-20.April 1990. 286 Seiten	340.—
1991	47	SMIDT, S. Beurteilung von Ozonmeßdaten aus Oberösterreich und Tirol nach verschiedenen Luftqualitätskriterien. 87 Seiten	90.—
1991	48	ENGLISCH, M.; KILIAN, W.; MUTSCH, F. Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Erste Ergebnisse. 75 Seiten	80.—
1991	49	Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem. Ziele, Methoden und erste Ergebnisse. 128 Seiten	130.—

1991	50	SMIDT, S. Messungen nasser Freilanddepositionen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. 90 Seiten	90.—
1991	51	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Europa und Asien, I. 33 neue Bockkäfer aus der palaearktischen und orientalischen Region (Coleoptera, Cerambycidae). 75 Seiten	200.—
1991	52	FÜRST, A. Der forstliche Teil der Umgebungsüberwachung des kalorischen Kraftwerkes Dürnrohr. Ergebnisse von 1981 bis 1990. 42 Seiten	45.—
1991	53	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1977-1979. 80 Seiten	80.—
1991	54	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1980-1982. 78 Seiten	80.—
1991	55	WIESINGER, R.; RYS, J. Waldzustandsinventur: Untersuchung der Zuwachsverhältnisse an Wald- und Bestandesrändern. 60 Seiten	60.—
1991	56	RACHOY, W.; EXNER, R. Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. 60 Seiten	95.—
1991	57	SMIDT, S.; HERMAN, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1989/90. 28 Seiten	30.—
1991	58	STAGL, W.; HACKER, R. Weiden als Prosshölzer zur Äsungsverbesserung. 56 Seiten	60.—
1991	59	HOLZER, K.; OHENE-COFFIE, F.; SCHULTZE, U. Vegetative Vermehrung von Fichte für Hochlagenaufforstungen. Physiologische und phänologische Probleme der Anpassung. 73 Seiten	75.—
1991	60	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Asien II. 63 neue Bockkäfer aus Asien, vorwiegend aus China und Thailand, (Coleoptera: Disteniidae und Cerambycidae). 71 Seiten	140.—
1992	61	STAGL, W. Auswertung der "Trakte" zum Staatsvertrag "Vereinbarung zwischen Bund und dem Land Kärnten über gemeinsame Maßnahmen zur Sicherung eines ausgewogenen Verhältnisses von Wald und Wild". 62 Seiten	105.—
1992	62	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1983-1985. 72 Seiten	75.—
1992	63	FÜRST, A. Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden Beobachtungssystems. Ergebnisse 1989. 37 Seiten	40.—
1992 Sonderheft 1		DRAGOVIC, N. Terminologie für die Wildbachverbauung. Fachwörterbuch deutsch - serbokroatisch. Terminologija Uredjenja Bujicnih Tokova. Recnik Strucnih Termina Srpskohrvatsko - Nemacki. 43 Seiten	50.—
1992	64	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1986-1988. 91 Seiten	95.—
1992	65	NATHER, J. (HRSG.) Proceedings of the meeting of IUFRO - WP S2.02-21 on "Actual problems of the legislation of forest reproductive material and the need for harmonization of rules at an international level". Gmunden / Vienna - Austria, June 10. - 14. 1991. 180 Seiten	200.—
1992	66	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1989. 60 Seiten	60.—

1992	67	Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal. Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofil Zillertal". 152 Seiten	180.—
1992	68	LUZIAN, R. Lawinenergebnisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1987/88, 1988/89, 1989/90, 1990/91. 188 Seiten	200.—
1992	69	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Asien III. 57 neue Bockkäfer aus Asien. Vorwiegend aus China, Thailand und Vietnam (Coleoptera, Cerambycidae). 63 Seiten	120.—
1992	70	Ökosystemare Studien im Kalkalpin. Erste Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofile Achenkirch". 103 Seiten	100.—
1992	71	Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem. Beiträge zum WBS-Seminar vom 23. April 1992. 111 Seiten	115.—
1992	72	VOSHMIR, D. (BEARB.). Das Schrifttum der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. Teil IV: 1974 bis 1990. 115 Seiten	80.—
1993	73	MÜLLER, F. Auswahl und waldbauliche Behandlung von Gen-Erhaltungswäldern. 24 Seiten	25.—
1993	74	Lawinenbericht 1991/92. Dokumentation und Fachbeiträge. 110 Seiten	80.—
1993	75	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Europa und Asien IV. 60 neue Bockkäfer aus Asien, vorwiegend aus China und Thailand (Coleoptera: Cerambycidae). 63 Seiten	100.—
1994	76	SCHADAUER, K. Baumartenatlas für Österreich. Die Verbreitung der Baumarten nach Daten der Österreichischen Waldinventur. 160 Seiten	200.—
1994	77	KAISER, A. Projekt "Höhenprofil Zillertal" Analyse der vertikalen Temperatur- und Windstruktur und ihr Einfluß auf die Immissionskonzentrationen. 95 Seiten	80.—
1994	78	HERMAN, F.; SMIDT, S. Ökosystemare Studien im Kalkalpin. Höhenprofil Achenkirch. Ergebnisse aus dem Bereich Phyllosphäre. 134 Seiten	120.—
1994	79	FÜRST, W.; JOHANN, K. Modellkalkulationen zum Naturverjüngungsbetrieb. 53 Seiten	55.—
1994	80	ANDRECS, P. Schadensereignisse in Wildbacheinzugsgebieten Österreichs 1990 und 1991. 47 Seiten	50.—
1994	81	GEBUREK, T.; MÜLLER, F.; SCHULTZE, U. Klimaänderung in Österreich. Herausforderung an Forstgenetik und Waldbau. 113 Seiten	100.—
1994	82	KILIAN, W.; MÜLLER, F.; STARLINGER, F. Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs Eine Naturgliederung nach walddökologischen Gesichtspunkten. 60 Seiten	70.—
1995	83	JOHANN, K. Ergebnis der Großdüngungsversuche St. Martin und Flachau Ertragskundlicher Abschlußbericht. 102 Seiten	100.—
1995	84	HOLZSCHUH, C. Beschreibung von 65 neuen Bockkäfern aus Europa und Asien, vorwiegend aus Thailand und China (Coleoptera: Disteniidae und Cerambycidae). 63 Seiten	60.—
1995	85	KRISTÖFEL, F.; POLLANSCHÖTZ, J. Entwicklung von Fichtenpflanzen nach Triebrückschnitten. 17 Seiten	20.—
1995	86	CECH, T.; TOMICZEK, C. Forstpathologische Erhebungen im Gebiet Achental. 46 Seiten	50.—
1995	87	HERMAN, F., SMIDT, S. Ökosystemare Studien im Kalkalpin - Bewertung der Belastung von Gebirgswäldern, Schwerpunkt Rhizosphäre. 288 Seiten	450.—

1995	88	CECH, T.; PERNY, B.; DONAUBAUER, E. Wipfelsterben an Jungfichten in Österreich und beteiligte Mikropilze. 32 Seiten	50.—
1995	89	MARKART, G.; KOHL, B. Starkregensimulation und bodenphysikalische Kennwerte als Grundlage der Abschätzung von Abfluß- und Infiltrationseigenschaften alpiner Boden- / Vegetationseinheiten. Ergebnisse der Beregnungsversuche im Mustereinzugsgebiet Löhnersbach bei Saalbach in Salzburg. 38 Seiten	60.—
1995	90	LANG, E. Starkregensimulation - Ein Beitrag zur Erforschung von Hochwasserereignissen 70 Seiten	100.—
1995	91	LUZIAN, R.; RAMMER, L.; SCHAFFHAUSER, H. Lawinenbericht 1992/93 - Dokumentation und Fachbeiträge 52 Seiten	80.—
1995	92	SCHIELER, K.; BOCHSENMEISTER, R.; SCHADAUER, K. Österreichische Forstinventur - Ergebnisse 1986/90 262 Seiten	250.—
1996	93	NEUMANN, M. (Hrsg.) Österreichisches Waldbeobachtungssystem Beiträge zum 4. WBS-Seminar in Wien am 23. November 1995 177 Seiten	260.—
1996	94	HERMAN, F.; SMIDT, S. Ökosystemare Studien im Kalkalpin Abschätzung der Gefährdung von Waldökosystemen 291 Seiten	350.—
1997	95	MÜLLER, F. Waldbau an der unteren Waldgrenze 129 Seiten	190.—
1997	96	LANG, E.; STARY, U.; KOHL, B.; MARKART, G.; PROSKE, H.; TRINKAUS, P.; ANDRECS, P.; GOTTSCHLING, H. Beiträge zur Wildbachforschung 51 Seiten	80.—
1997	97	RASCHKA, H.-D. Forstliche Biomasseproduktion im Kurzumtrieb 29 Seiten	50.—
1997	98	KELLER, G. Mykosoziologische Studie über die Mykorrhizapilze der Zirbe - Artenspektrum und Sukzession in der hochsubalpinen Stufe der Tiroler Zentralalpen 74 Seiten	110.—
1997	99	SMIDT, ST. Lexikon für waldschädigende Luftverunreinigung mit Index Deutsch-Englisch/Englisch-Deutsch 209 Seiten	318.—
1997	100	KRONFUSS, H. Das Klima einer Hochlagenaufforstung in der subalpinen Höhenstufe - Haggen im Sellraintal bei St. Sigmund, Tirol (Periode 1975 - 1994) in Arbeit	...—
1998	101	NEUMANN, M. Waldwachstumskundlicher Rauchhärteest „Arnodstein“ - Auswertung einer 25jährigen Fallstudie 42 Seiten	60.
1998	102	JUNGWIRTH, P. Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen in den südlichen Zwischenalpen Österreichs 54 Seiten	80.—

