

Mitteilungen
aus der
Staatsforstverwaltung
Bayerns

herausgegeben vom
Bayerischen Staatsministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten

46. Heft

Reinhard Mosandl:
Die Steuerung von Waldökosystemen mit waldbaulichen Mitteln –
dargestellt am Beispiel des Bergmischwaldes

München 1991

Vorwort

Der Wald als eines der vielfältigsten und - trotz menschlicher Nutzung - immer noch naturnächsten Ökosysteme steht seit Jahren im Blickfeld der Öffentlichkeit. Umfangreiche Forschungen hatten das Ziel, die in diesem Lebensraum ablaufenden Prozesse besser verstehen und in Folge auch beeinflussen zu können. Viele dieser Arbeiten beschränken sich wegen der Komplexität des Ökosystems Wald aber auf eng begrenzte Teilbereiche; umfassende ökosystemare Forschungsarbeiten sind selten.

Die Bayerische Staatsforstverwaltung möchte deshalb die als Habilitationsschrift von Dr. Reinhard Mosandl vorgelegte Arbeit über die "Steuerung von Waldökosystemen mit waldbaulichen Mitteln" einem breiteren Leserkreis zugänglich zu machen. Die vorgestellten Untersuchungen und Ergebnisse beruhen auf dem von 1976 - 1989 vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Forschungsprojekt "Die Verjüngung des Bergmischwaldes" beim Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der LMU München.

Die Schrift steht beispielhaft für die vielen Forschungsarbeiten im bayerischen Staatswald zu aktuellen waldbaulichen und ertragskundlichen Fragen. Alle im Wald Tätigen sind aufgerufen, an der Anwendung dieser wissenschaftlichen Erkenntnisse in der forstlichen Praxis tatkräftig mitzuwirken.

Bauer
Ministerialdirektor

DIE STEUERUNG VON WALDÖKOSYSTEMEN
MIT WALDBAULICHEN MITTELN -
dargestellt am Beispiel des Bergmischwaldes

von
Reinhard Mosandl

vorgelegt als Habilitationsschrift an der Forstwissenschaftlichen
Fakultät der Universität München

0. VORWORT

Seit dem Jahr 1976 betreibt der Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München in den Chiemgauer Alpen ein großangelegtes Forschungsprojekt zur Erhaltung und Wiederausbreitung des Bergmischwaldes. In den Jahren bis 1986 konnte auf 25 Dauerbeobachtungsflächen in den Forstamtsbereichen Ruhpolding und Siegsdorf ein umfangreiches Datenmaterial über die Entwicklung der Altbestände, der Verjüngung und der Bodenvegetation gewonnen werden. Zusammen mit den Befunden interdisziplinärer Studien auf diesen Flächen ergibt sich daraus nunmehr ein einigermaßen zuverlässiges Bild von charakteristischen Prozessen und ihrer waldbaulichen Beeinflussbarkeit im naturnahen Ökosystem Bergmischwald. Die Konturen dieses Bildes anhand des Grundlagenmaterials aufscheinend zu machen ist das Ziel der vorliegenden Arbeit.

Herrn Prof. Dr. P. Burschel, der mit der Versuchsanlage im Bergmischwald ein Waldbaulehrbuch in der Natur geschaffen hat, bin ich für die stete Förderung der Arbeit zu größtem Dank verpflichtet.

Bei Herrn Prof. Dr. J. Huss bedanke ich mich herzlich für die Überlassung von Daten aus dem von ihm konzipierten Pflanzungsteil des Versuches.

Ganz besonderer Dank gilt meinen Freunden und Kollegen, die ganz wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben. Allen voran ist hier Herr Diplom-Landwirt H. El Kateb zu nennen, der die raffinierten Konzepte zur Datenerfassung und Datenauswertung entwickelte und damit die Überschaubarkeit des Projektes selbst dann noch gewährleistete, als die Rohdatenmenge die 6 Millionen-Grenze überschritt. Als hervorragender Kenner der Versuchsflächen und der Statistik war er am Zustandekommen der Ergebnisse stets maßgeblich beteiligt. Ebenfalls entscheidende Hilfestellung leistete Herr Diplom-Forstwirt R. Kotru, der an der Aufnahme und Auswertung der Altbestands- und Bodenvegetationsdaten intensiv mitwirkte. Herr Forstrat F. Binder übernahm dankenswerterweise die Waldschadenssprache im Herbst 1986 und Herr Forstrat A. Fuchs fertigte mit

dem ihm eigenen graphischen Geschick die Abbildungen der Kapitel 4 bis 9.

In den zehn Versuchsjahren von 1976 bis 1986 sowie in den anschließenden drei Auswertungsjahren haben unzählige Mitarbeiter durch ihre engagierte und gewissenhafte Tätigkeit zum Gelingen des Forschungsprojektes Bergmischwald beigetragen. Ihnen allen sei hier ganz herzlich gedankt. Stellvertretend für die vielen Mitarbeiter seien Herr J. Schobersteiner und Frau K. Thoroe genannt. Herr Schobersteiner hat beinahe während des gesamten Versuchszeitraumes die Bergmischwaldanlage betreut und dafür gesorgt, daß der Versuchszweck erreicht werden konnte. Frau K. Thoroe hat über mehrere Jahre die Arbeiten im Labor mitbeaufsichtigt und selbst vielfältig bei der Datenerfassung und -auswertung mitgewirkt.

Nicht zuletzt sei der Bayerischen Staatsforstverwaltung gedankt, die auf allen Ebenen (Ministerium, Oberforstdirektion, Forstämter) dem Forschungsprojekt jede nur erdenkliche Hilfe zuteil werden ließ. Auch dem Kuratorium der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt sei für die großzügige finanzielle Unterstützung des Projektes gedankt. Herrn Ministerialdirigent M. Steinle und Herrn Ltd. Ministerialrat H. Wild sowie dem Leiter der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Herrn Ltd. Forstdirektor Dr. R. Holzapfl schulde ich Dank dafür, daß sie mir durch meine Freistellung von der Bayer. Staatsforstverwaltung die Arbeit am Forschungsprojekt Bergmischwald erst ermöglicht haben.

Nicht vergessen sei auch ein Dank an die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die das Forschungsvorhaben in den Anfangsjahren finanzierte.

Ganz besonders herzlich bedanke ich mich bei meiner Lebensgefährtin Sabine, die nicht nur die aufwendigen Schreibarbeiten übernahm, sondern darüber hinaus mit kritischem Sachverstand die Entstehung dieser Arbeit begleitete.

München, Februar 1990

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
1.1 Waldbauliche Maßnahmen als Steuerungseingriffe in Waldökosysteme	1
1.2 Das Ökosystem Bergmischwald	2
1.3 Die Auswirkungen von waldbaulichen Steuerungseingriffen im Ökosystem Bergmischwald	4
2. DIE VERSUCHSANLAGE IM BERGMISCHWALD	5
3. DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE AUF DEN ALTBESTAND	10
3.1 Der Altbestand als Produzent im Ökosystem Bergmischwald	10
3.2 Methodik und Auswertung der Altbestandsaufnahmen	10
3.21 Standardaufnahmen	10
3.22 Erweiterte Aufnahme auf der Hauptversuchsfläche	12
3.23 Auswertung der Altbestandsaufnahmen	13
3.3 Ergebnisse der Altbestandsaufnahmen	14
3.31 Alter	15
3.32 Überschilderung	19
3.33 Höhe	25
3.34 Stammzahl	28
3.35 Durchmesser und Durchmesserzuwachs	35
3.36 Grundfläche und Grundflächenzuwachs	47
3.37 Volumen und Volumenzuwachs	54
3.38 Stabilität und Gesundheit	72
3.4 Konsequenzen aus den Versuchsergebnissen für die waldbauliche Behandlung von Bergmischwaldbeständen	76
4. DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE AUF DIE ÖKOLOGISCHEN FAKTOREN	80
4.1 Auflichtungsgrad und mikroklimatische Verhältnisse	80
4.11 Veränderungen in den mikroklimatischen Verhältnissen	80
4.12 Die relative Beleuchtungsstärke als Indikator für die mikroklimatischen Verhältnisse	82
4.13 Die Veränderungen der mikroklimatischen Verhältnisse im Versuchszeitraum	84

4.2	Auflichtungsgrad und Bodenfaktoren	88
4.3	Auflichtungsgrad und biotische Faktoren	89
5.	DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE AUF DIE BODENVEGETATION	91
5.1	Die Bodenvegetation als Untersuchungsgegenstand im Forschungsprojekt Bergmischwald	91
5.2	Ergebnisse der Bodenvegetationserhebungen	93
5.21	Die pflanzensoziologische Einordnung der Versuchsparzellen	93
5.22	Die Artenzahl	101
5.23	Der Bedeckungsgrad	103
5.24	Die Höhe	106
5.25	Die Biomasse	107
5.3	Die Stellung der Bodenvegetation im Ökosystem Bergmischwald	110
5.31	Wirkungen auf die Bodenvegetation	110
5.32	Wirkungen ausgehend von der Bodenvegetation	113
5.33	Schlußfolgerungen	114
6.	DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE AUF DEN STREUFALL	117
6.1	Die Streufalluntersuchungen im Rahmen des Bergmischwaldprojekts	117
6.2	Die Ergebnisse der Streufalluntersuchungen	119
6.21	Die Gesamtstreu	119
6.22	Samen und Früchte	127
6.221	Die Fichtensamen	127
6.222	Die Tannensamen	136
6.223	Die Bucheckern	143
6.224	Die Ahornfrüchte	147
6.3	Den Streufall bestimmende Faktoren	152
7.	DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE AUF DIE NATURVERJÜNGUNG	157
7.1	Einleitung und Methodik	157
7.2	Ergebnisse der Naturverjüngungsaufnahmen	158
7.21	Die Pflanzendichte	158
7.211	Die Wirkung der Überschilderung	158
7.212	Die Wirkung des Zaunschutzes	178
7.22	Die Pflanzenhöhe	185
7.23	Die Biomasse	193

7.3	Die Steuerung der Naturverjüngung durch waldbauliche Maßnahmen	197
8.	DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE AUF DIE KUNSTVERJÜNGUNG	205
9.	DIE BEURTEILUNG DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE HINSICHTLICH DER ÖKOLOGISCHEN KRITERIEN PRODUKTIVITÄT, STABILITÄT UND SUKZESSION	208
10.	DIE BEWERTUNG DES FORSCHUNGSPROJEKTES BERGMISCHWALD	216
11.	ZUSAMMENFASSUNG	219
12.	LITERATURVERZEICHNIS	224
12.1	Im Rahmen des Bergmischwaldprojektes entstandene Schriften	224
12.2	In den Kapiteln 1 - 10 erwähnte Schriften	227
13.	VERZEICHNIS DER TABELLEN UND ABBILDUNGEN	232
14.	ANHANG	239
14.1	Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Durchmesser-, Grundflächen- und Volumenzuwachses	239
14.2	Die Vegetationsaufnahme im Sommer 1986	242

1. EINLEITUNG

1.1 Waldbauliche Maßnahmen als Steuerungseingriffe in Waldökosysteme

"Der Wald ist die langlebigste und am höchsten entwickelte Lebensgemeinschaft der Erde, von der zugleich die stärkste Beeinflussung der unbelebten natürlichen Umweltfaktoren ausgeht. Dies rechtfertigt eine Sonderstellung des Waldes unter den Ökosystemen der Erde" (HABER, 1982). Der Mensch ist in diesem hochproduktiven Ökosystem zum einen Konsument, der auf die Lieferung von Energie in Form von Pflanzen und Tieren angewiesen ist, zum anderen ist er aber auch "überorganischer Faktor", wie es ELLENBERG bei der Beschreibung des Buchenwaldökosystems im Solling ausgedrückt hat (ELLENBERG et al., 1986). Als solcher kann er alle Kompartimente des Ökosystems beeinflussen oder teilweise sogar zerstören.

Durch Holzentnahme, Ausübung der Waldweide, Haltung überhöhter Wildbestände oder durch Aufforstung ist er in der Lage, die Struktur des Ökosystems ganz wesentlich zu verändern.

Diese beiden Tatbestände - auf der einen Seite das produktivste Ökosystem der Erde und auf der anderen Seite die schier unbegrenzte Beeinflussbarkeit durch den Menschen - waren von jeher eine Herausforderung für die Forstwirtschaft. Mit dem von ihr entwickelten Prinzip der Nachhaltigkeit hat sie eine allgemeingültige Antwort auf diese Herausforderung gefunden. Daß diesem Prinzip bei der Nutzung Rechnung getragen und so eine permanente Entnahme von Biomasse möglich wird, ist Sache der Forsteinrichtung und des Waldbaus. Dem Waldbau obliegt dabei die Aufgabe, die Produktion am Einzelbestand optimal zu regeln. Für diese Aufgabe stehen ihm eine Reihe von Steuerungsinstrumenten z.B. verschiedene Verjüngungsverfahren zur Verfügung. Damit er diese Instrumente auch effizient einsetzen kann, muß er ihre Wirkungsweise allerdings sehr genau kennen.

Nun verstehen wir zwar seit den großen Ökosystemanalysen im Solling (ELLENBERG et al., 1986), im Ebersberger Forst (DROSTE HÜLSHOFF, 1969) oder auch in den nordöstlichen USA (Hubbard-Brook-Projekt, BORMAN and LIKENS, 1979) die Waldökosysteme etwas besser, jedoch

sind wir weit davon entfernt, waldbauliche Maßnahmen als Steuerungseingriffe in diesen Systemen in ihrer ganzen ökologischen Tragweite beurteilen und damit Waldbau auf ökologischer Grundlage betreiben zu können, so wie es DENGLER (1944) vorschwebte. Dazu fehlt uns einfach noch das Wissen um die ökosystemaren Auswirkungen von waldbaulichen Maßnahmen (BURSCHEL, 1982).

Wie wir dieses Wissen zumindest ansatzweise erwerben können, zeigt beispielsweise der vom Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung im Jahr 1976 begonnene Bergmischwaldversuch, über den im folgenden berichtet wird. In diesem Versuch wurden in Altbeständen des Bergmischwaldes zur Einleitung und Förderung der Verjüngung verschiedene waldbauliche Steuerungseingriffe vorgenommen, deren Zweckmäßigkeit nach 10jähriger Laufzeit des Versuches (bis 1986) auf der Grundlage des vorliegenden Datenmaterials nunmehr zuverlässig bewertet werden kann.

1.2 Das Ökosystem Bergmischwald

Als Untersuchungsobjekt wurde der Bergmischwald in den ostbayerischen Kalkalpen ausgewählt. Dieser aus Fichte, Tanne, Buche und Bergahorn aufgebaute Bergmischwald zeichnet sich dadurch aus, daß er in weiten Teilen - trotz jahrhundertelanger Bewirtschaftung - ein sehr naturnahes Ökosystem geblieben ist. An diesem Ökosystem sollten zum einen die natürlichen, ohne menschliche Einflußnahme ablaufenden Prozesse und zum anderen die modifizierende Wirkung waldbaulicher Steuerungseingriffe studiert werden. Nur so besteht die Aussicht, ein Verjüngungsverfahren zu finden, das der seit einem Jahrhundert sich abzeichnenden Entmischungstendenz entgegenwirken kann.

In der folgenden Abbildung wird das untersuchte Ökosystem Bergmischwald so, wie es sich in der Verjüngungsphase präsentiert, schematisch dargestellt (Abb. 1). Es ist nach außen durch seinen Standort begrenzt. Darauf befindet sich als Hauptkomponente der Produzenten der Altbestand. Unter diesem Altbestand ist als weiteres Element eine Naturverjüngung anzutreffen. Desweiteren entwickelt sich unter dem Altbestand eine Bodenvegetation und eine im Wege der Pflanzung eingebrachte Kunstverjüngung. Das sind die vier

Untersuchungsgegenstände, deren Entwicklung von verschiedenen ökologischen Faktoren beeinflusst ist:

- den Bodenfaktoren (Standort im engeren Sinne)
- den mikroklimatischen Verhältnissen
- den biotischen Faktoren

Der Waldbauer hat nun die Möglichkeit in dieses System mit Steuerungsmaßnahmen einzugreifen. Als wichtigste Möglichkeit steht ihm die Veränderung des Auflichtungsgrades zur Verfügung. Ein fast ebenso bedeutendes Instrument besitzt er mit der Zäunung. Weiter kann er, um das Ankommen der Naturverjüngung zu fördern, zur Bodenbearbeitung greifen. Dort, wo die Naturverjüngung nicht aufläuft, steht dem Waldbauer das Instrument der Pflanzung zur Verfügung.

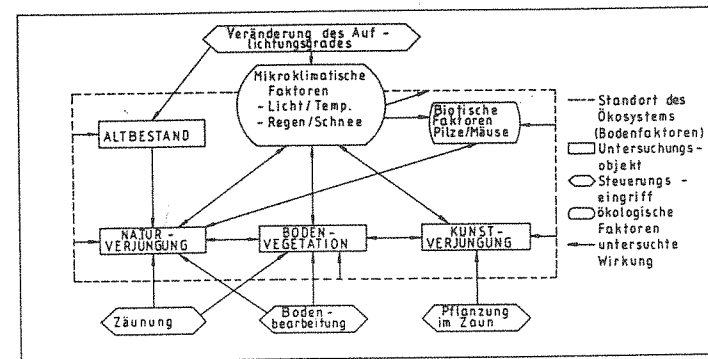


Abb. 1: Das Ökosystem Bergmischwald

Dargestellt sind desweiteren in Abb. 1 die bislang im Bergmischwaldprojekt zu Tage getretenen Wirkungen, die in ihren Grundzügen in der vorliegenden Arbeit belegt werden sollen. Dieser hier versuchte ökosystemare Ansatz kann sich dabei auf eine breite Basis bisher unveröffentlichter Daten sowie auf eine Reihe vorliegender, oft interdisziplinär erarbeiteter Veröffentlichungen stützen (siehe Literaturverzeichnis Kap. 12.1).

Das in Abb. 1 wiedergegebene Schema des Ökosystems Bergmischwald ist gemessen am wirklichen Ökosystem noch immer äußerst grob; so fehlt z.B. die wichtige Gruppe der Destruenten vollständig. Trotzdem enthält dieses einfache Schema bereits eine Reihe von waldbaulich wichtigen Komponenten, wobei die Wirkungen zwischen diesen schon einen erstaunlich hohen Grad an Vernetzung erreichen.

1.3 Die Auswirkungen von waldbaulichen Steuerungseingriffen im Ökosystem Bergmischwald

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, unter Einbeziehung der neuesten Daten des Bergmischwaldversuches aus dem Jahr 1986, die Auswirkungen der waldbaulichen Steuerungseingriffe im Ökosystem Bergmischwald aufzuzeigen. Dazu ist es zunächst einmal notwendig, die Versuchsanlage im Bergmischwald und die dort durchgeführten Untersuchungen zu beschreiben (Kap. 2). Danach sollen die in Abb. 1 wiedergegebenen Wirkungen belegt werden. Behandelt werden dabei die Auswirkungen der waldbaulichen Steuerungseingriffe auf

- den Altbestand (Kap. 3)
- die mikroklimatischen Verhältnisse (Kap. 4)
- die Bodenvegetation (Kap. 5)
- die Streu- und Samenproduktion (Kap. 6)
- die Naturverjüngung (Kap. 7)
- die Pflanzung (Kap. 8)*

In einer Zusammenschau werden die durchgeführten waldbaulichen Maßnahmen hinsichtlich der ökologischen Kriterien - Sukzession, Produktivität und Stabilität - beurteilt (Kap. 9). Daran schließt sich eine Bewertung des Forschungsprojektes Bergmischwald an (Kap. 10).

* Der Pflanzung wird nur ein kurzer Abschnitt gewidmet, da sie im Rahmen einer Dissertation gesondert dargestellt werden soll.

2. DIE VERSUCHSANLAGE IM BERGMISCHWALD

Die Grundlage des Versuches bilden 25 Versuchsparzellen, verteilt auf 11 verschiedene Versuchsflächen. Die Versuchsflächen liegen in den Chiemgauer Alpen (Abb. 2). Sie unterscheiden sich wie der folgenden Übersicht (Tab. 1) zu entnehmen ist

- im Standort : 9 befinden sich im Kalkalpin im Forstamtsbereich Ruhpolding, 2 im Flysch im Forstamtsbereich Siegsdorf
- in der Höhenlage : 800 bis 1250 m ü. NN
- in der Exposition: W, NW, N und S



Abb. 2 : Die geographische Lage der 11 Versuchsflächen (aus BURSHEL et al. 1985)

In den Altbeständen, die auf den 11 verschiedenen Versuchsflächen stocken, wurden zu Versuchsbeginn fünf unterschiedliche waldbauliche Eingriffe vorgenommen :

- Kontrolle (0) : kein Eingriff
- Schwacher Schirmhieb (1): 30% der Grundfläche wurden entnommen
- Starker Schirmhieb (2) : 50% " " " "
- Kahlhieb (3) : 100% " " " "
- Lochhieb (4) : Aushieb eines kreisrunden Lochs mit 30 m Durchmesser

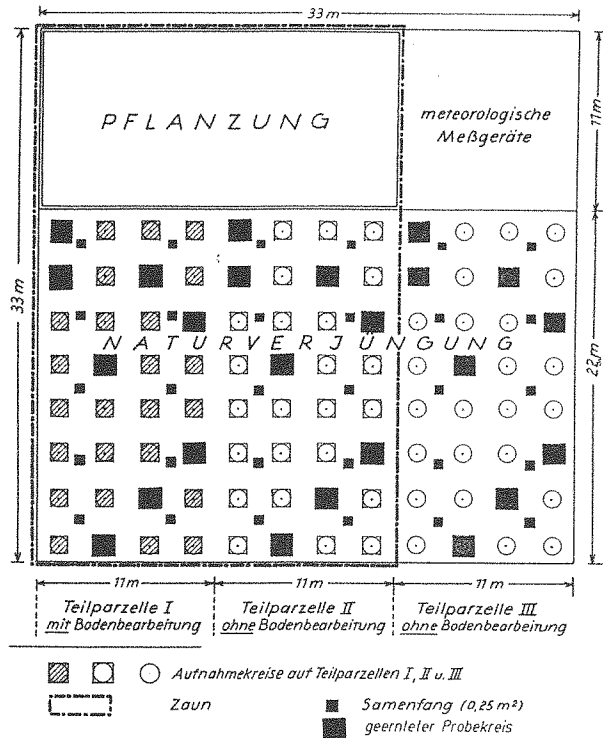


Abb. 4 : Die Versuchsanordnung auf der Kernfläche der Parzellen : Kontrolle, starker und schwacher Schirmhieb, Kahlhieb

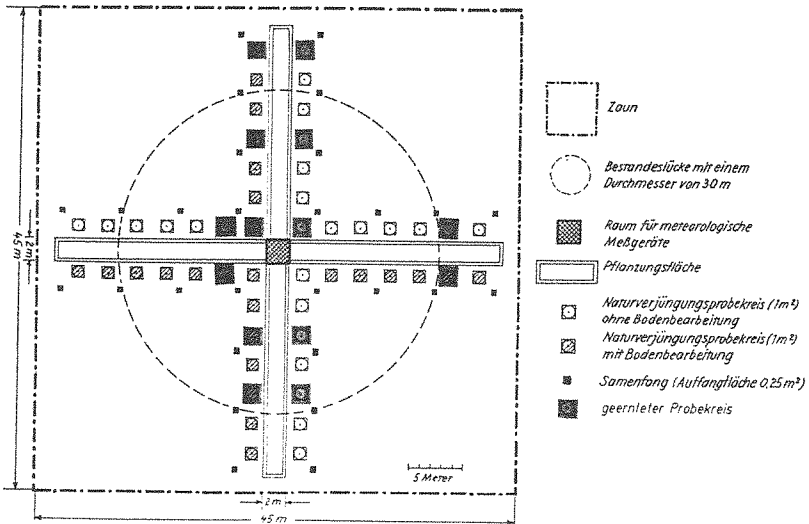


Abb. 5 : Die Versuchsanordnung auf der Kernfläche der Lochhiebparzellen

- im unteren Teil befinden sich verschiedene Aufnahmeeinrichtungen für die Naturverjüngung:

- (1) 30 Samenfänge mit einer Auffangfläche von je 0,25 m²
- (2) 96 mit Eisenstäben fest markierte Probekreispunkte für die Aufnahme der Naturverjüngungspflanzen auf 1 m² großen Probekreisen (64 Probekreise im Zaun, davon 32 mit Bodenbearbeitung; daneben 32 Probekreise außer Zaun ohne Bodenbearbeitung)

- die rechte obere Ecke der Kernfläche ist als Stellplatz für die meteorologischen Meßgeräte reserviert

Von dem hier beschriebenen regulären Aufbau der Versuchspartellen gibt es drei Ausnahmen:

- (1) Die vier Lochhiebparzellen haben eine größere Kernfläche und einen anderen Versuchsaufbau (s. Abb. 5).
- (2) Auf der hochgelegenen Parzelle 4.0 fehlt aus Platzgründen der Kernflächenteil außer Zaun.
- (3) Die vergraste Parzelle 7.2 hat eine fast doppelt so große Kernfläche wie normal (Hangfläche: 44 x 44 m); hier wurden verschiedene Möglichkeiten getestet, die Bodenvegetation zu beseitigen.

Die 21 Versuchspartellen im Kalkalpin wurden im Herbst 1976 angelegt und bis Herbst 1986 beobachtet. Die 4 Versuchspartellen im Flysch wurden im Herbst 1979 eingerichtet und standen ebenfalls bis Herbst 1986 unter Beobachtung. Im Versuchszeitraum (10 Vegetationsperioden im Kalkalpin und 7 Vegetationsperioden im Flysch) wurde auf den Versuchspartellen ein umfangreiches Datenmaterial erhoben, das eine Beurteilung der vorgenommenen waldbaulichen Steuerungseingriffe zuläßt.

3. DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE AUF DEN ALTBESTAND

3.1 Der Altbestand als Produzent im Ökosystem Bergmischwald

Von den vier im Ökosystem Bergmischwald (Abb. 1) unterschiedenen Vertretern der Produzenten - Altbestand, Naturverjüngung, Kunstverjüngung und Bodenvegetation - leistet der Altbestand den größten Beitrag zum Aufbau der im Ökosystem akkumulierten Biomasse. Zumindest gilt dies für die ausgewählten Altbestände, die sich zu Versuchsbeginn alle in der Akkumulationsphase befanden. Die waldbaulichen Eingriffe haben den Akkumulationsprozess stark gestört oder wie im Falle des Kahlhiebs völlig unterbrochen.

Für eine Beurteilung der Eingriffe ist es wichtig, die durch die Hiebe bedingten Verluste an Altbestandsmasse genau zu kennen. Zu diesem Zweck wurden zwei ertragskundliche Aufnahmen der Altbestände auf den Versuchspartellen durchgeführt: eine zu Versuchsbeginn im Herbst 1976 im Kalkalpin bzw. im Herbst 1979 im Flysch und eine weitere zu Versuchsende im Herbst 1986.

Die Methodik und die Auswertung der Altbestandsaufnahmen werden im folgenden Punkt 3.2 beschrieben. Die Ergebnisse werden in Punkt 3.3 mitgeteilt und daran anschließend einer kritischen Betrachtung unterzogen.

3.2 Methodik und Auswertung der Altbestandsaufnahmen

3.2.1 Standardaufnahmen

Im Herbst 1976 wurden in einer Standardaufnahme verschiedene Ertragselemente der Altbestände im Kalkalpin erhoben. Eine vergleichbare Aufnahme wurde im Herbst 1979 auch auf den Partellen im Flysch durchgeführt. Im einzelnen wurden auf den Partellen bzw. an den nummerierten und mit einer $d_{1,3}$ -Markierung versehenen Bäumen der Partellen folgende Daten ermittelt:

- (1) Stammfußkoordinaten:
Der Stammfuß der Bäume über 1,3 m Höhe wurde kartiert; x- und y-Koordinaten wurden mit dem Bandmaß auf Dezimeter genau eingemessen.
- (2) Alter:
Auf den meisten der Partellen wurden nur von wenigen der gefälltten Bäume Stammscheiben in Stockhöhe entnommen und die Jahrringe unter dem Mikroskop ausgezählt. Auf den Kontrollpartellen und der Partelle 8.4 wurden überhaupt keine Alterszählungen vorgenommen. Allerdings wurde auf sechs Partellen der Hauptversuchsfläche (1.1, 1.2, 1.4, 2.1, 2.2, 2.4) an einer größeren Anzahl von Bäumen (40 Fichten, 42 Tannen und 38 Buchen) das Alter bestimmt. Somit kann hier die Altersstruktur der Bestände etwas näher betrachtet werden. Auch auf den Partellen 3.2, 5.2 und 6.2 wurden mehrere Altersdaten erhoben.
- (3) Überschirmungsgrad:
Auf jeder Versuchspartelle wurde vor und nach dem Hieb ein quadratisches Gitternetz ausgelegt. Die Gitterlinien hatten einen Abstand von 2,5 m. Auf den Schnittpunkten der Gitterlinien (196 Punkte auf den 33 x 33 m großen Kernflächen) wurde mit Hilfe eines Dachlotes bestimmt, ob diese durch eine Baumkrone überschirmt waren. Der Anteil überschirmter Punkte an der Anzahl der Punkte ergab den Überschirmungsgrad.
- (4) Kraftklasse:
Von jedem Baum wurde die soziologische Stellung (Kraftklasse) festgehalten.
- (5) Brusthöhendurchmesser:
Der Durchmesser aller Bäume über 1,3 m Höhe wurde in Brusthöhe mit dem Umfangmaßband auf Millimeter genau gemessen.
- (6) Höhe:
Die Höhe aller Bäume über 1,3 m wurde nach dem System JOHANN JOHANN, 1974) mit Basismeßplatte und Blume-Leiss Höhenmesser auf Dezimeter genau bestimmt.

(7) Kronenansatz:

Der Kronenansatz wurde ebenfalls nach dem System JOHANN gemessen. Als Kronenansatz galt dabei der erste grüne Astquirl. Waserreiser zählten nicht als grüne Äste. Bei einseitigem Kronenansatz wurde die Mitte zwischen dem ersten grünen Ast und dem ersten grünen Astquirl als Kronenansatz betrachtet.

(8) Schäden:

Vorhandene Rucke-, Fäll- und Schneebruchschäden wurden vermerkt. Bei der Wiederholungsaufnahme im Herbst 1986 wurden nach den gleichen Verfahren wiederum die Kraftklasse, die Brusthöhendurchmesser, die Höhen, die Kronenansätze und die Schäden erhoben. Darüberhinaus wurde jeder Baum auf Waldschadenssymptome hin angesprochen. Das Blattverlustprozent wurde festgehalten.

3.22 Erweiterte Aufnahme auf der Hauptversuchsfläche

Auf der im Laufe des 10 jährigen Versuchszeitraumes besonders intensiv beobachteten Hauptversuchsfläche wurden im Herbst 1986 zusätzlich Kronenablotungen vorgenommen. Einer Empfehlung von HUBER (1981) entsprechend wurden dabei von jedem Baum acht Kronenradien (in den acht Himmelsrichtungen N, NO, O, SO, S, SW, W, NW) mit dem Dachlot abgelotet und mit dem Maßband auf Dezimeter genau gemessen. Ebenfalls nur auf der Hauptversuchsfläche und unter Auslassung der Lochhiebparzellen wurden von Bäumen im Umfassungstreifen der Parzellen Bohrspäne gewonnen. Dabei wurden jeweils zwei hauptständige und zwei nebenständige Fichten, Tannen und Buchen gebohrt. Ahorne waren nicht auf allen Parzellen vertreten, so daß hier nur von 14 Bäumen Bohrspäne gezogen werden konnten. Insgesamt wurden 86 Bäume in 1.3 m Höhe zweimal gebohrt; die Bohrungen wurden in einem Winkel von 180 versetzt (schräg hangoben und schräg hangunten) durchgeführt.

3.23 Auswertung der Altbestandsaufnahmen

Die Speicherung der Altbestandsdaten erfolgte auf der IBM-Großrechenanlage des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Vor der Auswertung wurden die Daten einer intensiven Kontrolle unterzogen. Mit von Herrn EL KATEB entwickelten Prüfungsprogrammen wurden die Daten auf Plausibilität untersucht. Ein Großteil der dadurch aufgedeckten Fehler ließ sich unter Zuhilfenahme der Originalaufnahmebelege beseitigen. Die restlichen Fehler konnten durch Nachmessungen im Gelände bereinigt werden, so daß schließlich ein verlässlicher Datensatz, in dem die Erhebungen zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende zueinander paßten, vorlag.

Die ertragskundliche Grundlagenauswertung konnte mit EDV-Programmen, die freundlicherweise vom Lehrstuhl für Waldwachstumkunde zur Verfügung gestellt wurden, vorgenommen werden. Eine Kurzbeschreibung dieser Programme enthält Tab. 2, ausführlichere Beschreibungen sind in den Arbeiten von PREUHLER (1979) und RÖHLE (1982) enthalten.

EDV-PROGRAMMNAME	PROGRAMMAUTOR JAHR	KURZBESCHREIBUNG
Haidbau (HB) HBALTVOR	EL KATEB, 1989	Ordnet alle ertragskundlichen Daten, berechnet neue Werte und faßt sie in einer Datei zusammen
HBVOL11	MOSANDL/BINDER, 1989	Berechnet Stammzahl, Grundfläche und Volumen getrennt für drei Schichten: Ober-, Mittel- und Unterschicht. (Volumen ohne Höhenkurve aus Einzelbaumwerten; Derbholzformzahlen nach Großrauminventur Bayern, KENNEL, 1973)
Waldwachstumskunde (WW) WWHOEHE	SCHMIDT, 1967	Berechnet die Regressionskoeffizienten von sechs verschiedenen Höhenkurven
WWVOLUM	SCHMIDT, 1966	Berechnet Stammzahl, Grundfläche und Volumen eines Bestandes; (Volumen unter Verwendung der Regressionskoeffizienten aus WWHOEHE)
WWBOHR	SCHMIDT, 1967 FRANZ, 1970 FLURL, 1981	Berechnet aus Durchmesserzuwächsen, die mit Hilfe des EKLUND-Bohrspanneßgerätes bestimmt wurden, die Grundflächen- und Volumenzuwächse von Einzelbäumen
PLOT 8	FLURL, 1978 RÖHLE, 1980	Zeichnet Baumverteilungspläne und Kronenkarten
SAS (Statistical Analysis System)	SAS Institute Inc., 1985	Programmprozeduren: TAB, PLOT, CHART, REG, RSQUARE, STEPWISE, GLM Beschreibung s. SAS User's Guide: Basics und Statistics, Version 5 Edition, 1985

Tab. 2: Die für die Auswertung des Altbestandes verwendeten EDV-Programme

Daneben kam auch ein eigenes Volumenberechnungsprogramm (WBVOL1L) zum Einsatz.

Dieses Programm verwendet nicht wie das EDV-Programm WWVOLUM die aus einer Höhenkurve abgelesene Höhe zur Berechnung des Volumens eines Einzelbaumes, sondern die tatsächlich gemessene Höhe. Ein Vergleich der sowohl mit dem Programm WWVOLUM wie mit dem Programm WBVOL1 für alle 25 Versuchspartellen hergeleiteten Volumenwerte zeigt folgendes:

- die Volumina für den Gesamtbestand weichen i.d.R. kaum voneinander ab
- größere Differenzen treten immer nur bei den nach Baumarten aufgeteilten Vorratswerten auf
- besonders hoch sind die Abweichungen, wenn von einer Baumart nur wenige Exemplare vorhanden waren und für das Programm WWVOLUM keine eigene oder nur eine schlecht abgesicherte Höhenkurve berechnet werden konnte. Dann mußte beispielsweise für Fichte, Tanne, Buche eine gemeinsame Höhenkurve erstellt werden. Gegenüber den mit dem Programm WBVOL1L berechneten Volumina ergaben sich dann für Tanne grundsätzlich zu hohe und für Buche zu niedrige Werte.

Mit Hilfe des Programmes WBVOL1L wurde für jeden Einzelbaum das Volumen zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende berechnet; die Differenz der beiden Volumina stellte einen brauchbaren Wert für den Volumenzuwachs dar. Dabei wird angenommen, daß die verwendeten Formzahlfunktionen die Förmigkeit der Bäume einigermaßen zuverlässig abbilden konnten und die Höhen außergewöhnlich sorgfältig gemessen wurden.

Weiterführende Auswertungen der Altbestandsdaten, wie z.B. die Beschreibung der Zusammenhänge zwischen den Zuwachswerten und verschiedenen Einflußgrößen, wurden mit SAS-Programmprozeduren vorgenommen.

3.3 Ergebnisse der Altbestandsaufnahmen

Die bislang im Rahmen des Forschungsprojektes Bergmischwald erschienenen Veröffentlichungen konzentrieren sich in erster Linie auf den Verjüngungsprozess; der Altbestand spielt dabei eine eher untergeordnete Rolle. Lediglich in der Diplomarbeit von ZWIRGL-MAIER (1977) wird größeres Gewicht auf den Altbestand gelegt. Im Vordergrund stehen dabei die Beschreibung des Zustandes der Bergmischwaldbestände zu Versuchsbeginn und die durch die Hiebsmaßnahmen bewirkten Veränderungen.

Nach 10 jähriger Laufzeit des Versuches können nunmehr auch die Folgewirkungen der Eingriffe aufgezeigt werden. Damit ist es erstmals möglich, die Auswirkungen der waldbaulichen Maßnahmen auf die Bergmischwaldbestände etwas umfassender darzustellen. Die hier mitgeteilten Befunde über den Ausgangszustand der Bestände stimmen nicht immer mit den in früheren Arbeiten enthaltenen Angaben überein. Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei der Aufnahme des Altbestandes im Herbst 1986 einige Unstimmigkeiten mit der Erstaufnahme zu Tage traten, die mühevollen Nachforschungen in den Originaldaten und im Gelände notwendig machten. Die Bestandeswerte für 1976 mußten danach mit korrigierten Werten neu berechnet werden.

Von allen mit den Altbestandsdaten durchgeführten Auswertungen können hier aufgrund des Umfangs des Datenmaterials immer nur wenige dargestellt werden. So wird z.B. von den etwa 100 gezeichneten Durchmesserverteilungen nur eine einzige herausgegriffen. Auf die Wiedergabe der ca. 150 ausgewählten Höhenkurven der Bestände wird ebenso verzichtet wie auf die Darstellung der damit berechneten Volumenwerte. Es werden jedoch keine grundlegenden ertragskundlichen Informationen über die auf den Versuchspartellen stockenden Altbestände weggelassen. Vielmehr wird versucht, das Grunddatenmaterial umfassend darzustellen und zwar in der Regel zunächst flächenbezogen für den Gesamtbestand (pro ha Horizontalfläche) und dann getrennt für Ober-, Mittel- und Unterschicht; danach werden in einigen Fällen auch einzelbaumbezogene Werte mitgeteilt.

3.31 Alter

Bergmischwaldbestände zeichnen sich durch eine große Altersspanne aus. Altersunterschiede von über 100 Jahren auf kleinstem Raum sind keine Seltenheit. Dennoch ist nicht die Altersspanne, sondern das Durchschnittsalter (s. Tab. 1) die aussagekräftigere Größe - zumindest gilt das für die ehemaligen Salinenwälder, denen auch die Ruhpoldinger Versuchsbestände zuzurechnen sind. Dies sei anhand der in Abb. 6 wiedergegebenen Alter und Brusthöhendurchmesser von Bäumen auf vier Versuchspartellen erläutert.

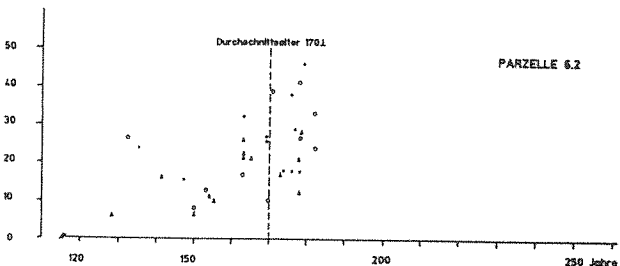
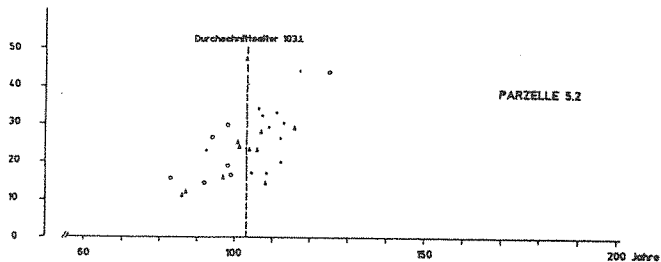
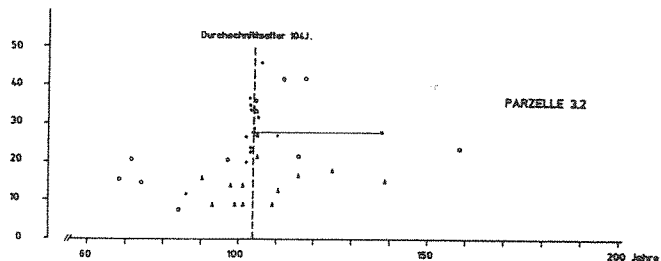
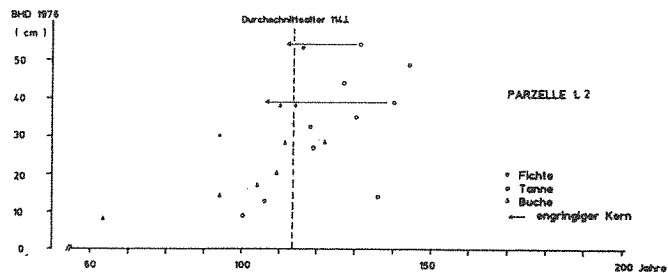


Abb. 6 : Alter (in Stockhöhe) und Brusthöhendurchmesser von Bäumen auf vier Versuchspartzellen

Der gesamte Altersbereich zerfällt in drei Teile:

- in einen unteren Bereich, in dem vor allem Tanne und Buche mit niedrigen Durchmessern vertreten sind;
- in einen mittleren Bereich, der etwa ± 10 Jahre des Durchschnittsalters umfaßt und dem die meisten Bäume zugeordnet werden können; hier kommen alle Durchmesser vor;
- darüber gibt es einen oberen Altersbereich, in dem vor allem Tannen stärkerer Dimensionen vertreten sind;

Im oberen Altersbereich sind vielfach Bäume anzutreffen, die einen engringigen Kern aufweisen. Dies deutet darauf hin, daß es sich bei diesen Bäumen um ehemalige Vorwüchse handelt, die bei einem Salinenkahlhieb freigestellt wurden. Zieht man die Jahre, in denen der Baum engringig erwachsen ist von seinem tatsächlichen Alter ab, so kommt man in die Nähe, oder wie bei einer Fichte der Parzelle 3.2, genau zum Durchschnittsalter. Das Durchschnittsalter ist also ein ungefährender Anhalt dafür, vor wie vielen Jahren der Salinenkahlhieb stattgefunden hat. Die Altersspanne ist demgegenüber stark davon abhängig, wie alt die einzelnen Vorwüchse zum Zeitpunkt des Hiebes gerade waren.

Abb. 6 enthält noch weitere interessante Einzelheiten. Während sich die vorwüchsigsten Tannen meist einen Platz in der Oberschicht erobern konnten (wie den hohen Durchmessern zu entnehmen ist), gerieten die vorwüchsigsten Buchen, aus welchen Gründen auch immer (vermutlich starke Hemmung des Höhenwachstums durch intensive Beweidung), unter den Druck der nachfolgenden Hauptverjüngung. Besonders deutlich wird dies auf Parzelle 3.2. Wie Buchen ohne diesen Druck wachsen können, zeigt eine auf Parzelle 5.2 stockende Buche, die mit etwa 100 Jahren fast 50 cm dick ist.

Im unteren Altersbereich sind die Wachstumsverläufe ebenfalls stark durch Konkurrenz geprägt. Die nach der Hauptverjüngung erscheinenden Bäume, die sogenannte Nachverjüngung war von Anfang an dem Konkurrenzdruck der Hauptverjüngung ausgesetzt und konnte es so nicht zu höheren Durchmessern bringen. Die verhältnismäßig hohen Altersdifferenzen zwischen Haupt- und Nachverjüngung, wie sie in Abb. 6 zum Ausdruck kommen, dürften mit durch die Konkurrenzsituation

bedingt sein; werden doch Pflanzen der Nachverjüngung in ihrem Höhenwachstum ganz gewaltig durch vorwachsene Bäume gebremst (s. Kap. 7.22, Abb. 37), so daß sie die Stockhöhe erst nach vielen Jahren erreichen. Die an Stöcken festgestellten Altersdifferenzen fallen dadurch größer aus, als sie in Wirklichkeit sind.

Die Zusammenhänge lassen sich anhand der in Abb. 7 dargestellten Altersverteilung auf der Hauptversuchsfläche verdeutlichen. Die 120 vorliegenden Alterswerte verteilen sich in charakteristischer Weise auf 10jährige Altersklassen. Die meisten Bäume sind den Altersklassen 105 (101-110) und 115 (111-120) zuzurechnen. In diesem Bereich liegt auch das Durchschnittsalter von 108 Jahren (s = 17 Jahre). Es ist anzunehmen, daß vor etwa 110 Jahren auf der gesamten Hauptversuchsfläche ein Salinenkahlhieb stattgefunden hat. Die zu Versuchsbeginn 101 bis 120 Jahre alten Bäume waren damals bereits vorhanden oder aber kamen kurz nach dem Hieb an; sie stellen die ehemalige Hauptverjüngung dar. Daneben gab es zum Zeitpunkt des Hiebes bereits einige Vorwüchse (meist Tannen), die heute über 120 Jahre alt sind und die ehemalige Vorausverjüngung repräsentieren. Die heute unter 100 Jahre alten Bäume sind der ehemaligen Nachverjüngung zuzurechnen, die sich erst einige Zeit nach dem Hieb ansamte oder aber sehr stark unter den Druck der Hauptverjüngung geriet.

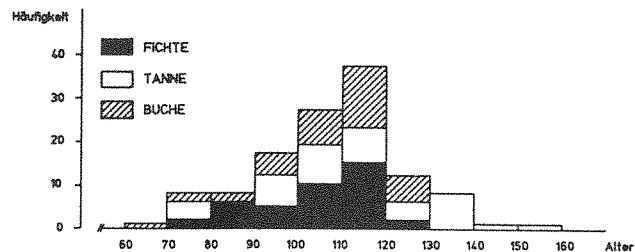


Abb. 7: Die Altersverteilung auf der Hauptversuchsfläche

Bemerkenswert an der hier gezeigten Altersverteilung erscheint, daß die hohe Altersspanne von 100 Jahren nach einem Kahlhieb zustande gekommen ist; dazu hat sicherlich das Belassen des "Schutzgestänges" beim Salinenkahlhieb beigetragen (s. hierzu v.BÜLOW, 1962).

3.32 Überschirmung

Als Untersuchungsbestände waren geschlossene Althölzer des Bergmischwaldes ausgewählt worden. Dies kommt im Überschirmungsgrad der 25 Versuchspartellen vor Versuchsbeginn zum Ausdruck (Tab. 3). In der Regel lagen vor den Eingriffen die mit dem Dachlot bestimmten Überschirmungsgrade zwischen 75% und 85% (wobei anzumerken ist, daß Überschirmungsgrade von über 90% bei dieser Meßmethode praktisch nicht vorkommen). Lediglich zwei Partellen auf dem Hauptversuch (1.0 und 1.3) und die beiden hochgelegenen Lochhiebpartellen (8.4 und 9.4) wiesen von Anfang an niedrigere Überschirmungswerte auf. Auch der Überschirmungsgrad auf der vergrasteten Fläche (Parz. 7.2) entsprach dem einer Schirmhiebstellung.

HALDBAULICHE BEHANDLUNG DES ALTBESTANDES	PARZELLE	ÜBERSCHIRMUNGSGRAD IN PROZENT		
		1976*/1979 vor dem Hieb	1976*/1979 nach dem Hieb	1986**
Kein Eingriff	1.0	68	68	79
	2.0	76	76	77
	3.0	80	80	86
	4.0	80	80	72
	5.0	80	80	86
	6.0	86	86	86
	10.0	85	85	80
	11.0	87	87	74
Schwacher Schirmhieb	1.1	76	56	65
	2.1	74	60	63
Starker Schirmhieb	1.2	75	49	53
	2.2	76	39	49
	3.2	78	42	47
	4.2	79	43	45
	5.2	76	45	67
	6.2	84	51	46
	7.2	54	51	--
	10.2	--	54	54
11.2	--	58	48	
Lochhieb	1.4	75	52	--
	2.4	83	55	--
	8.4	60	43	--
	9.4	54	38	--
Kahlhieb	1.3	69	0	35
	2.3	77	0	19

* Werte aus ZHIRGLMAIER (1977);

** Werte hergeleitet aus der relativen Beleuchtungsstärke (Formel s. Abb.18)

Tab. 3: Der Überschirmungsgrad der 25 Versuchspartellen zu verschiedenen Aufnahmezeitpunkten

Durch die waldbaulichen Eingriffe wurden die Überschirmungsgrade deutlich gesenkt: durch die schwachen Schirmhiebe um maximal 20%-Punkte (Parz. 1.1) und durch die starken Schirmhiebe um maximal 36%-Punkte (Parz. 2.2, 3.2, 4.2). Die Kahlhiebe redu-

zierten die Überschirmung um 77 bzw. 69%-Punkte auf Null. Nach den Eingriffen waren somit im Versuch nahezu alle in der Natur vorkommenden Überschirmungszustände von 0 bis 87% vertreten.

Eine Vorstellung von den Überschirmungsverhältnissen vermitteln Kronenkarten (Abb. 8a-h). Aus ihnen sind die Verteilung der Bäume, die Baumart (rechts vom Stammfuß eingetragen), die Stammstärke (die Größe des achteckigen Symbols ist proportional dem Brusthöhendurchmesser), die Nordrichtung (Linie vom Stammfuß zum Kronenrand), die Kronengröße, die Kronenform und die Kronenüberlappungen ersichtlich. Daneben kann auch der Überschirmungsgrad aus Kronenkarten hergeleitet werden. Allerdings wird dieser Überschirmungsgrad immer deutlich über dem mit dem Dachlot auf Gitternetzpunkten im Gelände bestimmten Wert (Tab. 3) liegen, da Lücken innerhalb der Krone hier nicht berücksichtigt werden.

Leider gibt es keine Kronenkarten der Bestände zu Versuchsbeginn und auch zu Versuchsende (1986) konnten aufgrund der aufwendigen Erhebungen lediglich Kronenkarten von den Parzellen der Hauptversuchsfläche gefertigt werden (Abb. 8a-h). Die hier wiedergegebenen Kronenkarten zeigen, daß auch zu Versuchsende die durch die waldbaulichen Eingriffe vor 10 Jahren geschaffene Abstufung in der Überschirmung noch deutlich zu erkennen ist. Als nach wie vor dichtester Bestand ist der auf der Parzelle 2.0 stockende auszumachen; ebenfalls sehr dicht ist derjenige auf Parz. 1.0.. Schon sehr viel lockerer stehen die Bäume auf den beiden schwachen Schirmhiebparzellen (1.1 und 2.1). Auf den beiden starken Schirmhiebparzellen sind auch nach 10 Jahren immer noch größere Lücken zu erkennen, wobei die Parzelle 2.2 wie schon zu Versuchsbeginn einen deutlich lichtereren Eindruck macht als die Parzelle 1.2. Die Situation zu Versuchsbeginn spiegeln auch die beiden Kahlhiebparzellen wieder: auf der Parzelle 1.4 wird das Loch durch einen sehr dichten, auf der Parzelle 2.4 sogar durch einen extrem dichten Altbestand begrenzt. In der Mitte des Loches der Parzelle 2.4 beginnen sich einige ehemals völlig unscheinbare Unterständler breit zu machen.

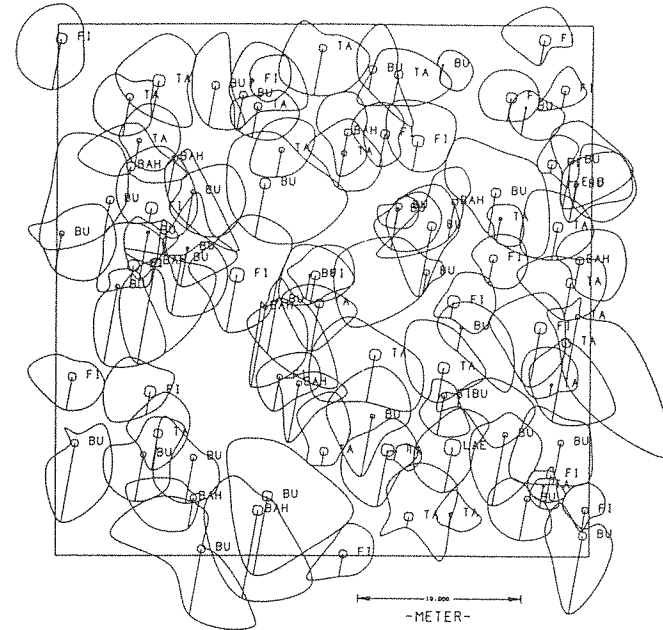


Abb. 8a : Kronenkarte der Parzelle 1.0 (kein Eingriff) 8-RADIEN-DACHLOTMESSUNG HERBST 1986

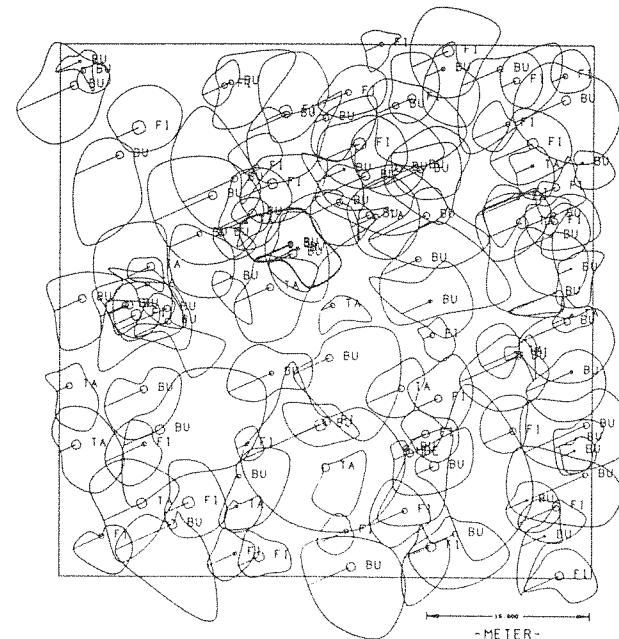


Abb. 8b : Kronenkarte der Parzelle 2.0 (kein Eingriff) 8-RADIEN-DACHLOTMESSUNG HERBST 1986

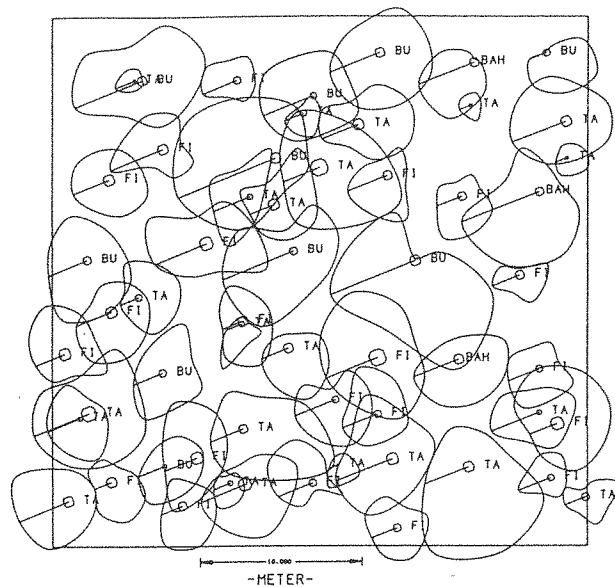


Abb. 8c : Kronenkarte der Parzelle 1.1 (schwacher Schirmhieb) 8-RADIEN-DACHLOTMESSUNG HERBST 1986

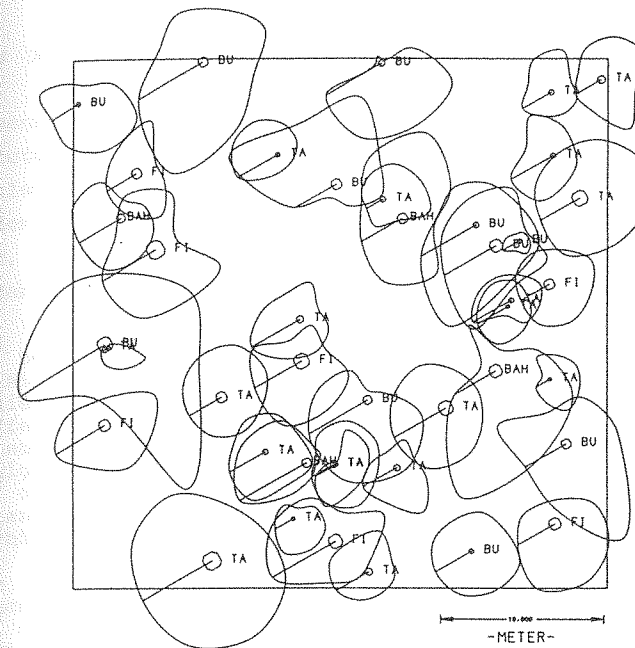


Abb. 8e : Kronenkarte der Parzelle 1.2 (starker Schirmhieb) 8-RADIEN-DACHLOTMESSUNG HERBST 1986

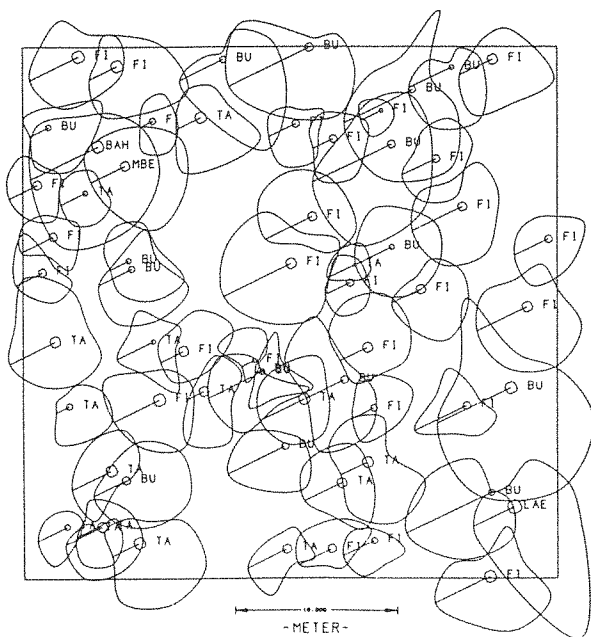


Abb. 8d : Kronenkarte der Parzelle 2.1 (schwacher Schirmhieb) 8-RADIEN-DACHLOTMESSUNG HERBST 1986

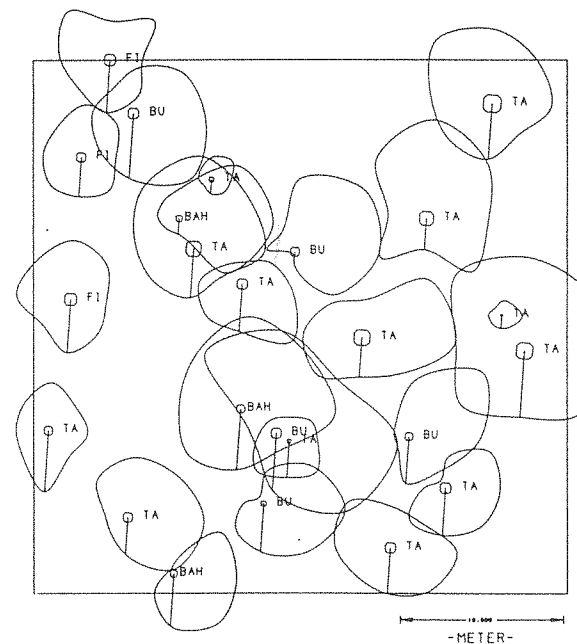


Abb. 8f : Kronenkarte der Parzelle 2.2 (starker Schirmhieb) 8-RADIEN-DACHLOTMESSUNG HERBST 1986

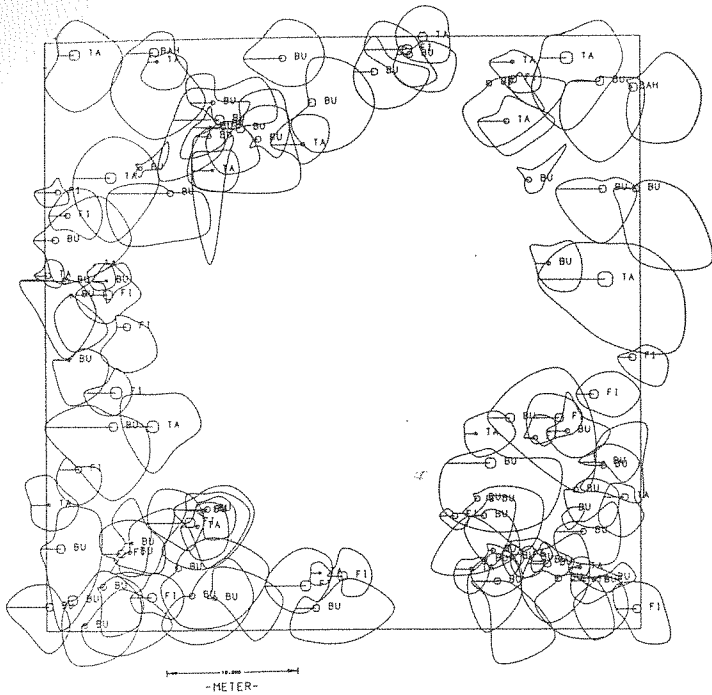


Abb. 8g: Kronenkarte der Parzelle 1.4 (Lochhieb)

8-RADIEN-DACHLOTMESSUNG
HERBST 1986

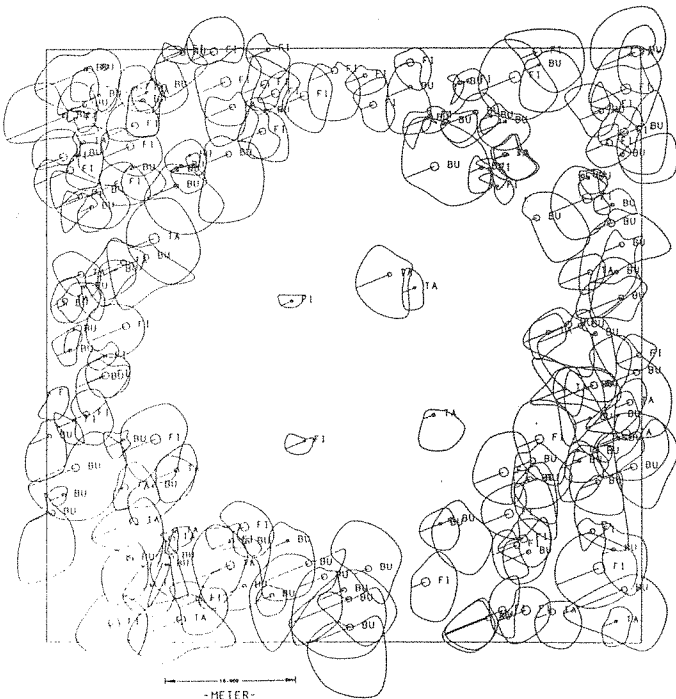


Abb. 8h: Kronenkarte der Parzelle 2.4 (Lochhieb)

8-RADIEN-DACHLOTMESSUNG
HERBST 1986

3.33 Höhe

Kronenkarten geben den Grundriß von Waldbeständen sehr gut wieder. Andeutungsweise enthalten sie aber auch Informationen über den vertikalen Aufbau, da von den Durchmessern auf die Höhen geschlossen werden kann. Ein klares Bild der Bestände ergibt sich allerdings erst, wenn auch die Höhen der Bäume in die Betrachtung einbezogen werden.

Nun bereitet jedoch die Angabe von charakteristischen Höhenwerten in Mischbeständen regelmäßig Schwierigkeiten. Die Mittelhöhen unterliegen hier, ebenso wie in Reinbeständen, bei waldbaulichen Eingriffen im mittleren Höhenbereich einer starken rechnerischen Verschiebung; doch auch die im Reinbestand geeigneten behandlungsunabhängigeren Oberhöhen können den vertikalen Aufbau von Mischbeständen oftmals nur unzureichend beschreiben. Hinzu kommt, daß es bislang noch keinen befriedigenden Ansatz zur Berechnung der Oberhöhe in Mischbeständen gibt (PREUHSLER, 1979; RÖHLE, 1982).

Auch die für die 25 Versuchspartellen des Bergmischwaldversuches berechneten Höhenkurven für die verschiedenen Aufnahmezeitpunkte und die daraus abgegriffenen Mittel- und Oberhöhen konnten nicht befriedigen. Besonders die Abschätzung der Veränderung der Höhe zwischen den zwei Aufnahmezeitpunkten führte regelmäßig zu unplausiblen Werten. Das mag zum einen an der Ungenauigkeit des Höhenmeßverfahrens liegen, zum anderen jedoch auch an der Verwendung von Höhenkurven, die im Extrembereich - also im Bereich der Oberhöhen - leicht Veränderungen unterliegen.

Auf eine "Adjustierung" der Höhenkurven wurde verzichtet und anstatt dessen ein völlig anderer Weg beschritten; es wurden sog. **Oberschichthöhen** hergeleitet. Dahinter steht folgende Überlegung: Das Ökosystem Bergmischwald ist nach oben durch den höchsten Baum begrenzt, der zu einem bestimmten Zeitpunkt auf einer Parzelle stockt. Dieser Baum mit der Maximalhöhe (s. Tab. 1) bildet den Maßstab für alle anderen niedrigeren Bäume. Nun können alle Bäume Schichten zugeordnet werden, die durch den höchsten Baum definiert werden. Dabei wurden die Schichten - eine Anregung von FRANZ (in PREUHSLER, 1979) aufgreifend - folgendermaßen abgegrenzt:

- Oberschicht : 80% bis 100% der Maximalhöhe
- Mittelschicht: 50% bis 80% " "
- Unterschicht : < 50% " "

Damit wird der nach MAGIN (1959) typischen Dreiteilung des sozialen Gefüges des Bergmischwaldes Rechnung getragen. Für die drei Schichten können nun getrennte Kennwerte berechnet werden. So ergibt das Mittel der Höhen aller Bäume, die in die Oberschicht hineinragen, die **Oberschichthöhe**.

Nur in der Oberschicht werden die Wachstumsprozesse im wesentlichen vom Standort bestimmt und nicht zusätzlich durch Beschattung von höheren Bäumen. Von der Oberschichthöhe kann deshalb bei bekanntem Alter auf die Standortsgüte geschlossen werden.

Die Oberschichthöhe unterscheidet sich oft nicht sehr von der mittleren Höhe der Bäume der Kraftklasse 1 und 2. Es wurde jedoch der Oberschichthöhe der Vorzug gegeben, da für die Schichtenzuordnung ein gemessenes Kriterium - nämlich die Höhe - ausschlaggebend ist, während bei der Abgrenzung der Kraftklassen ein subjektives Moment ins Spiel kommt. Gegenüber der aus Bestandeshöhenkurven hergeleiteten Oberhöhe ergeben sich Abweichungen, die im Falle der Baumart Fichte auf 3/4 aller Parzellen im Bereich $\pm 1,5$ m der Oberschichthöhe liegen. In Ausnahmefällen und bei den Mischbaumarten kommen jedoch auch wesentlich höhere Abweichungen vor.

Die Oberschichthöhe konnte das obere Kronendach des Bergmischwaldes recht gut charakterisieren. Auch die Höhenveränderung dieses Kronendaches ließ sich nur mit dieser Größe einigermaßen zuverlässig abschätzen. Dabei wurde die nach der Erstaufnahme getroffene Schichtenzuordnung für die Folgeaufnahme beibehalten, wobei ausschlaggebend war, daß in der Oberschicht ein Schichtenwechsel zwischen den beiden Aufnahmen nur äußerst selten vorkam.

In Tab. 4 sind für 23 Versuchsbestände die Höhen der Bäume in der Oberschicht angegeben. Die mittleren Höhen der Oberschicht lagen zu Versuchsbeginn in einem weiten Rahmen von 21 bis 37 m. Die großen Differenzen in der Höhe können durch Altersunterschiede nicht erklärt werden; vielmehr deuten sie auf beträchtliche Standortunterschiede hin. So liegen die Oberschichthöhen der Bestände im Flysch durchweg über 30 m. Von den Beständen im Kalkalpin erreichen nur diejenigen auf den hochgelegenen Lochhiebsparzellen (8.4 und 9.4) ähnliche Werte. Die Oberschicht aller übrigen Parzellen im Kalkalpin (1.0 bis 7.2) befindet sich noch unter 30 m. Besonders geringe Höhen von unter 25 m sind dabei auf den flachgründigen Parzellen am Oberhang des Hauptversuches (2.0, 2.1, 2.4) und auf der Südfläche (6.0, 6.2) zu verzeichnen. Auch die hochgelegene Parzelle 4.2 (die im Gegensatz zu Parzelle 4.0 von mehreren Felsrippen durchzogen ist) zeichnet sich durch eine geringe Oberhöhe aus.

Die baumartenweise aufgeschlüsselten Oberschichthöhen zeigen, daß Tanne und Buche der Fichte in der Höhe kaum nachstehen; alle drei Baumarten sind in der Lage sich in der Oberschicht zu halten. Auf einzelnen Parzellen gelingt es auch dem Bergahorn sich gerade noch an der Oberschicht zu beteiligen.

Die Baumarten in der Oberschicht unterscheiden sich kaum im Höhenzuwachs, der im Versuchszeitraum geleistet wurde. Allenfalls bei

der Buche deutete sich ein etwas geringerer Zuwachs an. In Tab. 4 wird der Höhenzuwachs der gesamten Oberschicht - ohne Aufschlüsselung nach Baumarten - angegeben. Danach ist die Oberschicht der meisten Bestände der Parzellen im Kalkalpin während des 10 jährigen Versuchszeitraumes um etwa 1 m nach oben gewachsen; eine größere Höhenzunahme war lediglich auf der Nord- (5.0, 5.2) und Südfläche (6.0, 6.2) festzustellen. Deutlich in der Höhe zugenommen haben die Bestände innerhalb des nur 7jährigen Beobachtungszeitraumes im Flysch.

PARZELLE	OBERSCHICHTHÖHEN 1976 (Kalkalpen) bzw. 1979 (Flysch)					Oberschicht insgesamt	1986	1976/79-1986
	OBERSCHICHT HÖHENBEREICH	FICHTE	TANNE	BUCHE	AHORN		OBERSCHICHT INSGESAMT	HÖHENZUNAHME OBERSCHICHT
1.0	23.1-28.9	25.8	25.1	25.6	24.3	25.5	26.1	0.6
1.1	25.9-32.4	29.0	27.4	28.2	--	28.3	28.3	0.0
1.2	26.6-33.3	30.9	28.6	27.8	--	29.2	29.8	0.6
1.4	25.2-31.5	27.7	27.3	28.2	27.0	27.8	28.1	0.3
2.0	18.9-23.6	20.9	19.9	19.8	--	20.5	21.4	0.9
2.1	20.2-25.2	22.6	21.0	20.2	20.6	22.0	23.0	1.0
2.2	24.2-30.2	26.4	28.0	24.9	--	26.6	27.7	1.1
2.4	21.6-27.0	23.1	22.8	22.4	--	22.9	24.2	0.3
3.0	24.2-30.3	26.9	--	25.2	--	26.6	27.0	0.4
3.2	23.3-29.1	26.1	26.8	23.5	--	25.9	27.0	1.1
4.0	24.7-30.9	29.1	27.1	27.2	--	28.0	29.3	1.3
4.2	20.8-26.0	23.2	22.5	22.1	--	22.9	23.5	0.6
5.0	23.6-29.5	25.5	23.8	24.4	--	25.3	27.4	2.1
5.2	25.4-31.7	26.4	--	28.0	25.4	26.8	28.4	1.6
6.0	21.5-26.9	25.5	24.5	23.6	22.3	24.2	26.0	1.8
6.2	20.0-25.0	23.0	21.3	21.0	20.1	21.9	24.2	2.3
7.2	24.2-30.2	26.5	26.1	24.5	--	26.3	27.3	1.0
8.4	31.0-38.8	34.0	--	--	--	34.0	35.0	1.0
9.4	28.0-35.0	30.9	30.4	--	--	30.8	31.9	1.1
10.0	28.9-36.1	32.4	32.3	31.8	--	32.3	35.0	2.7
10.2	29.1-36.4	32.9	31.4	--	--	32.5	33.5	1.0
11.0	32.8-41.0	36.6	37.0	--	--	36.8	38.9	2.1
11.2	31.3-39.1	34.6	34.1	--	--	34.4	36.2	1.8

Tab.4: Die Höhen der Oberschichtbäume (m) auf 23 Versuchsparzellen zu den beiden Aufnahmezeitpunkten (1976/1979 und 1986).

Betrachtet man die Höhenzunahme der Oberschicht im Hinblick auf die durchgeführten waldbaulichen Maßnahmen, so ist sicherlich festzustellen, daß die Eingriffe zu keiner Reduktion des Höhenzuwachses geführt haben.

Die grobe Aufteilung in drei Höhenklassen ist lediglich ein Hilfsmittel, um gestufte Wälder unserer Vorstellung zugänglich zu machen. Einen Eindruck davon, wie kompliziert die Bestände in Wirklichkeit aufgebaut sind, vermitteln Bestandesaufrisse. Sie werden deshalb in vielen waldbaulichen Arbeiten zur Beschreibung der Struktur von Beständen herangezogen (z.B. KNUCHEL, 1944; MAYER,

1974; PITTERLE, 1988; KUIPER, 1988). Auch in der vorliegenden Arbeit konnten für einige Parzellen des Hauptversuches Bestandesaufrisse gefertigt werden (Abb. 9a,b).

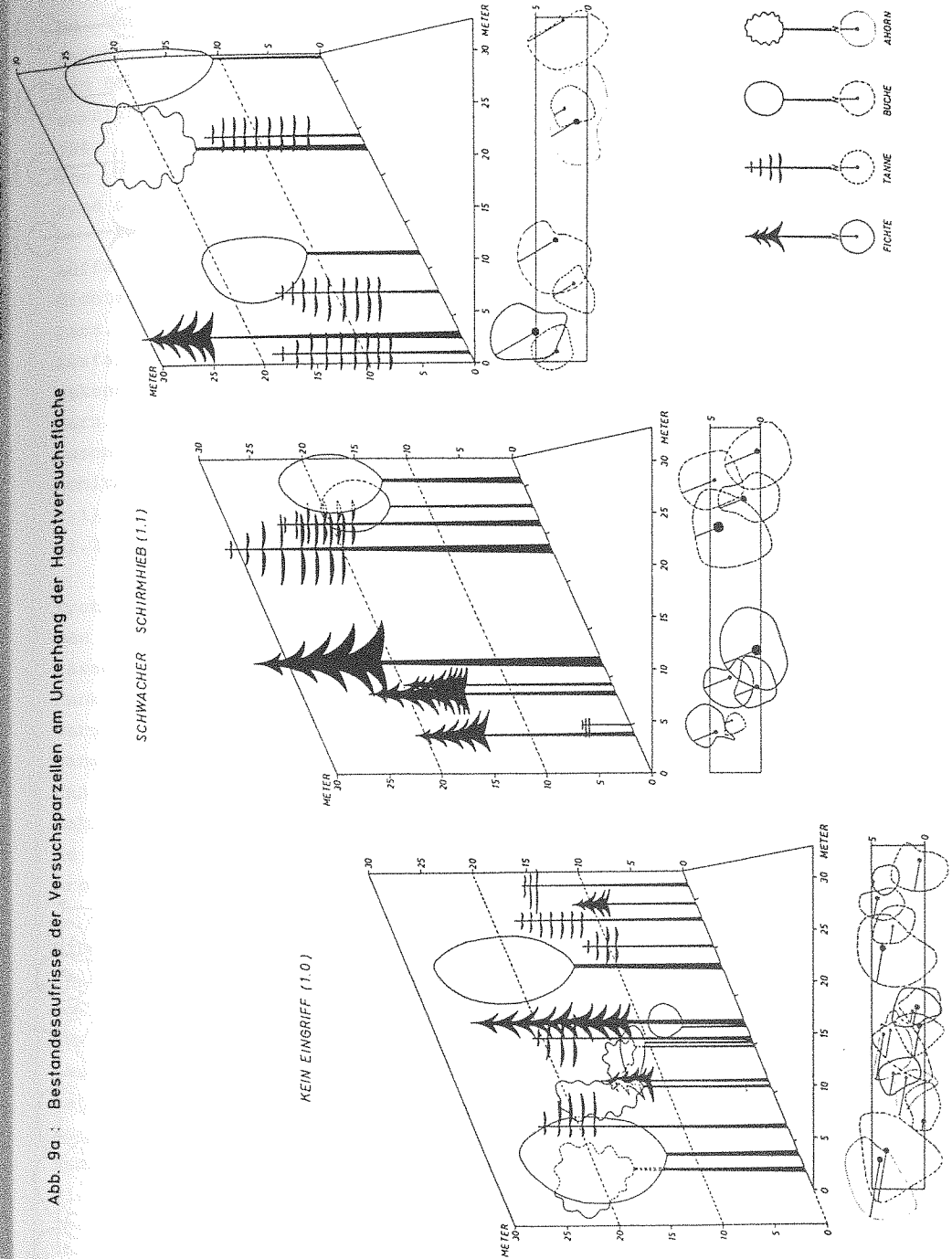
Die hier gezeigten Bestandesaufrisse geben typische Ausschnitte der Kronenkarten (Abb. 8) wieder. Bei der Auswahl der 33 x 5 m großen Streifen wurde so vorgegangen, daß die Baumartenanteile (nach Stammzahl) mit denen der Gesamtparzelle (0,1 ha) übereinstimmen. Multipliziert man die in Abb. 9 enthaltenen Stammzahlen mit dem Faktor 60, so erhält man annähernd die Stammzahl pro ha (vgl. Tab. 5 verbleibender Bestand 1986). Für die Erstellung der Bestandesaufrisse wurde eine Reihe gemessener Größen herangezogen: Höhe, Kronenansatz, Kronenbreite und Brusthöhendurchmesser. Idealisiert sind lediglich die Stamm- und Kronenform.

Die Abb. 9a und b spiegeln den Zustand der Bestände zu Versuchsende im Herbst 1986 wieder. Die Bestände sind noch deutlich von den vor 10 Jahren durchgeführten waldbaulichen Maßnahmen gezeichnet. Während auf den Kontrollparzellen (1.0 und 2.0) nach wie vor eine drangvolle Enge herrscht, stehen die Bäume auf den behandelten Parzellen sehr viel lockerer. Auf den Schirmhiebparzellen fehlen in erster Linie die unter- und zwischenständigen Stämme. Auf den starken Schirmhiebparzellen wird das Bild fast vollständig von einzelnen großkronigen Bäumen beherrscht.

3.34 Stammzahl

In Tab. 5 ist die Entwicklung der Stammzahlen auf den 25 Versuchspartellen im Versuchszeitraum angegeben. Daraus ist zu entnehmen, daß die Ausgangsbestände sehr stammzahlreich waren; bis zu 1791 Stämme pro Hektar waren anzutreffen (Parz. 2.4). Die hohen Stammzahlen gingen in erster Linie auf die hohe Buchenbeteiligung zurück. Überall dort, wo keine Buchen vertreten waren - auf der bereits zu Versuchsbeginn aufgelichteten Parzelle 7.2, auf den hochgelegenen Lochhiebparzellen 3.4 und 9.4 und im Flysch 10.0 bis 11.2 - lagen die Stammzahlen erheblich niedriger. Die Hiebe haben vor allem die Buche stark dezimiert (z.B. auf Parz. 6.2 um 802 Bäume). Die Stammzahlen in den nach den Hiebsmaßnahmen verbleibenden Beständen waren klar nach der Eingriffsstärke abgestuft. Auch nach 10 bzw. 7 Jahren Versuchsdauer ist im Herbst 1986 diese Differenzierung immer noch erhalten.

Abb. 9a : Bestandesaufrisse der Versuchspartellen am Unterhang der Hauptversuchstfläche



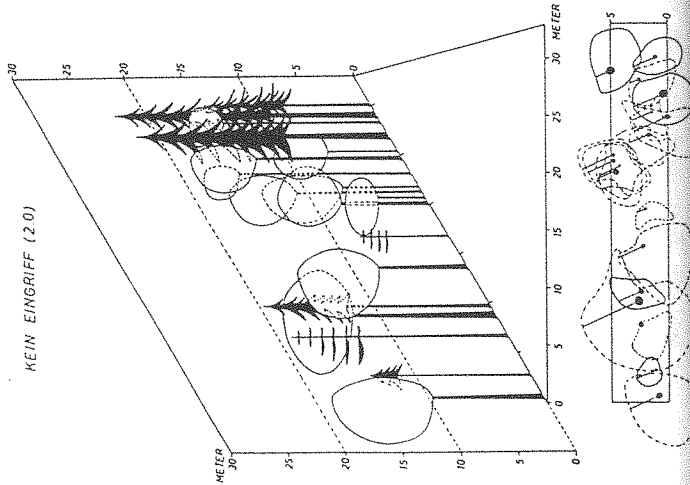
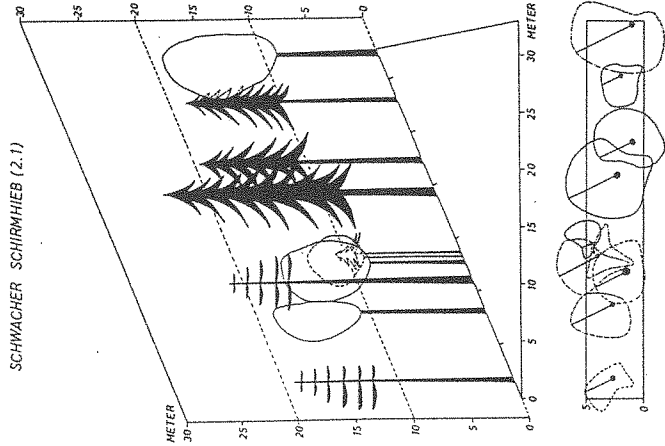
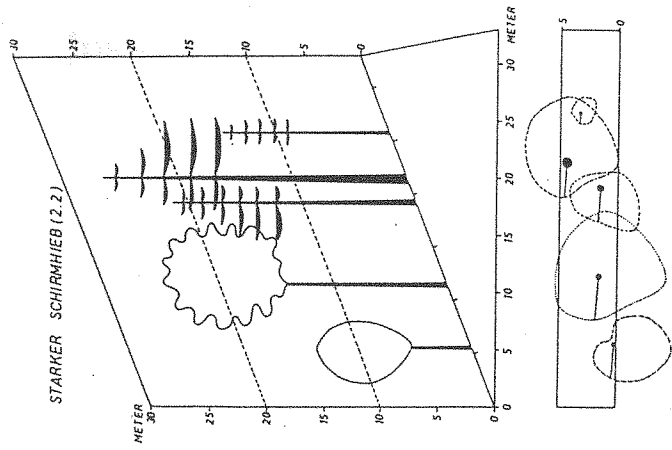
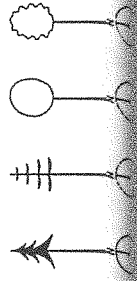


Abb. 9b : Bestandesaufrisse der Versuchspartellen am Oberhang der Hauptversuchsfläche



Im Versuchszeitraum war eine ganze Reihe von Ausfällen zu verzeichnen. Insgesamt waren etwa 13% der zu Versuchsbeginn vorhandenen Bäume ausgefallen. Die höchste Ausfallrate hatte mit 22% das sonstige Laubholz, gefolgt von der Tanne mit 17% und der Lärche mit 15%. Buche und Fichte zeichneten sich durch niedrige Ausfallraten von 12% bzw. 10% aus. Vom Bergahorn ging erstaunlicherweise während des Versuchszeitraumes kein einziger ab.

Auffällig war auch, daß die Ausfallprozente bei der Tanne auf den dichten Parzellen sehr hoch waren (34% auf Parz. 1.0, 28% auf Parz. 3.0, 24% auf Parz. 4.0 und 29% auf Parz. 5.0). Durch hohe Ausfallraten waren auch die Parzellen mit starkem Schirmhieb gekennzeichnet: 29% auf Parz. 3.2, 24% auf Parz. 4.2 und 21% auf Parz. 6.2. Hier hatten Sturmwürfe zu größeren Ausfällen geführt. Besonders wenig Ausfälle waren auf den Parzellen mit schwachem Schirmhieb zu verzeichnen (7% auf Parz. 1.1 und 5% auf Parz. 2.1). Überhaupt keine Bäume fielen auf den Parzellen 5.2, 9.4 und 11.2 aus.

Trotz der Heterogenität in der Baumartenzusammensetzung der einzelnen Bestände und der unterschiedlichen waldbaulichen Behandlung lassen sich die im Versuchszeitraum eingetretenen Abgänge in einen funktionalen Zusammenhang bringen. Sie sind, wie aus Abb. 10 hervorgeht, in erster Linie von der zu Versuchsbeginn vorhandenen Ausgangsstammzahl abhängig. Die dargestellte Beziehung unterstellt, daß in einem 10jährigen Zeitraum immer etwa 13% der Ausgangsstammzahl abgehen. Sie spiegelt damit die Norm wieder, an der gravierende Abweichungen (z.B. infolge von Sturmwurf oder anderen Schädereignissen) gemessen werden können.

Einen noch besseren Einblick in das Geschehen auf den Versuchspartellen erhält man, wenn man die Stammzahlentwicklung der Altbestände in der Ober-, Mittel- und Unterschicht getrennt betrachtet (siehe Schichtenabgrenzung Punkt 3.33). Tab. 6 enthält deshalb für ausgewählte Parzellen die Stammzahlentwicklung aufgeschlüsselt nach Schichten. Als erstes fällt auf, daß sich die Stammzahlen der Ausgangsbestände vor allem in der Mittel- und Unterschicht unterscheiden. In der Oberschicht sind dagegen immer annähernd gleichviele Stämme vorhanden. Dies gilt im übrigen für alle 25 Ver-

Parz. Nr.	Heldav. Eingriff	Ausgangsbestand Herbst 76/77										Im Herbst 1986 verbleibender Bestand																										
		FI	TA	LAE	BU	AH	SLH	SUPPE	FI	TA	LAE	BU	AH	SLH	SUPPE	FI	TA	LAE	BU	AH	SLH	SUPPE																
1.0	unbehandelt	106	218	347	10	356	99	40	1070	0	0	0	0	0	218	347	10	356	99	40	1070	0	119	0	29	0	20	348	218	228	10	527	99	20	962			
1.1	schwacher Schirmhieb	106	340	280	0	651	30	40	1361	120	60	---	531	0	20	731	220	220	---	120	30	20	610	10	10	---	20	0	0	210	210	---	100	30	20	570		
1.2	starker Schirmhieb	114	82	400	0	390	72	0	954	20	154	---	246	32	---	451	72	246	---	144	41	---	503	0	41	---	31	0	---	72	72	205	---	113	41	---	431	
1.3	Kahlhieb	110	390	158	11	675	32	0	1266	390	158	11	675	31	---	1246	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1.4	Lochhieb	114	223	152	0	604	22	5	1006	103	27	---	250	11	0	391	120	125	---	354	11	5	615	17	5	---	33	0	5	60	103	120	---	521	11	0	555	
2.0	unbehandelt	96	456	223	0	679	0	11	1369	0	0	---	0	---	0	456	223	---	679	---	11	1369	0	0	---	32	---	0	140	371	100	---	647	---	11	1209		
2.1	schwacher Schirmhieb	96	497	238	10	611	10	21	1307	207	52	0	445	0	11	715	290	106	10	166	10	10	672	10	20	0	0	0	30	200	166	10	166	10	10	642		
2.2	starker Schirmhieb	113	39	256	10	513	89	10	917	9	128	10	444	59	10	440	30	126	0	69	30	0	257	0	0	---	20	0	---	30	128	---	69	30	---	237		
2.3	Kahlhieb	103	403	238	0	1044	10	21	1716	403	238	---	1044	10	21	1716	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2.4	Lochhieb	107	471	304	6	1010	0	0	1791	144	120	6	419	---	---	489	327	164	0	591	---	1102	17	40	---	80	---	---	137	310	164	---	511	---	---	965		
3.0	unbehandelt	104	564	207	0	614	0	0	1105	0	0	---	0	---	0	564	207	---	614	---	---	1105	47	57	---	10	---	---	114	517	150	---	404	---	---	1071		
3.2	starker Schirmhieb	104	251	145	0	523	10	0	949	175	29	---	465	0	---	669	116	116	---	58	10	---	300	19	38	---	29	0	---	86	97	78	---	29	10	---	214	
4.0	unbehandelt	270	94	62	125	452	16	0	749	0	0	0	0	0	0	94	62	125	452	16	---	749	0	15	16	95	0	---	124	94	67	109	359	16	---	625		
4.2	starker Schirmhieb	120/270	261	73	157	506	42	0	1099	147	10	134	401	21	---	795	94	63	21	105	21	---	304	21	0	11	42	0	---	74	73	63	10	63	21	---	320	
5.0	unbehandelt	103	638	76	0	259	0	0	973	0	0	---	0	---	0	638	76	---	259	---	---	973	97	22	---	64	---	---	103	541	54	---	195	---	---	790		
5.2	starker Schirmhieb	103	366	75	11	525	32	0	1029	225	21	0	471	11	---	728	161	54	11	54	21	---	301	0	0	0	0	---	0	161	54	11	54	21	---	301		
6.0	unbehandelt	170	187	227	0	433	108	10	965	0	0	---	0	0	0	187	227	---	433	108	10	965	29	40	---	49	0	0	118	158	187	---	384	108	10	867		
6.2	starker Schirmhieb	170	234	132	0	904	122	41	1046	112	10	---	802	61	41	1046	122	122	---	102	41	0	387	61	10	---	11	0	---	82	61	112	---	91	41	---	305	
7.2	Schirmhieb	135	191	136	5	11	0	0	343	16	6	0	0	0	0	22	174	131	5	11	---	321	0	22	0	0	0	---	22	174	109	5	11	---	299			
8.4	Lochhieb	125	385	16	0	22	5	0	428	130	11	---	11	0	---	132	255	5	---	11	5	---	276	22	0	---	0	---	22	233	5	---	11	5	---	254		
9.4	Lochhieb	120	370	5	0	5	0	0	380	140	0	---	0	---	0	140	230	5	---	5	---	240	0	0	---	0	---	0	0	230	5	---	5	---	---	240		
10.0	unbehandelt	140	322	127	0	0	0	0	478	0	0	---	0	---	0	322	127	---	29	---	---	478	20	49	---	0	---	---	63	302	78	---	29	---	---	409		
10.2	starker Schirmhieb	140	390	140	10	10	0	0	550	250	60	10	0	---	320	140	60	0	10	---	---	230	30	20	---	0	---	---	50	110	60	---	10	---	---	180		
11.0	unbehandelt	150	198	151	0	0	0	0	349	0	0	---	0	---	0	198	151	---	---	---	---	349	9	0	---	0	---	---	9	189	151	---	---	---	340			
11.2	starker Schirmhieb	150	145	242	0	10	0	0	397	77	165	---	0	---	0	46	77	---	10	---	---	155	0	0	---	0	---	---	0	46	77	---	10	---	---	155		

* Alter bei Versuchsbeginn: Kahlhieb (Parz. 1.0-5.1) Herbst 1976; Flisch (Parz. 10.0-11.2) Herbst 1979

suchspartellen (mit Ausnahme der lichten Parz. 7.2). Berechnet man für 24 Versuchspartellen (ohne Parz. 7.2) das Mittel der Stämme in der Oberschicht der Ausgangsbestände, dann erhält man eine Anzahl von 25,2 Stämmen (Standardabweichung 5.6). Es sind also in der Regel 25 Stämme gleich welcher Baumart auf jeder 0,1 ha großen Meßfläche (oder 250 pro Hektar) in der Oberschicht vertreten.

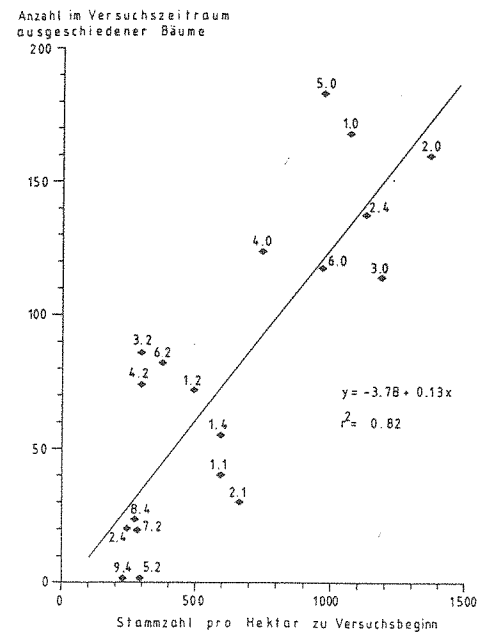


Abb. 10: Anzahl im Versuchszeitraum ausgeschiedener Bäume in Abhängigkeit von der Ausgangsbaumzahl

Von den Eingriffen wurden diese Oberschichtbäume unterschiedlich stark getroffen. Während die schwachen Schirmhiebe (z.B. Parz. 2.1 in Tab. 6) die Oberschichtbäume kaum anrührten und lediglich zu kräftigen Reduktionen in der Unter- und Mittelschicht führten, zeichneten sich die starken Schirmhiebe gerade dadurch aus, daß sie auch stark auf die Oberschicht Einfluß nahmen (z.B. Parz. 2.2, 3.2, 10.2 in Tab. 6).

Parzelle	Schicht	Ausgangs- Stammzahl	Entnahme durch Hieb	Stammzahl nach Hieb	Ausfall i. Versuchs- zeitraum	Stammzahl nach Ausfall	Schichten- wechsel	Stammzahl Herbst 86
2.0	Unterschicht	31	0	31	- 7	24	+ 4	28
	Mittelschicht	77	0	77	- 8	69	- 2	67
	Oberschicht	21	0	21	0	21	- 2	19
2.1	Unterschicht	16	- 8	8	- 2	6	- 2	4
	Mittelschicht	95	-58	37	- 1	36	- 2	34
	Oberschicht	23	- 3	20	0	20	+ 4	24
2.2	Unterschicht	16	-14	2	0	2	+ 1	3
	Mittelschicht	54	-41	13	- 2	11	- 2	9
	Oberschicht	23	-12	11	0	11	+ 1	12
2.4	Unterschicht	52	-16	36	-17	19	+17	36
	Mittelschicht	224	-91	133	- 6	127	-18	109
	Oberschicht	36	-13	23	- 1	22	+ 1	23
3.2	Unterschicht	14	-10	4	- 2	2	+ 1	3
	Mittelschicht	54	-45	9	- 4	5	+ 1	6
	Oberschicht	32	-14	18	- 3	15	- 2	13
10.2	Unterschicht	8	- 4	4	- 2	2	+ 1	3
	Mittelschicht	18	-13	5	- 2	3	+ 1	4
	Oberschicht	29	-15	14	- 1	13	- 2	11

Tab. 6: Die Entwicklung der Stammzahlen auf ausgewählten Versuchsparzellen im Versuchszeitraum, aufgeschlüsselt nach drei Höhengschichten. (Angabe sind die auf der ca. 0.1 ha großen Meßfläche ermittelten Stammzahlen); zur ungefähren Hochrechnung müssen diese mit dem Faktor 10 multipliziert werden bzw. auf der ca. 0.2 ha großen Lochhiebpazelle mit dem Faktor 5).

Die im Versuchszeitraum aufgetretenen Ausfälle ereigneten sich in erster Linie in der Unter- und Mittelschicht. Die Oberschicht blieb weitgehend von Ausfällen verschont, wenn nicht wie z.B. im Falle der Parzelle 3.2 der Sturm Abgänge verursachte.

Der Wechsel von einer Schicht zur anderen führte ebenfalls zu Veränderungen in der Stammzahl - und hier nicht nur zu negativen, sondern auch zu positiven. In der Oberschicht kam allerdings kaum ein Schichtenwechsel vor; meist waren es nur ein oder zwei Bäume, die in die Mittelschicht abstiegen oder aus ihr aufstiegen. Waren es einmal etwas mehr Bäume, wie bei Parzelle 2.1, dann lag dies daran, daß die Schichtenabgrenzung zu kleineren Verschiebungen führte. Größere Umsetzungsprozesse waren dagegen auf die Unter- und Mittelschicht beschränkt; sie traten in den Beständen auf, die noch über eine Unter- und Mittelschicht verfügten, also z.B. im sehr dichten Bestand der Parzelle 2.4. Hier sanken 17 Bäume von der Mittel- in die Unterschicht ab und ersetzten damit genau die 17 in der Unterschicht ausscheidenden Bäume. Darin kommt die soziologische Dynamik von dichten Beständen sehr schön zum Ausdruck. Konkurrenzbedingt fallen viele Bäume solange in die nächst niedrigere

Schicht zurück, bis sie schließlich in der untersten Schicht angelangt sind und aus dem System ausscheiden. Daneben kommt es aber auch bereits in der Mittelschicht zu einigen Abgängen, während in der Oberschicht kaum etwas passiert.

Nimmt man für jede Schicht die Ausfälle und die Zahl der eingewechselten Bäume zusammen, dann kann man feststellen, daß die Zahl der Veränderungen von oben nach unten zunimmt, die Geschwindigkeit der soziologischen Prozesse nach unten zu ansteigt.

Die waldbaulichen Eingriffe haben das Schichtengefüge der Bestände in der Weise verändert, daß Konkurrenzsituationen zwischen und innerhalb der Schichten entspannt oder völlig beseitigt wurden. Mit der Stärke des Eingriffs nehmen deshalb die konkurrenzbedingten Ausfälle und Umsetzungsvorgänge ab, gleichzeitig aber die stabilitätsbedingten Ausfälle zu.

3.35 Durchmesser und Durchmesserzuwachs

Durchmesser

Stellvertretend für die Durchmesserverteilung in vielen der ausgewählten Altbestände sei hier die der Parzelle 1.1 (schwacher Schirmhieb) angeführt (Abb. 11). Der Ausgangsbestand im Jahr 1976 zeichnet sich durch eine weite Durchmesserspanne aus. Die Brusthöhdurchmesser reichen von 5 bis 47 cm. Dabei fällt auf, daß die unteren Durchmesserklassen überwiegend von Buche besetzt sind, während die oberen der Fichte und Tanne vorbehalten sind. Die zahlreichen Buchen im unteren Durchmesserbereich lassen die Durchmesserverteilung rechtsschief (linkssteil) erscheinen. Der schwache Schirmhieb greift in erster Linie in den Buchennebenbestand ein und schafft so eine annähernde Normalverteilung der Durchmesser im verbleibenden Bestand, ohne aber die weite Durchmesserspanne zu beseitigen. Gänzlich von diesem Bild abweichende Durchmesserverteilungen finden sich lediglich in den Beständen ohne ausgeprägten Nebenbestand: auf der vergrasteten Parzelle 7.2, auf den hochgelegenen Lochhiebpazellen 8.4 und 9.4 sowie auf den Flyschparzellen 10.0 bis 11.2.

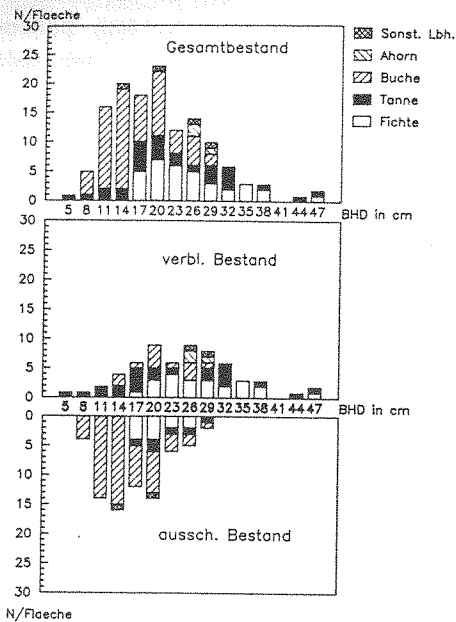


Abb. 11: Die Durchmesserverteilung auf der Parzelle schwacher Schirmhieb (1.1) zu Versuchsbeginn 1976

Die nach Baumarten aufgeschlüsselten Durchmesser (dm und do) konnten die Bestände zumeist nur unzureichend charakterisieren. Es wurde deshalb ein ähnliches Vorgehen wie schon bei den Höhen (s. Punkt 3.33) gewählt; es wurden mittlere Durchmesser für die einzelnen Schichten berechnet. In Tab. 7 sind die mittleren Brusthöhendurchmesser von Oberschichtbäumen, die sog. **Oberschichtdurchmesser (dos)**, für 23 Versuchspartzellen angegeben. Aus den Oberschichtdurchmessern zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende kann der Durchmesserzuwachs zuverlässig abgeschätzt werden. Anhand der Werte in Tab. 7 können Unterschiede zwischen den Partzellen und Baumarten sehr leicht aufgezeigt werden, da vergleichbare Kollektive von Oberschichtbäumen zugrunde gelegt wurden. Der Ahorn blieb unberücksichtigt, weil zu wenig Stämme in der Oberschicht zu finden waren.

PARZELLE	FICHTE				TANNE				BUCHE			
	N# pro Fl.	BHD 76/79 cm	BHD 86 cm	id mm	N# pro Fl.	BHD 76/79 cm	BHD 86 cm	id mm	N# pro Fl.	BHD 76/79 cm	BHD 86 cm	id mm
1.0	15	32.2	33.8	1.6	7	32.7	34.0	1.4	10	24.0	26.7	2.7
1.1	6	37.4	39.9	2.5	5	38.2	40.6	2.4	2	27.9	31.4	3.5
1.2	4	42.1	45.2	3.1	4	42.0	44.9	2.9	3	34.9	39.4	4.5
1.4	5	35.0	37.5	2.5	4	44.2	46.5	2.3	10	27.5	29.5	2.0
2.0	13	30.3	32.1	1.7	3	30.1	31.8	1.7	5	24.2	26.2	2.0
2.1	12	29.5	32.3	2.8	5	31.0	33.3	2.3	1	31.8	35.8	4.0
2.2	2	35.6	38.8	3.2	5	48.7	51.9	3.2	4	25.8	30.8	5.0
2.4	14	32.1	34.5	2.5	4	28.6	30.3	1.7	4	21.8	24.2	2.4
3.0	25	37.1	39.6	2.5	--	--	--	--	4	21.5	23.6	2.2
3.2	9	34.9	39.4	4.5	3	39.6	43.9	4.3	2	24.0	28.8	4.8
4.0	3	48.4	51.4	3.0	2	45.9	46.7	0.8	2	39.8	41.1	1.3
4.2	7	41.0	43.6	2.6	1	38.7	42.2	3.5	2	26.2	29.3	2.8
5.0	18	36.6	38.3	1.8	1	32.9	34.3	1.4	3	28.0	30.8	2.8
5.2	7	38.0	41.0	3.0	--	--	--	--	3	34.2	38.7	4.5
6.0	6	41.5	43.2	1.7	8	38.5	40.1	1.7	8	29.0	30.5	1.5
6.2	5	35.2	39.3	4.1	3	35.9	40.6	4.7	2	27.4	31.9	4.5
7.2	17	41.3	43.4	2.1	6	40.4	43.2	2.9	1	28.0	33.8	5.8
8.4	29	48.1	51.4	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--
9.4	19	47.1	48.8	1.7	1	62.8	66.2	3.4	--	--	--	--
10.0	21	43.1	45.5	3.4	5	44.3	47.5	4.6	3	35.1	38.1	4.2
10.2	10	48.2	52.8	6.6	3	43.8	47.8	5.7	--	--	--	--
11.0	15	50.1	52.3	3.0	12	51.9	53.5	2.2	--	--	--	--
11.2	7	52.4	55.6	4.6	8	52.3	54.6	3.3	--	--	--	--

* Die Stammzahl pro Fläche bezieht sich immer auf 1089 qm Hangfläche (ca. 0.1 ha); Ausnahmen: Lochhiebpartzellen 1.4, 2.4, 8.4, 9.4 (1925 qm); Parz. 7.2 (1936 qm); Parz. 4.0 (726 qm);

Tab. 7: Mittlerer Brusthöhendurchmesser zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende sowie mittlerer jährlicher Durchmesserzuwachs von Bäumen der Oberschicht auf den 23 Versuchspartzellen.

Die stärksten Fichten mit Brusthöhendurchmessern von über 50 cm waren zu Versuchsbeginn in der Oberschicht der Bestände auf der hochgelegenen Flyschfläche (11.0, 11.2) zu finden. Doch auch in anderen Versuchsbeständen hatten die Oberschichtfichten beachtliche Dimensionen erreicht; so waren die Fichten auch auf der unteren Flyschfläche (10.0, 10.2), auf den hochgelegenen Lochhiebpartzellen (8.4, 9.4), auf der vergrasteten Parzelle 7.2 und auf der hochgelegenen Fläche (4.0, 4.2) bereits zu Versuchsbeginn über 40 cm stark. Ebenfalls diese Dimensionen wiesen die Fichten auf einer Parzelle des Hauptversuches (1.2) und auf einer Parzelle der Südfläche (6.0) auf. Auf allen übrigen Partzellen waren die Fichten dagegen noch unter 40 cm stark; teilweise blieben sie mit Durchmessern um 20 cm sogar erheblich darunter, wie z.B. die Fichten am Oberhang des Hauptversuches (Partzellen 2.0, 2.1 und 2.4).

Die Tannen in der Oberschicht der Bestände waren auf nahezu allen Parzellen genauso dick wie die Fichten. Lediglich auf den Parzellen 1.4, 2.2 und 9.4 waren die Tannen deutlich stärker als die Fichten.

Die Durchmesser der Buchen in der Oberschicht lagen dagegen auf den meisten Parzellen 8 bis 10 cm unter denen der Fichten. Auf den Parzellen 3.0, 4.2, 6.0 und 7.2 war der Abstand zur Fichte sogar noch größer. Etwas näher an den Durchmesser der Fichten kamen nur die Buchen auf den Parzellen 2.0 und 5.2 heran. Lediglich in einem einzigen Fall, und hier handelt es sich um eine einzelne Buche, lag ihr Durchmesser über dem der Fichte (Parz. 2.1).

Durchmesserzuwachs

Aus den beiden Durchmessererhebungen zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende konnte der periodische jährliche Durchmesserzuwachs der Oberschichtbäume hergeleitet werden. Den in Tab. 7 aufgeführten Werten ist zu entnehmen, daß die Zuwächse bei allen Baumarten in einem weiten Rahmen schwanken. So liegen besonders niedrige jährliche Zuwachswerte der Fichte von 1,6 bis 1,8 mm (Jahringbreiten 0,8 bis 0,9 mm) auf den dicht geschlossenen Parzellen (1.0, 2.0, 5.0, 6.0). Demgegenüber waren die stärksten Durchmesserzuwächse von 4,5 bis 6,6 mm (Jahringbreiten 2,3 bis 3,3 mm) auf Parzellen mit starkem Schirmhieb (3.2, 10.2, 11.2) zu verzeichnen.

Die waldbaulichen Eingriffe haben regelmäßig zu einer Erhöhung des Durchmesserzuwachses geführt. Meist beträgt der jährliche Durchmesserzuwachs der Fichte auf den starken Schirmhiebparzellen etwa das doppelte des auf den vergleichbaren Kontrollflächen geleisteten Zuwachses. Eine Ausnahme ist nur auf der hochgelegenen Fläche (Parz. 4.0 und 4.2) erkennbar. Hier haben die Fichten auf der Kontrollparzelle mehr zugelegt als auf der Schirmhiebparzelle. Das dürfte auf den besseren Standort der Kontrollparzelle zurückzuführen sein. Gleichwohl sind Standortunterschiede der Parzellen in den angegebenen Werten nur schwer zu erkennen. Allenfalls die Durchmesserzuwächse auf den Kontrollparzellen können auf die Standortsgüte hindeuten. Hier heben sich die Parzellen im Flysch deutlich von denen im Kalkalpin ab. Ansonsten prägt die waldbauliche Behandlung den Durchmesserzuwachs stärker als der Standort.

Die Durchmesserzuwächse der Tanne sind denen der Fichte sehr ähnlich. Die für die Fichte mitgeteilten Befunde können deshalb auch für die Tanne gelten. Eine Besonderheit stellt jedoch der außergewöhnlich hohe Durchmesserzuwachs der Tanne auf der unteren Kontrollparzelle im Flysch (10.0) dar, der deutlich über dem der Fichte liegt. Auf den restlichen drei Flyschparzellen bleibt der Durchmesserzuwachs der Tanne jedoch unter dem der Fichte. Ebenfalls erwähnenswert erscheint, daß eine starke Oberschichttanne auf der Lochhiebparzelle 9.4 erheblich mehr als die ausgesprochen mattsüchtigen Fichten zugelegt hat, und daß die Tannen auf der Parzelle 4.0 nicht so gut wie die Fichten gewachsen sind.

Die Buchen haben, obwohl sie die niedrigsten Ausgangsdurchmesser aufwiesen, die höchsten Durchmesserzuwachsleistungen erbracht. Bis zu 1,8 mm mehr als die Fichten haben die Buchen jährlich im Durchmesser zugenommen. (Eine außergewöhnlich gut gewachsene Buche auf Parzelle 7.2 bleibt dabei außer Betracht). Auf die waldbaulichen Eingriffe haben die Buchen noch deutlicher reagiert als die Fichten und Tannen. Auf einigen starken Schirmhiebparzellen beträgt der Durchmesserzuwachs mehr als das Doppelte des auf der zugehörigen Kontrollparzelle geleisteten Zuwachses.

Die Durchmesserzuwächse der Oberschichtbäume konnten einer statistischen Analyse unterzogen werden. Es wurde ein lineares Modell berechnet, das neben den Klassifikationsvariablen "Baumart" und "Parzelle" auch die Variable "Anfangsdurchmesser" enthielt. Sowohl das Modell, wie auch alle drei Variablen erwiesen sich als hochsignifikant. Mit dem anschließend durchgeführten SCHEFFE-TEST gelang es jedoch nur einen Unterschied zwischen dem Durchmesserzuwachs auf Parzelle 10.2 und allen übrigen Parzellen nachzuweisen; die Baumartenunterschiede konnten damit überhaupt nicht aufscheidend gemacht werden.

Zur Erhöhung der Freiheitsgrade wurden sodann neben den 438 Oberschichtbäumen auch die 882 Bäume der Mittel- und Unterschicht, also ein Gesamtkollektiv von 1320 Bäumen, in die Analyse einbezogen. Als weitere Klassifikationsvariable wurde die Höhengeschicht hinzugenommen. Alle Variablen wie auch das Modell waren hochsignifikant.

Die Höhenschichten unterschieden sich hochsignifikant voneinander, was nicht verwundert, wenn man die Gesamtmittelwerte betrachtet:

Jährlicher Durchmesserzuwachs in der Oberschicht	: 2,78 mm
- " - " - in der Mittelschicht:	1,49 mm
- " - " - in der Unterschicht :	0,82 mm

In der Mittelschicht wird also nur etwa die Hälfte und in der Unterschicht weniger als ein Drittel des Durchmesserzuwachses der Oberschicht geleistet. Die Parzellen wurden durch den Scheffe-Test grob in drei Gruppen eingeteilt:

- (1) Parzellen mit einem mittleren Durchmesserzuwachs über 3 mm:
Parzellen 3.2, 6.2, 10.0, 10.2 und 11.2
- (2) Parzellen mit einem mittleren Durchmesserzuwachs unter 1,5 mm:
sämtliche Kontrollparzellen im Kalkalpin, 2.4 und 9.4
- (3) Parzellen mit einem mittleren Durchmesserzuwachs zw.1.5 u.3 mm:
alle übrigen Parzellen

Mit dem Test konnten auch Baumartenunterschiede aufgedeckt werden: Fichte und Tanne hatten einen mittleren jährlichen Durchmesserzuwachs von 2.0 bzw. 1,9 mm und unterschieden sich damit von Buche und Ahorn, die einen Zuwachs von 1,7 bzw. 1,6 mm geleistet hatten.

Dieses letzte Ergebnis war unbefriedigend; hatten doch Buche und Bergahorn die deutlich geringeren Ausgangsdurchmesser und mußten von daher schlechter abschneiden als Fichte und Tanne. Ein den Baumarten und ihren unterschiedlichen Ausgangsdurchmessern besser gerecht werdendes Ergebnis versprach eine Kovarianzanalyse, in die der Ausgangsdurchmesser als Störgröße einging. Neben der Baumart wurde als weitere Klassifikationsvariable die Überschirmung benutzt. Dazu wurden alle Parzellen einer von sechs Überschirmungsstufen (von 40% bis 90%) zugeteilt. Es ergab sich folgendes Ergebnis:

Jährlicher Durchmesserzuwachs (i_d):

- Fichte	: 1,71 mm a *
- Tanne	: 1,82 mm ab
- Ahorn	: 2.10 mm b
- Buche	: 2.48 mm c

Buche und Bergahorn haben also - bei vergleichbarem Ausgangsdurchmesser - einen höheren Durchmesserzuwachs als Fichte und Tanne. Auch die Überschirmungsstufen wurden klar getrennt:

Jährlicher Durchmesserzuwachs (i_d):

Überschirmungsstufe 40%	: 2,82 mm a*
- " - 50%	: 2,50 mm b
- " - 60%	: 2,22 mm c
- " - 70%	: 1,83 mm d
- " - 80%	: 1,69 mm d
- " - 90%	: 1,11 mm e

Mit der Zunahme der Überschirmung um 10% nimmt der Durchmesserzuwachs um etwa 10% des Wertes bei 40% Überschirmung ab (also um etwa 0,28 mm) - dies gilt bis zur Überschirmung von 80%, beim Sprung von 80% auf 90% Überschirmung nimmt der Zuwachs dann um ca. 20% (0,56mm) ab.

Der Durchmesserzuwachs in Abhängigkeit von verschiedenen Variablen

War es mit der im vorherigen Abschnitt dargestellten Kovarianzanalyse gelungen, den Einfluß des Ausgangsdurchmessers auf den Durchmesserzuwachs zu eliminieren, so sollte in einem anderen Ansatz eben dieser Einfluß aufgezeigt werden.

Getrennt für jede Parzelle wurden deshalb für jede Baumart und für die Summe aller Baumarten lineare Regressionen berechnet, die den Durchmesserzuwachs in Abhängigkeit vom Ausgangsdurchmesser zum Ausdruck brachten. Die Zusammenfassung aller Baumarten führte dabei zu

* Mit den selben Buchstaben markierte Werte unterscheiden sich bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit nicht.

BAUMART	Bestes Modell mit							
	1 VARIABLE	B	2 VARIABLEN	B	3 VARIABLEN	B	4 VARIABLEN	B
FICHTE	+D	36	+D -HL	39	+H -BGH -HL	46	+V -BGH -HL -G2	51
TANNE	+D2	14	+H -BGH	24	+H -BGH -BV	30	+H -BGH -HL -BV	33
BUCHE	-Ü	35	+D -Ü	57	+D -Ü -HL	60	+D -BGH -HL -Ü	62
AHORN	-BGH	39	+D -Ü	55	+D -Ü -HMAX	61	+D -Ü -HMAX +KL	67

Variablenkürzel s. Tab. 8; B = Bestimmtheitsmaß

Tab. 9a: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Durchmesserzuwachses (id) auf 23 Versuchspartzellen (ohne Kronenvariablen). Regressionsgleichungen s. Tab. 44a (Anhang)

BAUMART	Bestes Modell mit							
	1 VARIABLE	B	2 VARIABLEN	B	3 VARIABLEN	B	4 VARIABLEN	B
FICHTE	+KB	44	+KB -AV	55	+KB -AV -GBGHM	60	+KB -AV -GBGHM -HMAX	62
TANNE	+KB	19	+KB -DBGHM	24	+KB -AV -D	37	+KB -AV -D +SQ	44
BUCHE	+KB	51	+KB -AV	59	+KB -AV -DÜM	65	+KB -AV -DÜM -DBGHM	65
AHORN	+KVK	55	+KVK -KVZ	62	+KVK -AV +EX	69	+KL -AV -DÜM +SG	79

Variablenkürzel s. Tab. 8; B = Bestimmtheitsmaß

Tab. 9b: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Durchmesserzuwachses (id) auf 8 Partzellen des Hauptversuchs (mit Kronenvariablen). Regressionsgleichungen s. Tab. 44b (Anhang)

Es fällt sofort auf, daß bei allen Baumarten der Anfangsdurchmesser oder eine eng mit ihm korrelierte Variable immer als eine der ersten Größen in den Gleichungen erscheint. Der Durchmesserzuwachs ist also zunächst einmal von der Ausgangsdimension abhängig. Dieses einleuchtende Ergebnis hatte sich ja bereits zuvor in den einfachen Regressionen und in der Kovarianzanalyse abgezeichnet. Als weitere bedeutende Variablen stellten sich bei allen Baumarten die Bestandesgrundfläche bzw. die Überschirmung heraus. In der Bestandesgrundfläche bzw. der Überschirmung kommt die waldbauliche Behandlung zum Ausdruck. Je höher die Bestandesgrundfläche bzw. das Überschirmungsprozent (je dichter also der Bestand), desto stärker wurde der Durchmesserzuwachs reduziert. Für Buche und Bergahorn war die Bestandesituation sogar wichtiger als der Ausgangsdurchmesser; Überschirmung bzw. Bestandesgrundfläche tauchten im Modell vor dem Ausgangsdurchmesser auf.

Als dritte bedeutende Variable erwies sich bei Fichte, Tanne und Buche die Höhenlage (Meter über NN). Mit zunehmender Höhe über dem Meeresspiegel sinkt der Durchmesserzuwachs. Im Untersuchungsgebiet nimmt den Gleichungen zufolge der jährliche Durchmesserzuwachs von 780 m über NN auf 1250 m über NN um etwa 1,5 mm ab.

Interessanterweise wirkt sich bei der Tanne das Nadelverlustprozent auf den Durchmesserzuwachs aus. So wächst den Gleichungen zufolge eine Tanne mit 50% Nadelverlust rd. einen Millimeter weniger zu als eine Tanne mit 10% Nadelverlust.

Beim Ahorn scheint für den Durchmesserzuwachs nicht nur die Überschirmung eine Rolle zu spielen, sondern auch der Abstand zur obersten Kronenschicht. Je größer die Maximalhöhe auf einer Parzelle ist, desto größer wird dieser Abstand für den Bergahorn und desto geringer wird sein Durchmesserzuwachs.

Stehen Kronenvariablen zur Verfügung (wie auf der Hauptversuchsfläche), dann läßt sich der Durchmesserzuwachs aus der Kronenbreite besser schätzen als aus dem Anfangsdurchmesser. Auch das Ausladungsverhältnis (Kronenbreite zu BHD) stellt bei allen Baumarten eine gute Schätzgröße dar. Mit steigendem Ausladungsverhältnis (gleichbedeutend mit kleiner werdendem BHD) sinkt der Durchmesserzuwachs.

Auf der Hauptversuchsfläche deutet sich bei Fichte, Buche und Bergahorn auch eine Wechselwirkung zwischen Bestandessituation und Ausgangsdurchmesser an. Schwächere Bäume reagieren auf Eingriffe nicht so stark wie dickere Bäume.

In den für den Gesamtversuch wie auch für die Hauptversuchsfläche berechneten Gleichungen zeichnet sich also folgendes ab: Von Bedeutung für den Durchmesserzuwachs ist zum einen die Ausgangssituation des Baumes und die waldbauliche Behandlung, die der Bestand, in dem der betreffende Baum steht, erfahren hat. Für einen begrenzten, homogenen Datensatz - nämlich die Durchmesserzuwächse der Bäume auf sechs Parzellen der Hauptversuchsfläche (ohne Lochhiebparzellen) - wurde versucht, ein zutreffendes Modell zu entwickeln, das diesen beiden Einflußgrößen Rechnung trägt. Dazu wurde der Anfangsdurchmesser, der Anfangsdurchmesser im Quadrat, die Überschir-

mung und die Wechselwirkung Anfangsdurchmesser x Überschirmung in ein Regressionsmodell einbezogen. Das Ergebnis ist graphisch für die Baumarten Fichte, Tanne und Buche in Abb. 12 dargestellt, wobei die Überschirmung von 40% für den starken Schirmhieb, die Überschirmung von 60% für den schwachen Schirmhieb und die Überschirmung von 80% für den dichten Bestand ohne Eingriff steht.

Bei allen drei Baumarten zeigt sich, daß mit steigendem Ausgangsdurchmesser und mit abnehmender Überschirmung der Durchmesserzuwachs ansteigt. Besonders ausgeprägt ist dies bei der Buche. Der Durchmesserzuwachs wurde durch die Hiebe vor allem bei den stärkeren Bäumen forciert (bei der Tanne ließ sich dies allerdings nicht absichern). Bei einer 40 cm starken Fichte verdoppelt sich durch einen starken Schirmhieb der Durchmesserzuwachs, bei einer entsprechend dicken Tanne nimmt er etwa um den Faktor 1,6 zu und bei einer 40 cm dicken Buche gar um das 2,5 fache.

Somit kann festgehalten werden, daß waldbauliche Maßnahmen durchaus ein Instrument zur Steuerung des Durchmesserzuwachses darstellen. Es kann vor allem der Zuwachs an den stärkeren und wertvolleren Stämmen forciert werden. Der Zuwachs an den schwächeren Stämmen wird bei gleichmäßiger Verteilung der Bäume (d.h. bei gleichmäßiger Überschirmung) noch sehr durch die Konkurrenz der stärkeren Stämme gedämpft. Was schwächere Bäume bei völliger Freistellung leisten können, zeigt hingegen ein bei Versuchsbeginn auf der Lochmitte der Parzelle 2.4 belassener Tannenunterständer von 6 cm BHD: Dieser Unterständer hat in 10 Jahren seinen Durchmesser um 11.5 cm vergrößert.

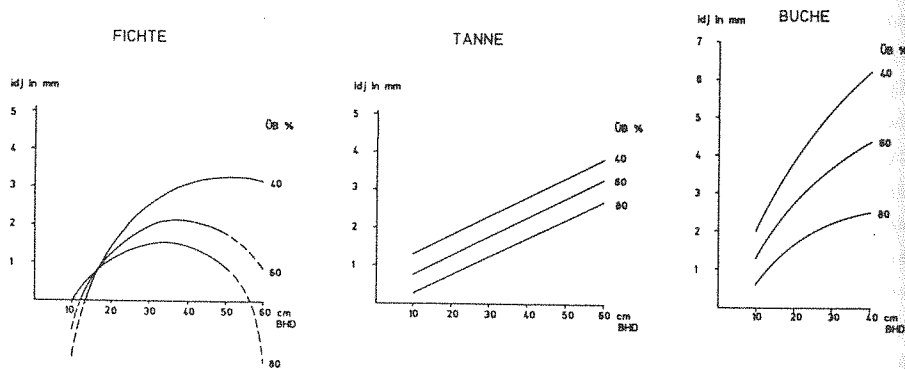


Abb. 12 : Der Durchmesserzuwachs auf der Hauptversuchsfläche

F1: $\hat{y} = -7.22 + 0.47D - 0.0036D^2 - 0.066Ü - 0.0031D*Ü$, N = 111, $r^2 = 0.52$, $F = 28.7^{***}$
 T1: $\hat{y} = 1.85 + 0.049D - 0.000013D^2 - 0.028Ü - 0.000013D*Ü$, N = 103, $r^2 = 0.49$, $F = 23.9^{***}$
 B1: $\hat{y} = 0.39 - 0.305D - 0.0016D^2 - 0.013Ü - 0.002D*Ü$, N = 126, $r^2 = 0.62$, $F = 48.4^{***}$

3.36 Grundflächen und Grundflächenzuwachs

Bestandesgrundflächen und Bestandesgrundflächenzuwachs

Vor den waldbaulichen Eingriffen lagen in den untersuchten Beständen die Grundflächen durchweg über 40 m² je Hektar (Horizontalfläche), wenn man von der aufgelichteten Parzelle 7.2 einmal abieht (Tab. 10). Die höchsten Grundflächen mit Werten über 60 m² waren auf der oberen Flyschfläche (11.0 und 11.2) und auf der Lochhiebparzelle 8.4 anzutreffen. Die Hiebe haben die Grundflächen in vorgegebenem Maße abgesenkt. Durch die schwachen Schirmhiebe wurden dabei etwas mehr als die vorgesehenen 30%, nämlich 35% (1.1) und 32% (2.1) entnommen. Bei den starken Schirmhieben konnte die Vorgabe von 50% sehr gut eingehalten werden; die Entnahmesätze lagen auf den Parzellen mit starkem Eingriff zwischen 49% und 51%. Lediglich auf der hochgelegenen Parzelle 4.2 wurde die Gesamtfläche stärker, und zwar um 55% reduziert. Die Lochhiebe haben die Grundflächen um 33% (Parz. 2.4) bis 38% (Parz. 1.4) abgesenkt.

Bei den Lochhiebparzellen ist die Hochrechnung von den ca. 0,2 ha großen Probeflächen auf Hektarwerte nicht immer ganz einfach zu verstehen. Erleichtert wird dies, wenn man sich vorstellt, daß fünf solcher Lochhiebe je Hektar ausgeführt werden.

Im Versuchszeitraum fielen insgesamt etwa 7% der Grundfläche der verbleibenden Bestände zu Versuchsbeginn aus (von der Stammzahl waren es 13%). Durch besonders hohe Grundflächenausfälle zeichneten sich einige dicht stockende Kontrollflächen aus (z.B. 1.0, 2.0, 5.0). Auf diesen Parzellen hat vor allem die Tanne stark gelitten; so sind auf der Parzelle 1.0 29% der Grundfläche der Tanne im Versuchszeitraum abgegangen (Parz.2.0: 19%; Parz.5.0: 24%). Ebenfalls hohe Grundflächenausfälle waren auf einigen starken Schirmhiebparzellen zu verzeichnen (3.2, 4.2, 6.2, 10.2). Hier hatte Windwurf zum Ausfall stärkerer Bäume geführt. Auf Parzelle 8.4 fielen einige stärkere Fichten dem Borkenkäfer zu Opfer.

Aus den in Tab. 10 angegebenen Grundflächenwerten läßt sich nach der Formel der Kontrollmethode

$$G_{Zuwachs} = G_{Ende} - G_{Anfang} + G_{Nutzung}$$

PARZELLE	GEnde- GAnfang m ²	G Ausfall m ²	G Zuwachs m ²	GZuwachs in % von GAnfang
1.0	-0.6	5.2	4.6	10
1.1	3.8	0.9	4.7	14
1.2	3.3	1.5	4.8	18
1.4	1.5	2.5	4.0	15
2.0	1.2	3.7	4.9	12
2.1	5.1	0.7	5.8	19
2.2	2.7	0.8	3.5	18
2.4	1.9	2.9	4.8	14
3.0	3.2	2.7	5.9	12
3.2	-0.4	4.9	4.5	21
4.0	1.2	2.2	3.4	8
4.2	0.5	2.1	2.6	13
5.0	-0.7	5.1	4.4	8
5.2	4.2	0.0	4.2	16
6.0	1.0	2.8	3.8	8
6.2	-1.6	6.2	4.6	20
7.2	2.4	1.3	3.7	13
8.4	1.7	3.2	4.9	12
9.4	2.5	0.0	2.5	8
10.0	3.9	1.8	5.7 (8.1)	11 (16)
10.2	2.2	3.2	5.4 (7.7)	19 (27)
11.0	2.6	1.8	4.4 (6.3)	7 (10)
11.2	3.5	0.0	3.5 (5.0)	11 (15)

Tab.11: Die Bestandesgrundflächenzuwächse im Versuchszeitraum (10 Jahre im Kalkalpin, 7 Jahre im Flysch) auf 23 Versuchspartzellen. (In Klammern die auf 10 Jahre hochgerechneten Werte für die Flyschpartzellen).

Zumindest auf der unteren Flyschfläche erreichten die Zuwachsprozente nach nur 7 Jahren Größenordnungen wie sie im Kalkalpin erst nach 10 Jahren registriert wurden.

Schlüsselt man die Zuwachsprozente nach Baumarten auf (was mit Hilfe der Werte der Tab. 10 leicht zu bewerkstelligen ist), dann stellt man fest, daß Buche und Bergahorn mit durchschnittlich 17% bzw. 16% deutlich höhere Zuwachsprozente als Fichte und Tanne mit 13% bzw. 12% haben.

Nun handelt es sich bei den nach der Kontrollmethode hergeleiteten Grundflächenzuwächsen keineswegs immer um Zuwächse, die einfach zur Ausgangsgrundfläche hinzuaddiert werden können und damit am Ende der Periode nutzbar sind; vielmehr steckt ein Teil des Zuwachses in den toten stehenden Bäumen oder liegt in Form von Windwurfholz bereits am Boden. Auf zwei dichteren Parzellen (1.0 und 5.0) sowie auf zwei Parzellen mit starkem Eingriff (3.2 und 6.2) ist deshalb trotz hoher Zuwächse die Grundfläche am Ende der Periode sogar niedriger als am Anfang.

Auch bei den einzelnen Baumarten gilt es Zuwächse und Ausfälle gegeneinander aufzurechnen. Danach steht am Ende des Versuchszeitraumes der Bergahorn eindeutig als Gewinner fest. Hohe Zuwachsprozente und keinerlei Ausfälle haben seine Grundflächenanteile im Versuchszeitraum um 1 bis 3 Prozentpunkte (hergeleitet aus Tab. 10) anwachsen lassen. Ebenfalls den Grundflächenanteil ausbauen konnte auf den meisten Parzellen die durch die Hiebe zu Versuchsbeginn stark zurückgedrängte Buche; lediglich auf den durch Windwurf heimgesuchten Parzellen 3.2 und 4.2 hat sie an Boden verloren (3 bzw. 2 Prozentpunkte). Die Gewinne von Bergahorn und Buche gehen zu Lasten von Fichte und Tanne. Die Tanne hat besonders stark auf Parzelle 1.0 verloren (7 Prozentpunkte) und die Fichte auf Parzelle 6.2 (12 Prozentpunkte).

Der Grundflächenzuwachs in Abhängigkeit von verschiedenen Variablen

Wie schon die Durchmesserzuwächse wurden auch die Grundflächenzuwächse der Einzelbäume mit verschiedenen Variablen (s. Tab. 8) in Verbindung gebracht. Die Ergebnisse sind in den Tab. 12a u. b sowie in den Tab. 45a u. b im Anhang zusammengestellt.

BAUMART	Bestes Modell mit								
	1 VARIABLE	B	2 VARIABLEN	B	3 VARIABLEN	B	4 VARIABLEN	B	
FICHTE	+V	55	+V -GBGHM	59	+V -GBGHM -HL	65	+V -DBGHM -HL	-G2	66
TANNE	+G	54	+V -GBGHM	63	+V -GBGHM +KL	66	+V -GBGHM -HL	+KL	68
BUCHE	+D	52	+D -DÜW	72	+D -DÜW -HL	75	+D -DÜW -HL	-KA	76
AHORN	+D	44	+D -DÜW	65	+D -DÜW -HMAX	70	+D -DÜW -HMAX	+KL	74

Variablenkürzel s. Tab. 8) B = Bestimmtheitsmaß

Tab. 12a: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Grundflächenzuwachses (ig) auf 23 Versuchspartzellen (ohne Kronenvariablen). Regressionsgleichungen s. Tab. 45a (Anhang);

BAUMART	Bestes Modell mit								
	1 VARIABLE	B	2 VARIABLEN	B	3 VARIABLEN	B	4 VARIABLEN	B	
FICHTE	+D	61	+D +KVZ	65	+D -GBGHM +KVZ	67	+D -GBGHM +VBGHM -HMAX	70	
TANNE	+SF	67	+SF -AV	70	+SF -AV -BV	71	+SF -BV -AV	-SZH2	73
BUCHE	+SF	62	+SF +D2	71	+G -GÜN +KB	75	+D2 -DÜW -AV	+KB	78
AHORN	+KVZ	59	+SF -AV	74	+KL -AV +SG	82	+KL -GBGHM -AV	+SG	85

Variablenkürzel s. Tab. 8) B = Bestimmtheitsmaß

Tab. 12b: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Grundflächenzuwachses (ig) auf 8 Parzellen des Hauptversuchs (mit Kronenvariablen). Regressionsgleichungen s. Tab.45b (Anhang);

Als erstes fällt auf, daß sich die Grundflächenzuwächse mit deutlich höheren Bestimmtheitsmaßen aus den Variablen schätzen lassen als die Durchmesserzuwächse. Die einzelnen Variablen sind dabei im wesentlichen die selben wie schon zuvor bei den Durchmesserzuwächsen (vgl. Tab. 9a u. b). Auch hier ist die Ausgangssituation von Bedeutung (bei Fichte und Tanne das Ausgangsvolumen, bei Buche und Bergahorn die Überschirmung). Allerdings geht bereits hier in das 2-Variablenmodell für die 23 Versuchspartzellen die Wechselwirkung zwischen Ausgangssituation und waldbaulicher Behandlung ein (Tab. 12). Die Höhenlage erweist sich wiederum als bedeutsam.

Auf der Hauptversuchsfläche, wo Kronenvariable zur Verfügung standen, ist nicht mehr wie beim Durchmesserzuwachs die Kronenbreite, sondern die Schirmfläche eine besonders gute Schätzgröße. Daneben taucht wiederum das Ausladungsverhältnis besonders häufig in den Gleichungen auf. Eine gesicherte Wechselwirkung zwischen Ausgangssituation und waldbaulicher Behandlung tritt bei Fichte, Buche und Bergahorn auf. Das Nadelverlustprozent erweist sich ebenso wie die Stammzahl als signifikante Einflußgröße auf den Grundflächenzuwachs der Tanne auf der Hauptversuchsfläche.

Der Grundflächenzuwachs läßt sich in Abhängigkeit der wichtigen Einflußgrößen - Ausgangsdurchmesser und Überschirmung - wie schon zuvor der Durchmesserzuwachs (vgl. Abb. 12) sehr schön graphisch darstellen (Abb. 13); den Regressionsgleichungen liegt dabei wieder der verhältnismäßig homogene Datensatz von Bäumen der Hauptversuchsfläche (6 Partzellen, ohne Lochhieb) zugrunde. Die Gleichungen des Grundflächenzuwachses haben ein erheblich höheres Bestimmtheitsmaß als die des Durchmesserzuwachses. Sie zeigen aber ein ähnliches Bild. Mit steigendem Ausgangsdurchmesser und abnehmender Überschirmung nimmt der Grundflächenzuwachs zu. Dickere Bäume reagieren dabei stärker als dünnere auf eine Absenkung der Überschirmung durch waldbauliche Eingriffe. Anders als beim Durchmesserzuwachs gilt letzteres andeutungsweise auch für die Tanne (vgl. Abb. 12).

Im Bereich niedrigerer Brusthöhdurchmesser - etwa bei 10 cm BHD - unterscheiden sich die Baumarten im Grundflächenzuwachs kaum voneinander. Im mittleren (durch Meßwerte besonders gut abgesicher-

ten) Bereich - etwa bei BHD 40 cm - sind Fichte und Tanne noch einigermaßen ähnlich in ihren Grundflächenzuwächsen. Von 40 cm dicken Buchen wird jedoch unter allen drei Überschirmungssituationen das doppelte an Grundflächenzuwachs geleistet. Im oberen Bereich bei BHD 60 cm (für den nur für Fichte und Tanne Meßwerte vorlagen), scheint die Fichte bei Dichtstand (80% Überschirmung) hinter die Tanne zurückzufallen. Aufgrund der geringen Meßwerte in diesem Bereich sollte dieses Ergebnis jedoch nicht überbewertet werden.

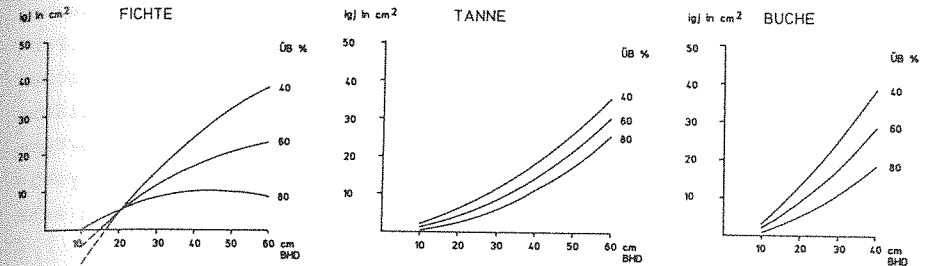


Abb. 13 : Der Grundflächenzuwachs auf der Hauptversuchsfläche

Fi : $\hat{y} = -41,04 + 2,29D - 0,0084D^2 + 0,427\bar{U} - 0,019D*\bar{U}$; N = 111 ; $r^2 = 0,70$; $F = 61,1^{***}$
 Ta : $\hat{y} = 0,25 + 0,33D + 0,0072D^2 - 0,01\bar{U} - 0,0041D*\bar{U}$; N = 103 ; $r^2 = 0,80$; $F = 99,1^{***}$
 Bu : $\hat{y} = -8,64 + 1,31D + 0,0098D^2 + 0,091\bar{U} - 0,015D*\bar{U}$; N = 126 ; $r^2 = 0,81$; $F = 130,7^{***}$

Die gleichmäßigen Schirmhiebe haben also die Wuchsrelationen der Baumarten zueinander nicht beeinflusst. Mit gezielten Eingriffen zur Förderung bestimmter Baumarten wäre dies - wie man sich anhand der Regressionslinien leicht vorstellen kann - allerdings möglich gewesen. So könnte z.B. der Grundflächenzuwachs einer 40 cm starken, in einem dichten Bestand stockenden Tanne durch eine starke Förderung auf das Wachstumsniveau einer ebenso dicken, aber nicht geförderten Buche in diesem Bestand angehoben werden; oder eine 20 cm dicke Buche in einem dichten Bestand könnte durch eine starke Freistellung den selben Grundflächenzuwachs wie eine 40 cm dicke, nicht geförderte Tanne in diesem Bestand erreichen. Den waldbaulichen Steuerungsmöglichkeiten sind somit lediglich durch die waldbauliche Zielsetzung und die Stabilität der Bestände Grenzen gesetzt.

lich größer; pro Hektar und Jahr hatten die Bestände auf den Kontrollparzellen 10.0 und 11.0 einen Volumenzuwachs von 23 VfmD bzw. 19 VfmD geleistet und auf den Schirmhiebparzellen 10.2 und 11.2 waren es immerhin noch 13 VfmD bzw. 11 VfmD.

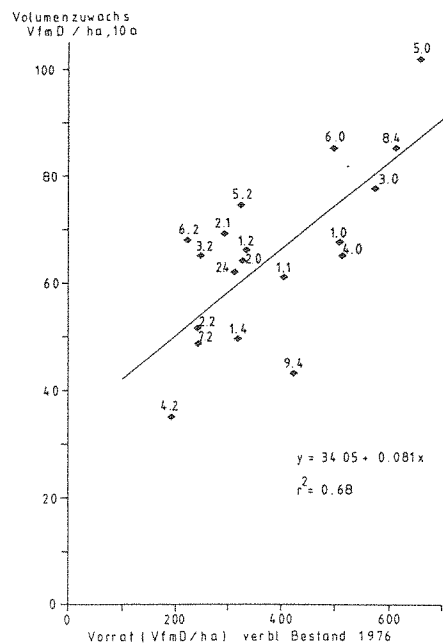


Abb. 14 : Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit vom Ausgangsvorrat

Trotz erheblicher Unterschiede in der Baumartenzusammensetzung und im Standort der Bestände war zu erkennen, daß der Volumenzuwachs auch ganz wesentlich vom Ausgangsvorrat abhängig war (Abb. 14). Die vorratsreichen Kontrollparzellen hatten meistens einen höheren Volumenzuwachs als die entsprechenden Schirmhiebparzellen, auf denen der Vorrat abgesenkt worden war. Es steht zu vermuten, daß für jeden Standort und für jede Baumartenzusammensetzung (und auch für jedes Alter) eine eigene Beziehung zwischen dem Volumenzuwachs und dem Vorrat eines Bestandes besteht, die nicht einmal linear zu sein braucht, sondern ebensogut eine Optimumkurve darstellen kann; die in Abb. 14 angegebene Beziehung kann daher nur als grobe Orientierungslinie gelten, um die sich die exakten baumarten- und standortspezifischen Regressionslinien gruppieren würden.

Aus Abb. 14 geht jedoch eindeutig hervor, daß die waldbaulichen Eingriffe den Volumenzuwachs nicht in gleichem Maße wie den Vorrat der Bestände reduziert haben (auf den Parzellen im Flysch trifft dies jedoch fast zu).

Einen besseren Einblick in das Geschehen in den Versuchsbeständen erhält man, wenn man den nach der Kontrollmethode hergeleiteten Volumenzuwachs in seine beiden Komponenten - Volumenausfall und Volumendifferenz zwischen Endvorrat und Ausgangsvorrat - zerlegt. Dies ist in Abb. 15 geschehen. Oben ist der Vorrat des ausscheidenden Bestandes in Abhängigkeit des Vorrates des verbleibenden Bestandes 1976 aufgetragen. Die eingezeichnete Regressionslinie weist zwar nur ein geringes Bestimmtheitsmaß auf, gibt aber die Zusammenhänge zutreffender wieder als es zunächst den Anschein hat. Im Bereich hoher Vorräte, die zumeist auf den unbehandelten Kontrollparzellen stockten, fielen sehr viele Stämme dem Konkurrenzdruck zum Opfer (vgl. Abb. 10); das ausscheidende Volumen war deshalb hier sehr groß. Im Bereich niedriger Vorräte sind die Bestände zu finden, die infolge der Hiebsmaßnahmen sehr licht stehen; hier war es der Sturm, der einige stärkere Stämme zu Fall gebracht hat und so das ausscheidende Volumen hat anwachsen lassen (Parzellen 3.2 und 6.2). Im mittleren Vorratsbereich ist folglich das Volumen des ausscheidenden Bestandes am geringsten. Die Gültigkeit dieser Beziehung wird durch folgende Tatsachen untermauert:

- (1) Auf Parzelle 2.2 sind außerhalb der Kernfläche im gleich behandelten Umfassungstreifen einige stärkere Stämme vom Sturm geworfen worden; der in die Regressionsgleichung eingehende niedrige Wert für das ausscheidende Volumen auf Parzelle 2.2 ist damit nicht repräsentativ für die gesamte Parzellenfläche.
- (2) Der Bestand auf Parzelle 5.2 stockt auf einem ausgesprochen windgeschützten Standort; von daher sind die niedrigen Ausfälle zu erklären.
- (3) Auf der Kontrollparzelle 1.0, die durch besonders hohe Ausfälle herausragt, sind die Ausfälle vermutlich nicht nur auf Konkurrenzdruck sondern auch auf Tannensterben zurückzuführen; hier waren nämlich nicht nur unterständige, sondern überraschenderweise auch stärkere, zwischenständige Tannen im Versuchszeitraum ausgefallen.

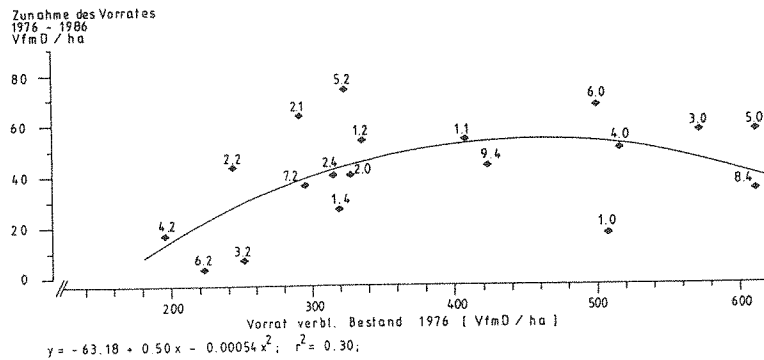
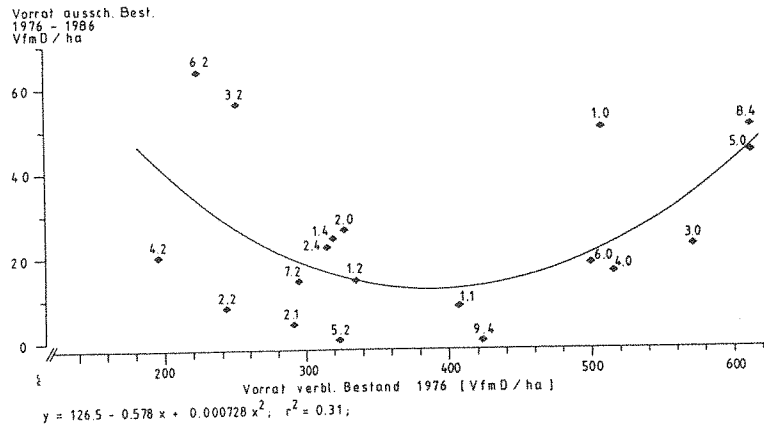


Abb. 15 : Der Vorrat des ausgeschiedenen Bestandes (oben) und die Zunahme des Vorrates (unten) in Abhängigkeit vom Anfangsvorrat

Als Konsequenz der beschriebenen Ausfallfunktion ergibt sich für die Zunahme des Vorrates im Versuchszeitraum eine Optimumbeziehung (Abb. 15 unten). Fast überhaupt nicht haben die Vorräte in den lichten Beständen, in denen Sturmwurf auftrat, zugenommen. Die hohen Zuwächse haben hier gerade die Ausfälle kompensiert. In den dichteren Beständen haben die Vorräte seit 1976 deutlich zugenommen, wobei sich abzeichnet, daß im Bereich der sehr dichten Bestände infolge der hohen Ausfälle die Volumenzunahme wieder geringer wird.

Schlüsselt man die Bestandeswerte des Volumenausfalles und Volumenzuwachses baumartenweise auf (was mit Hilfe der Angaben in Tab. 13 ohne Schwierigkeiten möglich ist), und stellt einen Vergleich mit den Grundflächenwerten an, dann zeigen sich gewisse Regelmäßigkeiten:

Bei allen Baumarten ist das Volumenausfallprozent immer etwa 1 bis 2%-Punkte geringer als das Grundflächenausfallprozent (Gesamtausfall Volumen 6%, Grundfläche 7%, Stammzahl 13%). Lediglich dort, wo starke Stämme ausgefallen sind (Parz. 3.2, 6.2 und 8.4), liegen die Volumenausfallprozent über den Grundflächenausfallprozenten. In der Regel sind also kleinere, volumenschwächere Bäume abgegangen.

Die Volumenzuwachsprözentage liegen dagegen immer deutlich über denen der Grundflächenzuwachsprözentage (Gesamtzuwachs: Grundfläche 13%, Volumen 19%). Bei Fichte und Tanne sind die Volumenzuwachsprözentage mit 19 und 17 um 6 bzw. 5%-Punkte höher als beim Grundflächenzuwachsprözent. Bei Buche und Bergahorn liegen mit Volumenzuwachsprözentagen von 25 die Werte um 8 bzw. 9%-Punkte über den Grundflächenzuwachsprözentagen. Der Abstand zum Grundflächenzuwachsprözent ist dort am größten, wo die höchsten Zunahmen der Baumhöhen registriert wurden (Flächen 5, 6, 10 und 11).

Zwischen den Bestandesvolumen- und Bestandesgrundflächenzuwächsen besteht eine Beziehung, die sich verhältnismäßig gut (mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,83) durch eine log-Funktion beschreiben läßt:

$$\ln y = 0,755 + 2,656x$$

wobei x der jährliche Grundflächenzuwachs in m² pro Hektar und y der jährliche Volumenzuwachs in VfmD pro Hektar ist (N = 23). Die grundsätzlichen, bei der Besprechung der Grundflächenzuwächse gemachten Aussagen (z.B. zu Tab. 11) gelten aufgrund der engen Beziehung zwischen Grundflächen- und Volumenzuwachs also auch für den Volumenzuwachs.

Der Volumenzuwachs in der Ober-, Mittel- und Unterschicht

Der periodische Volumenzuwachs eines Baumes in einem bestimmten Alter ist in erster Linie von seiner soziologischen Stellung und dem ihm zur Verfügung stehenden Standraum abhängig. Dabei treten Baumartenunterschiede in den Hintergrund. Es erscheint deshalb zulässig, in einer ersten Annäherung die unterschiedliche Reaktion der einzelnen Baumarten (s. Tab. 7) zurückzustellen und den Volumenzuwachs zunächst einmal insgesamt - ohne Unterscheidung nach Baumarten - in den einzelnen Schichten zu betrachten.

Noch deutlicher als im Durchmesserzuwachs (s. Pkt. 3.35) unterscheiden sich die drei Schichten im Volumenzuwachs. Teilt man alle 1320 am Versuchsende 1986 noch vorhandenen Bäume auf die drei Schichten auf und ermittelt den mittleren Zuwachs des Einzelbaumes, so zeigt sich, daß ein Oberschichtbaum im Durchschnitt jährlich 33,8 Liter an Volumen (VfmD) zulegt; ein Mittelschichtbaum leistet mit 9,2 Liter weniger als ein Drittel davon, und ein Unterschichtbaum kommt mit 1,2 Liter gerade noch auf 3,5% der Volumenleistung eines Oberschichtbaumes.

Die Volumenzuwächse in den drei Schichten der Bestände auf den einzelnen Versuchspartellen weichen jedoch teilweise von den Durchschnittswerten ganz erheblich ab (Tab. 14). So leistet ein Oberschichtbaum auf Parzelle 2.0 nur 11,4 Liter pro Jahr, während ein Oberschichtbaum auf der Flyschparzelle (10.2) 85,4 Liter pro Jahr produziert (das macht in 10 Jahren 0,85 VfmD). Sehr hohe Werte über 60 Liter werden auch auf den anderen drei Flyschparzellen erreicht. Damit heben sich diese Parzellen deutlich von den Parzellen im Kalkalpin ab. Daneben fallen die Oberschichtbäume auf den Kontrollparzellen im Flysch noch durch eine andere Tatsache aus dem Rahmen; sie leisten über 80% des Volumenzuwachses der Bäume auf den starken Schirmhiebparzellen. Das bedeutet, daß die Bäume in der Oberschicht der Kontrollparzellen genügend Standraum zur Verfügung hatten, um nahezu ungehindert wachsen zu können. Jeder stärkere Eingriff in die Oberschicht mußte deshalb zu einer spürbaren Reduktion des flächenbezogenen Zuwachses führen; von den nach einem Eingriff verbliebenen Stämmen, die sich an der oberen Grenze ihrer Leistungsfähigkeit bewegten, war nicht zu erwarten, daß sie den mit dem Ausschneiden von Oberschichtbäumen verbundenen Zuwachsverlust durch Mehrzuwachs ausgleichen konnten.

PARZELLE	OBERSCHICHT			MITTELSCHICHT			UNTERSCHICHT			GESAMTBESTAND		
	N/ha	\bar{iv} Liter	$N \times \bar{iv}$ VfmD	N/ha	\bar{iv} Liter	$N \times \bar{iv}$ VfmD	N/ha	\bar{iv} Liter	$N \times \bar{iv}$ VfmD	N/ha	\bar{iv} Liter	$N \times \bar{iv}$ VfmD
1.0	358	13.8	4.9	376	4.4	1.7	168	<0.1	<0.1	902	7.3	6.6
1.1	130	20.2	2.6	340	9.5	3.3	100	1.1	0.1	570	10.5	6.0
1.2	113	34.8	3.9	164	14.2	2.3	154	2.7	0.4	431	15.4	6.6
1.4	109	18.4	2.0	277	10.3	2.8	169	1.0	0.2	555	9.1	5.0
2.0	223	11.4	2.5	689	5.3	3.6	297	1.0	0.1	1209	5.4	6.4
2.1	197	19.2	3.8	373	8.2	3.0	72	0.8	0.1	642	10.8	6.9
2.2	108	36.5	3.9	108	10.4	1.1	21	2.7	0.1	237	21.7	5.1
2.4	126	17.2	2.2	700	5.5	3.9	139	0.9	0.1	965	6.4	6.2
3.0	273	18.8	5.1	450	5.7	2.5	348	0.2	0.1	1071	7.2	7.7
3.2	136	38.0	5.2	58	21.2	1.2	20	5.2	0.1	214	30.4	6.5
4.0	156	29.6	4.6	281	5.3	1.5	188	1.9	0.4	625	10.4	6.5
4.2	115	21.9	2.5	73	11.4	0.8	42	3.5	0.2	230	15.0	3.5
5.0	238	23.8	5.7	541	8.2	4.4	11	0.6	<0.1	790	12.8	10.1
5.2	118	38.9	4.6	140	20.3	2.8	43	2.4	0.1	301	25.0	7.5
6.0	246	19.7	4.8	374	9.8	3.6	227	0.3	0.1	847	10.0	8.5
6.2	112	37.4	4.2	132	17.3	2.3	61	5.1	0.3	305	22.2	6.8
7.2	136	25.5	3.5	125	14.6	1.8	38	0.9	<0.1	299	17.8	5.3
8.4	157	47.6	7.5	87	12.1	1.0	11	1.4	<0.1	254	33.6	8.5
9.4	107	27.6	3.0	112	11.6	1.3	21	1.4	<0.1	240	17.8	4.3
10.0	283	70.6	20.0	107	23.4	2.5	19	1.7	<0.1	409	55.0	22.5
10.2	130	85.4	11.1	30	61.0	1.8	20	6.1	0.1	180	72.5	13.0
11.0	265	64.8	17.2	66	29.0	1.9	9	1.5	<0.1	340	56.2	19.1
11.2	145	78.3	11.3	---	---	---	10	8.1	0.1	155	73.8	11.4

Tab. 14: Der jährliche Volumenzuwachs in der Ober-, Mittel- und Unterschicht

Ganz anders dagegen die Situation auf den meisten Kontrollparzellen (1.0, 2.0, 3.0, 5.0 und 6.0) im kalkalpinen Bereich: Der Standraum der Oberschichtbäume war stark eingengt, so daß der Volumenzuwachs mit 10 bis 20 Liter pro Jahr weit unterhalb der möglichen Leistung liegt. Auf den waldbaulich behandelten Parzellen wurde die bestehende Konkurrenzsituation durch die Eingriffe entspannt; die Oberschichtbäume konnten dadurch ihre Leistung deutlich erhöhen. Auf den Parzellen mit starkem Eingriff beträgt der Volumenzuwachs des Einzelbaumes das Doppelte bis Dreifache des Zuwachses der Bäume auf den entsprechenden Kontrollparzellen. Damit konnte ein Teil des mit dem Ausschneiden von Bäumen entstehenden Zuwachsverlustes ausgeglichen werden.

Anders als hier geschildert scheinen die Prozesse auf der hochgelegenen Fläche 4 abgelaufen zu sein. Hier war der Zuwachs der Oberschichtbäume auf der Kontrollparzelle außergewöhnlich gut und der

auf der Parzelle mit starkem Schirmhieb ungewöhnlich schlecht. Vermutlich sind die gravierenden Standortunterschiede zwischen den beiden Parzellen am Zustandekommen dieses Ergebnisses beteiligt.

Auch in der Mittelschicht sind die Unterschiede in der Zuwachsleistung beträchtlich und die Abweichungen vom Gesamtmittel von 9,2 Liter sehr groß. Die geringste Zuwachsleistung mit 4,4 Liter haben die Mittelschichtbäume auf der Parzelle 1.0 erbracht, die höchste mit 61 Liter die Bäume auf Parzelle 10.2. Auch bei den Mittelschichtbäumen ist der Einfluß der waldbaulichen Behandlung auf den Volumenzuwachs deutlich zu erkennen. So leisten die Mittelschichtbäume auf den Parzellen mit starkem Schirmhieb das Doppelte bis Dreifache der entsprechenden Bäume auf den Kontrollparzellen.

Die Bäume der Unterschicht haben auf allen Parzellen nur einen verschwindend geringen Volumenzuwachs. Auf keiner Kontrollparzelle werden mehr als zwei Liter pro Jahr von einem Unterschichtbaum produziert. Die Bäume sind damit ständig an der Existenzgrenze, die auch häufig unterschritten wird, wie die hohen Ausfälle (s. Punkt 3.34) in dieser Schicht zeigen. Durch waldbauliche Eingriffe kann der Volumenzuwachs dieser Bäume um ein Vielfaches gesteigert und der Unterschicht so zum Überleben verholfen werden.

Multipliziert man den errechneten durchschnittlichen Volumenzuwachs mit der Stammzahl der jeweiligen Schicht, dann erhält man den flächenbezogenen Zuwachs. Die Summe der in den einzelnen Schichten geleisteten Zuwächse stimmt recht gut mit dem nach der Kontrollmethode hergeleiteten Zuwachs überein. Die Einbeziehung der Stammzahl in die Betrachtung zeigt, daß in den dichten Beständen im Kalkalpin die Stammzahl um mehr als die Hälfte reduziert werden kann, ohne daß damit eine nennenswerte Zuwachseinbuße verbunden ist. Der Zuwachs legt sich in den waldbaulich behandelten Beständen an vergleichsweise wenig Bäumen der Ober- und Mittelschicht an, während er sich in den dichten Beständen auf eine wesentlich größere Anzahl von Ober- und Mittelschichtbäumen verteilt. Durch waldbauliche Eingriffe kann also der Zuwachs gezielt auf ausgewählte Bäume - meist sind es die stärksten und wertvollsten - gelenkt werden. Als bedeutsamer Nebeneffekt ergibt sich dabei eine Vitalisierung des Unterstandes.

Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit von verschiedenen Variablen

Die im vorherigen Abschnitt vorgenommene Aufteilung des Volumenzuwachses auf die drei Höhengschichten der einzelnen Versuchsbestände läßt zwar wichtige Einflußgrößen auf den Volumenzuwachs deutlich hervortreten, enthält aber mit der Zusammenfassung der Baumarten auch eine starke Vereinfachung. Eine andere Möglichkeit, die bereits bei der Darstellung der Durchmesser- und Grundflächenzuwächse gewählt wurde, ist die, den Volumenzuwachs getrennt für die einzelnen Baumarten in Abhängigkeit von verschiedenen Variablen zu untersuchen. Dazu wird die Parzellenzugehörigkeit außer Betracht gelassen und der Volumenzuwachs der Einzelbäume in Beziehung zu den 35 in Tab. 8 angegebenen Variablen gesetzt. Die dabei erzielten Ergebnisse sind in den Tab. 15a und b sowie in den Tab. 46a u. b im Anhang wiedergegeben.

BAUMART	1		2		3		4		B
	VARIABLE	B	VARIABLEN	B	VARIABLEN	B	VARIABLEN	B	
FICHTE	+V	57	+V -HL	62	+V -HL +SR	64	+SR -GBGHN -HL +VÜH	68	
TANNE	+V	70	+V +SR	72	+V -HL +SR	74	+V +SR -HL +HN	75	
BUCHE	+V	65	+V -Ü	71	+D2 -HL -GÜH	74	+D2 -GÜH -HL +SR	75	
AHORN	+D2	77	+D2 -DBGHN	83	+G -HMAX -DÜH	86	+D2 -DÜH +KL -HOS	88	

Variablenkürzel s. Tab. 8; B = Bestimmtheitsmaß

Tab. 15a: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Volumenzuwachses (iv) auf 23 Versuchsparzellen (ohne Kronenvariablen). Regressionsgleichungen s. Tab. 46a (Anhang);

BAUMART	1		2		3		4		B
	VARIABLE	B	VARIABLEN	B	VARIABLEN	B	VARIABLEN	B	
FICHTE	+V	56	+KVZ +VÜH	61	+KVZ -GBGHN +VÜH	63	+KVZ -GBGHN +VÜH +EX	65	
TANNE	+G	72	+G -GBGHN	75	+G -GBGHN +KB	76	+G -DBGHN -AV +KB	77	
BUCHE	+V	64	+V -VÜH	72	+V -VÜH -V2	76	+V -VÜH -V2 +KVZ	78	
AHORN	+KVK	72	+KVK -AV	87	+KVK -AV +PG	91	+KVK -AV +PG +EX	93	

Variablenkürzel s. Tab. 8; B = Bestimmtheitsmaß

Tab. 15b: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Volumenzuwachses (iv) auf 8 Parzellen des Hauptversuchs (mit Kronenvariablen). Regressionsgleichungen s. Tab. 46b (Anhang);

Die Volumenzuwächse sind, wie ein Vergleich der Tab. 9, 12 und 15 zeigt, mit deutlich höheren Bestimmtheitsmaßen aus den ausgewählten Variablen zu schätzen als Durchmesser- und Grundflächenzuwächse. Bereits die 1-Variablenmodelle, in die zumeist das Anfangsvolumen eingeht, ergeben durchaus brauchbare Werte für den Volumenzuwachs. Die in den Modellen mit mehr Variablen auftauchenden Größen (s. Tab. 15a) ähneln sehr den bei den Grundflächenzuwächsen ausgewählten (vgl. Tab. 12); es sind dies zum einen Variablen, die die Wechselwirkung zwischen Ausgangssituation und waldbaulicher Behandlung zum Ausdruck bringen (bei Fichte, Buche und Bergahorn), zum anderen die Höhenlage (bei Fichte, Tanne und Buche). Als neue bedeutsame Variable erscheint dagegen der Standraum (SR) in den Modellen. Mit zunehmendem Standraum vergrößert sich - den Regressionsgleichungen zufolge - bei Fichte, Tanne und Buche der Volumenzuwachs.

Stehen Kronenvariablen zur Verfügung, wie dies für die Bäume der Hauptversuchsfläche der Fall war, und werden diese in die Analyse eingebracht (s. Tab. 15), dann werden diese Variablen zur Schätzung des Volumenzuwachses auch herangezogen. Bei Fichte ist es das Kronenvolumen (als Zylinder berechnet), bei Tanne die Kronenbreite sowie das Ausladungsverhältnis und beim Bergahorn das Kronenvolumen (als Kegel berechnet) sowie das Ausladungsverhältnis. Bei der Buche geht das Kronenvolumen (als Zylinder berechnet) in das 4-Variablenmodell ein, wobei keine deutliche Zunahme des Bestimmtheitsmaßes mehr zu verzeichnen ist; bereits das 2- und 3-Variablenmodell, das ohne Kronengrößen auskommt, liefert recht gute Schätzwerte des Volumenzuwachses. Auch bei der Tanne bringt die Hinzunahme der Kronenvariablen keine wesentliche Verbesserung des Bestimmtheitsmaßes mehr. Bemerkenswert erscheint noch das Auftauchen der Exposition in den 4-Variablenmodellen bei Fichte und Bergahorn. Mit zunehmender Ausrichtung der Versuchspartellen nach Norden nimmt der Volumenzuwachs von Fichte und Bergahorn zu.

Wie schon zuvor der Durchmesser- und Grundflächenzuwachs (vgl. Abb. 12 und 13) läßt sich auch der Volumenzuwachs in Abhängigkeit vom Ausgangsdurchmesser und von der Überschirmung graphisch darstellen (Abb. 16). Zugrunde gelegt wurde wiederum der Datensatz von Bäumen der Hauptversuchsfläche (6 Partellen, ohne Lochhiebe). Das Bestimmtheitsmaß der Gleichungen zur Schätzung des Volumenzuwachses

liegt in ähnlicher Höhe wie das der Grundflächenzuwachsgleichungen. Auch die Kurven selbst sind denen des Grundflächenzuwachses sehr ähnlich. Es kann daher auf die Ausführungen bei der Besprechung der Abb. 13 verwiesen werden (Punkt 3.36).

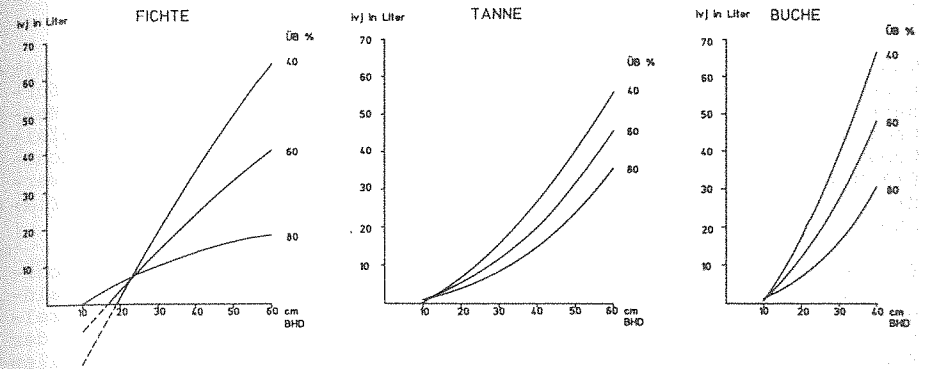


Abb. 16: Der Volumenzuwachs auf der Hauptversuchsfläche

$$\begin{aligned}
 \text{Fi: } \hat{y} &= -64,97 + 3,15D - 0,0037D^2 + 0,76Ü - 0,032D \cdot Ü; & N &= 111; r^2 = 0,70; \hat{F} = 62,3^{***} \\
 \text{Ta: } \hat{y} &= -8,95 + 0,7D - 0,012D^2 + 0,127Ü - 0,0104D \cdot Ü; & N &= 103; r^2 = 0,77; \hat{F} = 83,5^{***} \\
 \text{Bu: } \hat{y} &= -25,01 + 2,26D + 0,023D^2 + 0,314Ü - 0,030D \cdot Ü; & N &= 126; r^2 = 0,84; \hat{F} = 158,9^{***}
 \end{aligned}$$

Festzuhalten bleibt, daß ebenso wie der Durchmesser- und Grundflächenzuwachs auch der Volumenzuwachs einzelner Bäume durch waldbaulichen Eingriffe in beachtlichem Maße gesteuert werden kann. Maßnahmen, die nicht wie die gleichmäßigen Schirmhiebe alle nach dem Eingriff verbleibenden Baumarten in gleicher Weise begünstigen, sondern gezielt Baumarten fördern, können den waldbaulichen Handlungsspielraum noch erheblich erweitern.

Der aus Bohrungen ermittelte Volumenzuwachs von Einzelbäumen

Bei den bisher betrachteten Volumenzuwächsen handelt es sich um periodische Zuwächse (PZ), hergeleitet als mittlere jährliche Zuwächse im Versuchszeitraum. Die tatsächlich geleisteten jährlichen Zuwächse (LZ) können von diesen mittleren jährlichen Zuwächsen mehr oder weniger stark abweichen. Nur die tatsächlichen jährlichen Zuwächse können Aufschluß darüber geben, wie schnell die Bäume auf die waldbaulichen Eingriffe reagiert haben. Außerdem ist nur der Entwicklung des laufenden Zuwachses zu entnehmen, ob die Annahme

zutritt, daß die Bäume auf den Parzellen mit waldbaulichen Eingriffen vor der Behandlung wie Bäume auf den Parzellen ohne Eingriffe gewachsen sind. Zur Absicherung und Vertiefung der Befunde über den periodischen Zuwachs waren demnach Erhebungen des laufenden Zuwachses unbedingt notwendig.

Nun ist die Ermittlung des laufenden Zuwachses allerdings meist mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Jährliche Messungen erfordern einen verhältnismäßig hohen Aufwand, wobei auch an die Meßtechnik besondere Anforderungen gestellt werden müssen. Die Herleitung des laufenden Zuwachses aus Bohrungen scheidet auf Versuchsfeldern aus, weil die wertvollen Versuchsbäume nicht verletzt werden sollen. Als Ausweg bot sich auf den Bergmischwaldversuchsfeldern folgendes Vorgehen an:

Es wurden im Herbst 1986 Bäume im Umfangsstreifen der Versuchspartellen gebohrt. Der Umfangsstreifen hatte die gleiche waldbauliche Behandlung erfahren wie die Kernfläche, so daß die Einzelbäume hier sicherlich genauso reagiert haben dürften wie auf der Kernfläche. Es war jedoch nicht machbar auf allen Versuchspartellen Bohrungen durchzuführen; lediglich auf sechs Partellen des Hauptversuches konnten Bohrspäne gewonnen werden.

Die aus Bohrspanmessungen mit Hilfe des Programmes WBOHR hergeleiteten jährlichen Volumenzuwächse sind in den Abb. 17a - d für einen Zeitraum von 20 Jahren - jeweils 10 Jahre vor und nach Versuchsbeginn - wiedergegeben. Die Zuwachsleistung der einzelnen Bäume war zunächst einmal - wie zu erwarten war - von ihrem erreichten Brusthöhendurchmesser abhängig (angegeben ist der im Herbst 1986 gemessene BHD). Die Bäume aus dem unteren Durchmesserbereich leisteten bis zu Beginn des Versuches pro Jahr überall etwa 5-10 Liter (VfmD). Die Bäume aus dem oberen Durchmesserbereich dagegen brachten es auf Werte von 20-40 Liter pro Jahr. Bis zum Jahr 1976 ist der Zuwachsverlauf auf allen Partellen und bei allen Baumarten sehr ähnlich: er war gleichbleibend bis leicht rückläufig (z.B. Tanne auf Partelle 1.0, Fichte auf Partelle 1.1). Das Trockenjahr 1976 hat bei vielen Bäumen zu einem besonders niedrigen Volumenzuwachs geführt.

Nach den waldbaulichen Eingriffen im Herbst 1976 begann sich die Entwicklung auf den einzelnen Partellen deutlich zu differenzieren. Während auf den Kontrollpartellen die Zuwachsentwicklung gleichmäßig weiter verlief, war auf den behandelten Partellen eine klare Zäsur zu erkennen; die Volumenzuwächse kletterten von 1977 an stetig

Abb.17a: Laufender jährlicher Zuwachs der Fichte

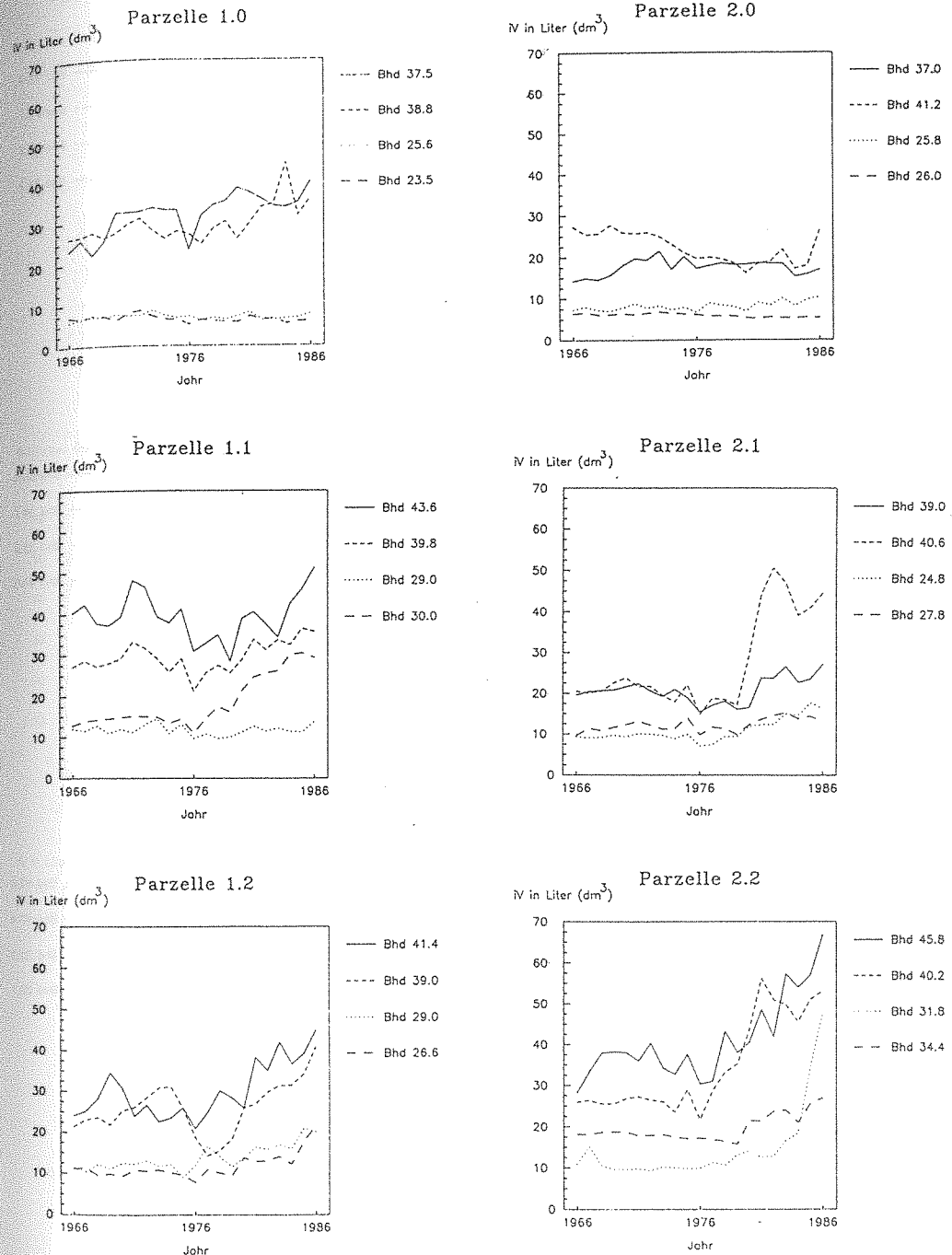


Abb.17b : Laufender jährlicher Zuwachs der Tanne

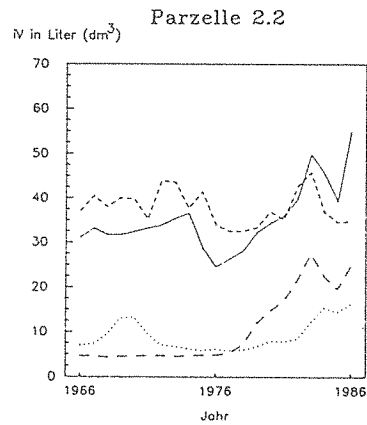
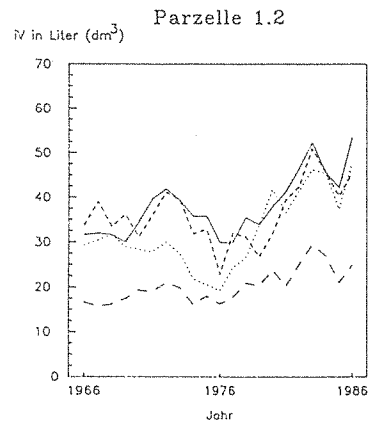
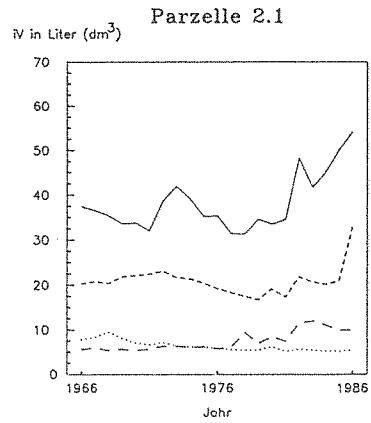
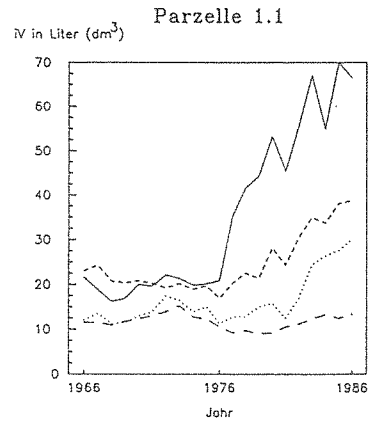
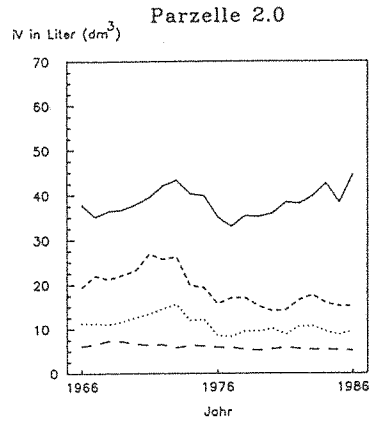
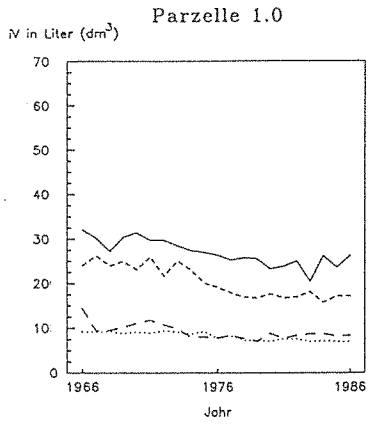


Abb.17c : Laufender jährlicher Zuwachs der Buche

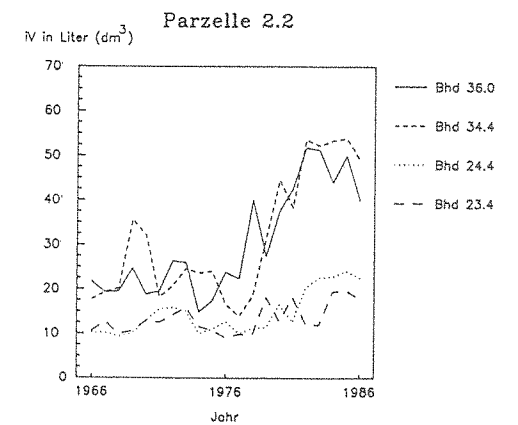
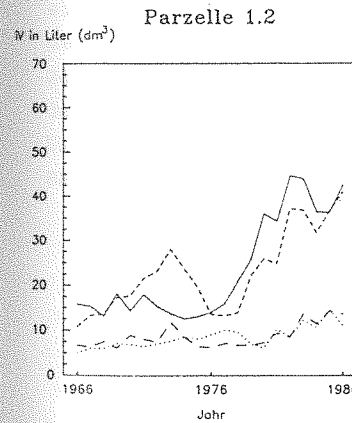
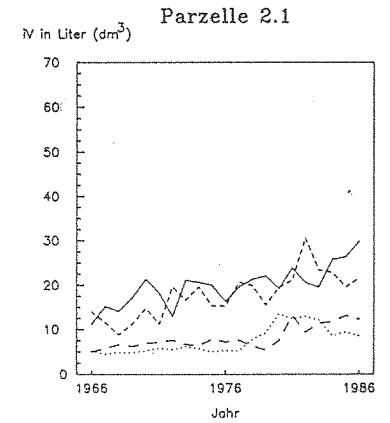
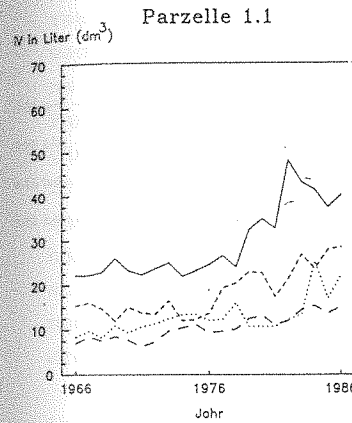
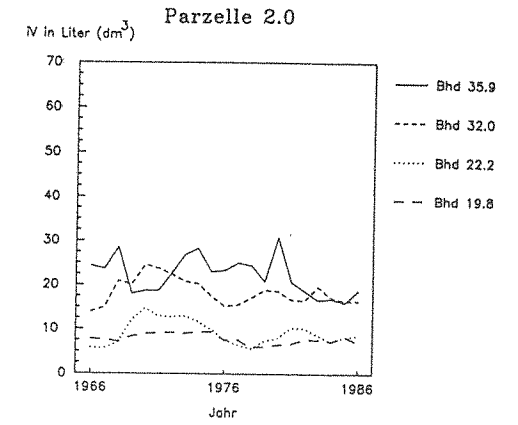
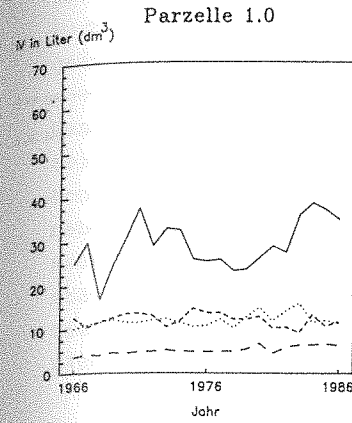
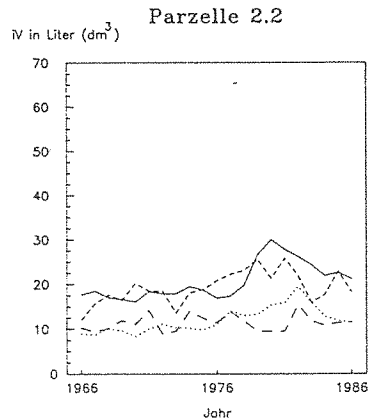
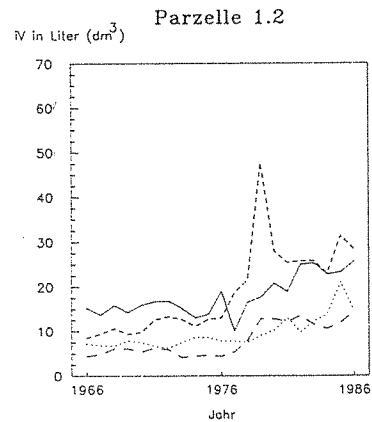
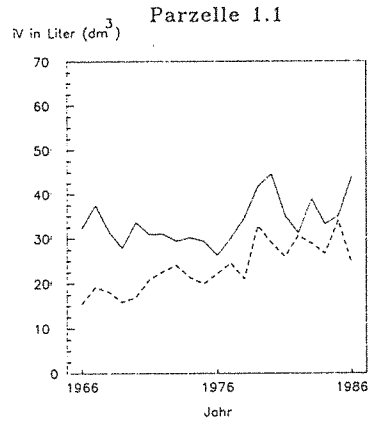
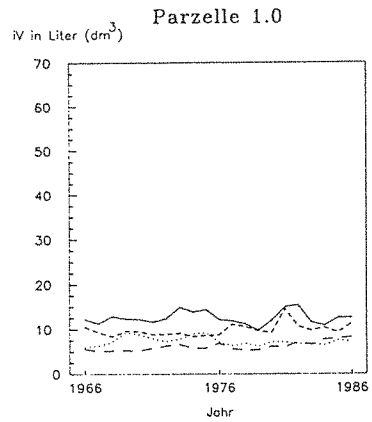


Abb.17d : Laufender jährlicher Zuwachs des Ahorns



nach oben. Bemerkenswert ist dabei, daß die Bäume gleich im Jahr nach dem Hieb reagierten, also keine Zeit brauchten, um sich auf die geänderten Standraumverhältnisse einzustellen.

Weniger deutlich fiel die Reaktion bei Bäumen aus, die sich bereits vor Versuchsbeginn verhältnismäßig unbedrängt entwickeln konnten (so z.B. eine Tanne auf Parzelle 2.2) oder aber bei vielen nebenständigen Bäumen. Auch der Ahorn zeigte keine übermäßig starke Reaktion, was wesentlich damit zusammenhängt, daß er als zwischenständiges Bestandesglied nicht so stark von den Eingriffen profitiert hat oder aber bald wieder unter den Druck der hauptständigen Bäume geraten ist.

Besonders deutlich haben die Bäume auf den starken Schirmhieben reagiert; einige hauptständige Fichten und Tannen haben ihre Zuwachsleistung in den letzten 10 Jahren mehr als verdoppelt, einzelne Buchen haben sie sogar mehr als verdreifacht. Aber auch auf den Parzellen mit schwachem Schirmhieb wurden einzelne Bäume stark begünstigt; so konnte eine Tanne auf Parzelle 1.1 ihren Zuwachs von 20 auf 70 Liter steigern und eine Fichte auf Parzelle 2.1 konnte ihr Zuwachsniveau von 20 auf 40 Liter anheben. Bei Fichte und Tanne hält der durch die Eingriffe ausgelöste Aufwärtstrend nach wie vor an, bei Buche und Bergahorn scheint sich der Volumenzuwachs auf einem neuen Niveau, das vermutlich bereits wieder durch die Standraumkonkurrenz anderer Bäume bestimmt ist, einzupendeln.

Aus den hier dargestellten Zuwachsverläufen geht klar hervor, daß sich die meisten Bäume in den geschlossenen Bergmischwaldbeständen deutlich unter ihren individuellen Leistungsmöglichkeiten bewegen. Ziel muß es daher sein, zumindest den hauptständigen Bestandesgliedern eine Produktion an der oberen Leistungsgrenze zu ermöglichen. Dies erfordert waldbauliche Eingriffe, die gezielt hauptständige Bäume fördern.

3.38 Stabilität und Gesundheit

Stabilität

Das Verhältnis von Höhe zu Durchmesser, der sog. H/D-Wert, gilt als Stabilitätsweiser. Er wurde für die einzelnen Baumarten und Schichten der Versuchsbestände zu den beiden Aufnahmezeitpunkten, Versuchsbeginn und -ende, bestimmt. Dabei zeigte sich, daß erwartungsgemäß die H/D-Werte der Mittel- und Unterschichtbäume erheblich unter denen der Oberschichtbäume lagen. Für die Stabilität eines Bestandes ist jedoch in erster Linie der H/D-Wert der Oberschichtbäume ausschlaggebend; nur er wird deshalb in Tab. 16 aufgeführt.

PARZELLE	FICHTE		TANNE		BUCHE	
	1976/ 1979	1986	1976/ 1979	1986	1976/ 1979	1986
1.0	82	80	78	76	108	101
1.1	78	73	73	70	101	89
1.2	75	73	70	66	81	73
1.4	80	75	63	60	107	101
2.0	71	70	67	67	85	83
2.1	77	73	68	68	64	55
2.2	74	69	58	56	97	86
2.4	73	72	81	76	104	104
3.0	74	71	--	--	122	110
3.2	76	69	68	65	101	86
4.0	60	61	59	60	71	69
4.2	57	56	58	56	84	73
5.0	71	74	72	76	87	83
5.2	71	70	--	--	87	79
6.0	62	65	66	68	84	85
6.2	67	65	60	58	77	76
7.2	65	64	66	65	88	71
8.4	73	70	--	--	--	--
9.4	66	66	48	48	--	--
10.0	78	79	74	75	93	93
10.2	69	66	73	61	--	--
11.0	75	76	74	76	--	--
11.2	66	66	68	68	--	--

Tab. 16: Die H/D-Werte von Fichten, Tannen und Buchen in der Oberschicht von 23 Versuchsbeständen zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende

Auf dem überwiegenden Teil der Versuchsparzellen hatten die herrschenden Fichten H/D-Werte, die zwischen 70 und 80 lagen, also in einem von der Stabilität her durchaus günstigen Bereich (s. hierzu BURSCHEL und HUSS, 1987). Auf einigen Parzellen deuteten H/D-Werte

der Fichten von unter 70 auf noch stabilere Verhältnisse hin (Flächen 4, 6, 7 und 9). Die Tannen in der Oberschicht der Bestände zeichneten sich durch noch etwas niedrigere Werte aus; in den meisten Beständen lagen sie zwischen 60 und 75. Werte unter 60 wiesen die nach dem Hieb verbliebenen Tannen auf Parzelle 2.2 und auf den Versuchsflächen 4 und 9 auf. Die Buchen hatten durchweg höhere H/D-Werte - zumeist über 80; lediglich bei einzelnen Buchen auf den Parzellen 2.1, 4.0 und 6.2 waren günstigere Stabilitätswerte zu verzeichnen.

Im Versuchszeitraum haben die H/D-Werte so, wie es der natürliche Alterstrend erwarten ließ, in den meisten Beständen abgenommen. Eine Zunahme war bezeichnenderweise jedoch in fünf der acht geschlossenen Bestände festzustellen: Fichten und Tannen haben ihr H/D-Verhältnis auf den Parzellen 4.0, 5.0, 6.0, 10.0 und 11.0 verschlechtert; auch die Buchen auf Parzelle 6.0 wiesen im Herbst 1986 einen geringfügig schlechteren H/D-Wert auf als zu Versuchsbeginn. Deutlich verbessert hatten sich dagegen die H/D-Werte der Fichten auf Parzelle 3.2 (um 7 Punkte) und der Tannen auf Parzelle 10.2 (um 12 Punkte). Die größten Veränderungen des Schlankheitsgrades waren bei den Buchen zu registrieren: Ihr H/D-Wert hatte sich um bis zu 17 Punkte (Parzelle 7.2) verbessert.

Die waldbaulichen Eingriffe haben sich auf die H/D-Werte in zweifacher Weise ausgewirkt. Einmal dadurch, daß die Hiebe auf einigen Parzellen schwächere und weniger stabile Oberschichtbäume entnommen haben und somit der durchschnittliche H/D-Wert der Oberschichtbäume rein rechnerisch gesunken ist. Und zum anderen haben die verbleibenden Bäume in den behandelten Beständen im Versuchszeitraum kräftig an Durchmesser zugenommen und dadurch ihr H/D-Verhältnis verbessert. Von den Stabilitätsweisern her - auch der Bekronungsgrad deutet im übrigen in diese Richtung - müßten demnach die Parzellen mit den stärksten Eingriffen die stabilsten Verhältnisse repräsentieren. Gerade hier kam es aber zu Windwürfen (Parz. 2.2, 3.2, 4.2, 6.2 und 10.2). Dies bedeutet, daß selbst noch so niedrige H/D-Werte (wie z.B. auf Parz. 4.2 und 6.2) keine Garantie für tatsächliche Stabilität sind. Auch in Mischbeständen mit verhältnismäßig abholzigen Bäumen beruht also ein Großteil der Stabilität auf dem gegenseitigen Schutz der Bäume, auf dem sog. Stützgefüge. Jeder stärkere Eingriff wirkt sich hier stabilitätsmindernd aus.

Gesundheit

Auch der Bergmischwald blieb trotz seiner erwiesenen hohen Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Schadeinwirkungen von neuartigen Waldschäden nicht verschont. Auf den Versuchsfeldern im Ruhpoldinger und Siegsdorfer Bereich wurden erstmals im Sommer 1981 Schwächesymptome in Form von Kronenverlichtungen an Tannen beobachtet. In der Folgejahre verschlechterte sich der Zustand der Tannen; ebenfalls zu Kronenverlichtungen kam es bei Fichten und Buchen.

Eine Waldschadensansprache jedes Baumes auf den Versuchsfeldern im Sommer 1986 brachte dann das in Tab. 17 dargestellte Ergebnis zu Tage. Angegeben sind die mittleren Blattverlustprozente der Ober-, Mittel- und Unterschicht für Fichte, Tanne und Buche (die Werte sind stammzahlgewichtet, sie unterscheiden sich aber kaum von den grundflächengewichteten Werten, wie eine Überprüfung ergeben hat).

PARZELLE	FICHTE			TANNE			BUCHE		
	Ober-schicht	Mittel-schicht	Unter-schicht	Ober-schicht	Mittel-schicht	Unter-schicht	Ober-schicht	Mittel-schicht	Unter-schicht
1.0	45	38	25	42	34	14	32	22	20
1.1	49	39	--	33	46	28	63	44	--
1.2	54	35	--	49	23	16	27	30	10
1.4	38	36	--	31	27	18	25	31	16
2.0	44	35	16	35	31	13	24	26	15
2.1	50	27	20	42	33	7	25	30	30
2.2	50	55	--	47	37	15	38	--	10
2.4	29	26	27	43	20	15	30	18	21
3.0	37	27	28	--	32	18	26	19	10
3.2	36	45	--	58	35	25	40	30	--
4.0	37	35	10	33	60	--	48	23	26
4.2	56	--	--	40	45	20	48	53	30
5.0	37	28	--	25	24	--	30	20	10
5.2	49	42	--	--	45	10	38	30	10
6.0	41	37	16	31	11	13	32	24	21
6.2	44	20	--	20	17	10	55	40	10
7.2	54	49	17	54	41	38	30	45	--
8.4	36	33	--	30	30	--	18	25	10
9.4	48	35	24	45	--	--	--	35	--
10.0	38	27	--	29	10	13	5	--	--
10.2	45	35	--	58	30	10	--	5	--
11.0	40	27	--	31	27	40	--	--	--
11.2	84	--	--	73	--	--	--	--	9

Tab. 17: Die Blattverlustprozente von Bäumen der Ober-, Mittel- und Unterschicht im Sommer 1986 auf den 23 Versuchspartellen

Die Blattverlustprozente könnten auf der Hauptversuchsfeldern durch einen im Juni 1986 hier aufgetretenen Hagelsturm mitverursacht sein (s. Kap. 6.21); trotzdem besteht kein großer Unterschied zu den übrigen Feldern, auf denen kein Hagel verzeichnet wurde.

Von einigen Ausnahmen abgesehen, nimmt das Blattverlustprozent bei allen Baumarten von der Oberschicht über die Mittelschicht hin zur Unterschicht ab. In der Oberschicht - die im folgenden betrachtet werden soll - haben die Fichten in der Regel höhere Nadelverlustprozente als die Tannen; lediglich die Tannen auf den Partellen 2.4, 3.2 und 10.2 sind stärker geschädigt als die Fichten. Die Buchen haben meist deutlich niedrigere Blattverluste als Fichte und Tanne. Auf Partelle 1.1, auf der hochgelegenen Fläche 4 und auf der südexponierten Partelle 6.2 sind die Buchen jedoch in einem auffallend schlechten Zustand - sie sind hier stärker geschädigt als die Tannen und zumeist auch stärker als die Fichten.

Mit zunehmender Auflichtung steigt in der Regel auch das Blattverlustprozent an. Besonders drastisch wird einem diese Tatsache auf der oberen Flyschfläche vor Augen geführt: Während die Fichten und Tannen im dichten Bestand Nadelverlustprozente von 40 bzw. 31 aufweisen und damit durchaus im Rahmen der sonst vorkommenden Schädigungsgrade liegen, schnellt das Nadelverlustprozent auf der Partelle mit starkem Schirmhieb auf 84 bzw. 73% hoch. Auch auf anderen Versuchsfeldern ist beim Vergleich der Blattverlustprozente auf der unbehandelten Partelle und der stark aufgelichteten Partelle eine deutlich größere Schädigung der freigestellten Bäume festzustellen. So sind die Fichten auf der lichten Partelle 4.2 mit einem Nadelverlustprozent von 56 um 19 Prozentpunkte stärker entnadeln als auf der entsprechenden dichten Partelle. Auf der Nordfläche (5) beträgt die Differenz 12 Prozentpunkte: 49% auf Part. 5.2 gegenüber 37% auf Part. 5.0. Ebenfalls 12 Prozentpunkte Unterschied im Schädigungsgrad liegen zwischen den Tannen auf der aufgelichteten Partelle 2.2 (47%) und der Kontrollpartelle 2.0 (35%). Auf der unteren Flyschfläche 10.0 machen die Tannen im dichten Bestand mit einem Entnadelungsprozent von 29 einen wesentlich gesünderen Eindruck als die freigestellten Tannen auf Partelle 10.2 mit mit 58% Entnadelung. Auch an den Buchen ist dieser Freistellungseffekt zu erkennen.

Auch wenn man methodische Schwächen in der Schadansprache unterstellt (die Kronen von Bäumen auf den aufgelichteten Parzellen sind besser einsehbar und erscheinen durchsichtiger als die Kronen von vergleichbaren Bäumen im engen Bestandesschluß), so sind die Unterschiede zwischen dichtem und aufgelichtetem Bestand doch so groß, daß sie nicht allein in der Methode begründet liegen können. Vielmehr deuten diese beträchtlichen Unterschiede (z.B. auf den Flyschflächen) doch darauf hin, daß die freigestellten Bäume Luftschadstoffen stärker ausgesetzt sind als Bäume im dichten Bestand. Auch die geringeren Schädigungsgrade in der Mittel- und Unterschicht weisen in diese Richtung. Trotz der teilweise enormen Schädigungen ist bislang nicht erkennbar geworden, daß die Bäume darauf mit Zuwachsrückgängen reagiert haben. Einzig bei den Tannen ergaben sich Hinweise, daß sich das Entnadelungsprozent negativ auf den Zuwachs auswirkt (s. Kap. 3.35 und 3.36). Doch auch hier wird der Zuwachs weit stärker von der waldbaulichen Behandlung als vom Entnadelungsprozent bestimmt.

3.4 Konsequenzen aus den Versuchsergebnissen für die waldbauliche Behandlung von Bergmischwaldbeständen

Die Auswertung der Altbestandsaufnahmen auf den 25 Versuchspartellen hat klar erkennen lassen, wie sehr nahezu alle erhobenen Kenngrößen der Bestände von der waldbaulichen Behandlung bestimmt sind. Damit erhebt sich die Frage, ob und wie Bergmischwaldbestände waldbaulich beeinflußt werden sollen.

Für die Beantwortung dieser Frage ist die Kenntnis der waldbaulichen Handlungsspielräume sehr hilfreich. Die Altbestandsdynamik kann durch waldbauliche Eingriffe in zweifacher Weise gesteuert werden: Zum einen kann die Wahrscheinlichkeit von Ausfällen geändert und zum anderen der Zuwachs gelenkt werden.

Ausfälle sind im Lebenslauf eines Bestandes etwas ganz natürliches. In sehr dichten Beständen scheidet aufgrund von intraspezifischer Konkurrenz immer ein bestimmter Prozentsatz an Bäumen aus. Die Ausfälle sind fast ausschließlich auf die Bestandesglieder der Unter-

und Mittelschicht beschränkt. Diese Bäume haben irgendwann einmal den Anschluß an die Oberschicht nicht mehr halten können, sind zurück gefallen und durch den immer stärker werdenden Konkurrenzdruck an die Existenzgrenze gelangt. Zwar gibt es immer wieder Exemplare, die sehr lange Druckstandsphasen überstehen können - PREUHLER (1979) berichtet von eindrucksvollen Leistungen der von ihm analysierten Bäume (eine Fichte hatte 220 Jahre im Wartestand zugebracht, bei einer Tanne waren es 170 Jahre und bei einer Buche gar 255 Jahre - doch werden solche Leistungen nur von wenigen Unterständern erbracht, die das Glück hatten in Bestandesstrukturen aufzuwachsen, die ihnen ein Überleben ermöglichten. Keinesfalls ist es aber so wie manchmal angenommen wird (REININGER, 1987), daß Unterstandsbäume diese lange Druckstandsphase brauchen, um später schöne, dicke und alte Bäume zu werden. In den meisten Fällen wird sich großer Dichtstand so auswirken wie auf den Ruhpoldinger Versuchsflächen. Die Geschwindigkeit der soziologischen Umsetzungsprozesse nimmt von oben nach unten zu, wobei es zum Ausfall vieler unterständiger Bestandesglieder kommt.

Nun könnte man dieser Entwicklung bei den vorhandenen hohen Stammzahlen gelassen zusehen (vom Volumen her schlagen diese Ausfälle sowieso kaum zu Buche), wenn nicht eine Baumart besonders betroffen wäre, nämlich die Tanne. 18% der ehemals vorhandenen Tannen sind im Versuchszeitraum auf den Versuchsflächen abgegangen. In den dichten Beständen waren es sogar erheblich mehr (34% auf Parz. 1.0, 18% auf Parz. 3.0, 24% auf Parz. 4.0 und 29% auf Parz. 5.0). Es waren in erster Linie unterständige Tannen, die unter dem Dichtstand gelitten haben (das folgt schon daraus, daß das entsprechende Volumenausfallprozent immer sehr niedrig war, also viele schwache Exemplare ausgefallen sein müssen). In den dichten Beständen vollzieht sich demnach eine schleichende Entmischung: Die wertvollen Tannenunterständler, die in die nächste Bestandesgeneration übernommen werden sollten, verschwinden aus den Wäldern. Dies ist umso bedenklicher, als mit einem Tannennachwuchs aus der Verjüngung (s. Kap. 7) in absehbarer Zukunft nicht zu rechnen ist.

Den Prozessen ihren Lauf zu lassen bedeutet also den Verlust an Tannenunterständlern, eines Kapitals, das für die Erhaltung des Bergmischwaldes von größter Bedeutung ist. Aktive waldbauliche Ein-

griffe können - wie die Versuchsergebnisse erkennen lassen - zu einer Vitalisierung des Tannenunter- und Zwischenstandes führen und damit den drohenden Verlust dieser Bestandeglieder abwenden. Waldbauliche Eingriffe in dichten Beständen sind deshalb unbedingt erforderlich - und zwar unabhängig davon, ob der Bestand zur Verjüngung heransteht oder nicht.

Waldbauliche Eingriffe in lange Zeit dicht gehaltenen Altbeständen wirken sich zunächst einmal immer stabilitätsmindernd aus. Von daher sind vorsichtige Eingriffe angebracht. Schwache Schirmhiebe, die bis zu 30% der Grundfläche entnehmen und im wesentlichen in die Mittelschicht eingreifen, beeinträchtigen das Stützgefüge und damit die Statik der Bestände kaum. Stärkere Eingriffe, die auch Oberschichtbäume entfernen, gefährden die Stabilität dagegen sehr. So waren in den meisten Versuchsbeständen, in denen starke Schirmhiebe geführt worden waren, in der Folge Ausfälle durch Sturmwürfe eingetreten. Der Gesichtspunkt der Stabilität ist also auch in gemischten Bergwäldern, in denen die Bäume verhältnismäßig günstige Schlankheitsgrade haben, nicht zu vernachlässigen. Mit der Stärke des Eingriffs nimmt die Wahrscheinlichkeit von Sturmwürfen zu (s. hierzu auch THOMASIU, 1988 b). Das Ausfallgeschehen in den dichten Beständen sollte demnach so gesteuert werden, daß den Tannenunterständern zum Überleben verholfen und gleichzeitig die Stabilität der Bestände nicht gefährdet wird.

Die zweite Möglichkeit der waldbaulichen Einflußnahme stellt die **Lenkung des Zuwachses** dar. In dichten Beständen verteilt sich der Zuwachs auf eine große Anzahl von Bäumen. Durch eine Reduktion der Bestandeglieder kann der gleiche Zuwachs auf wesentlich weniger Bäume gelenkt werden. Dies führt zu einer einzelstammweisen Betrachtungsweise, wie sie von Vertretern der "Naturgemäßen Waldwirtschaft" seit langem gepflegt wird. Nicht der flächenbezogene Bestandeszuwachs allein, sondern auch der Zuwachs von Einzelbäumen gilt als Kriterium für die Waldbehandlung. Stärker als bei der konventionellen Waldwirtschaft wird der Einzelstamm als Produktionsmittel betrachtet.

In den dichten Beständen im Kalkalpin erreichen die Oberschichtbäume aufgrund der Standraumeinengung nur ein Drittel ihrer potentiellen

len Zuwachsleistung (s. Tab. 14). Ziel muß es sein, möglichst vielen Oberschichtbäumen die Möglichkeit zu geben, an der oberen Leistungsgrenze zu produzieren. Nur so sind in überschaubaren Zeiträumen starkholzreiche Bestände zu erzielen.

Selbst wenn der Wert des Zuwachses außer Betracht bleibt, ist bei der Ernte aufgrund des Stück/Masse-Gesetzes mit höheren Gewinnen zu rechnen (s. hierzu auch HUSS, 1987). Die konsequente Förderung von einzelnen Oberschichtbäumen hat das Arbeiten mit verhältnismäßig offenen Schirmen zur Folge (s. hierzu BURSCHEL und HUSS, 1987). Gerade dies birgt jedoch große Gefahren, wie die obigen Ausführungen zur Stabilität gezeigt haben. Nur ein vorsichtiges Hinarbeiten auf stammzahlärmere Bestände im Wege der Pflege kann das Windwurfrisiko begrenzen. Starke Eingriffe in vormals sehr dicht gehaltene Bestände, die offene Schirme mit einem einzigen Eingriff herstellen wollen, sind nicht zielführend. Ebenso sind stärkere Eingriffe in stammzahlärmeren Beständen (wie z.B. im Flysch), in denen die herrschenden Bäume bereits an der oberen Leistungsgrenze produzieren, immer mit erheblichen Zuwachseinbußen verbunden.

Voraussetzung für eine sinnvolle Einzelstammwirtschaft ist also die Kenntnis der oberen Leistungsgrenze der Bäume in einem bestimmten Alter. Daneben muß die maximal mögliche Anzahl von derartigen Leistungsträgern pro Flächeneinheit bekannt sein und eine zuverlässige Einschätzung der Stabilität von Einzelbäumen und Bestand vorliegen. Nur dann läßt sich durch waldbauliche Eingriffe der Zuwachs optimal auf die stärksten und wertvollsten Bestandeglieder, sowie auf die erhaltungswürdigen Glieder des Nebenbestandes lenken. Eine damit verbundene Förderung der Verjüngung kann an dieser Stelle noch außer Betracht bleiben. Sie wird in den Kapiteln 7 und 8 zur Sprache kommen.

4. DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE AUF DIE ÖKOLOGISCHEN FAKTOREN

Die waldbaulichen Eingriffe in die Altbestände haben den Überschirmungsgrad der einzelnen Parzellen teilweise ganz beträchtlich reduziert (s. Tab. 3). Damit verbunden war ein Wandel in den ökologischen Verhältnissen am Boden. Wie in Abb. 1 angedeutet, verändern sich mit dem Auflichtungsgrad die mikroklimatischen Faktoren und als Folge davon die Bodenfaktoren und die biotischen Faktoren. In welcher Weise diese drei Gruppen von Faktoren durch die Eingriffe in die Bergmischwaldaltbestände beeinflusst wurden, soll anhand einiger Beispiele in den folgenden Punkten (4.1-4.3) aufgezeigt werden.

4.1 Auflichtungsgrad und mikroklimatische Verhältnisse

4.1.1 Veränderungen in den mikroklimatischen Verhältnissen

Die mikroklimatischen Verhältnisse sind, wie aus der Zusammenstellung in Tab. 18 hervorgeht, ganz klar von der waldbaulichen Behandlung geprägt, die der Altbestand erfahren hat. Am Beispiel einer Kontrollparzelle (1.0), einer starken Schirmhiebparzelle (1.2), einer Lochhiebparzelle (2.4) und einer Kahlhiebparzelle (1.3) wird deutlich, daß mit der Zunahme der Auflichtung eine Veränderung der einzelnen mikroklimatischen Parameter einhergeht.

Die waldbaulichen Eingriffe verringern die Horizontalabschirmung durch den Altbestand, so daß vermehrt Sonnenenergie eingestrahlt werden kann; die Globalstrahlung am Boden nimmt daher mit der Auflichtung zu. Nach einem starken Schirmhieb beträgt die Energiemenge, die auf den Boden gelangt, etwa das 2,5 fache von dem, was in einen dichten Bestand eingestrahlt wird; durch einen Kahlhieb verzehnfacht sich diese Energiemenge.

Eine ähnliche Abstufung wie bei der Globalstrahlung kommt auch bei der relativen Beleuchtungsstärke zum Ausdruck. Die mittlere Lufttemperatur und die mittlere Luftfeuchte verändern sich dagegen mit abnehmender Bestockungsdichte kaum. Allerdings nehmen die mitt-

leren Tagesschwankungen dieser beiden Größen mit der Auflichtung ganz beträchtlich zu.

MIKROKLIMATISCHER PARAMETER	KEIN EINGRIFF (1.0)	STARKER SCHIRMHIEB (1.2)	LOCHHIEB* (2.4)	KAHLHIEB (1.3)
GLOBALSTRAHLUNG (J+H in KJ/cm ²) Summe Juni-Aug.77 (%)	10.7 (9.4)	26.0 (22.9)	---	113.3 (100)
RELATIVE BELEUCHTUNGSSTÄRKE (%) 1978	7.7	25.1	73.2	100
LUFTTEMPERATUR mittl. Lufttemperatur (Ta in °C) Juni-Aug.77 Juni-Aug.81 mittl. Tagesschwankung (ΔTa in °K) Juni-Aug.77 Juni-Aug.81	13.5 14.2 4.9 3.9	13.6 --- 5.9 ---	14.0 13.7 7.7 5.3	13.8 14.9 8.4 8.9
LUFTFEUCHTE mittl. Luftfeuchte (RH in %) Juni-Aug.77 Juni-Aug.81 mittl. Tagesschwankung (ΔRH in %) Juni-Aug.77 Juni-Aug.81	77 76 19 14	76 -- 20 --	76 77 19 16	76 78 27 30
NIEDERSCHLAG Regenmenge (mm) 17.5.77 - 11.10.77 1.6.81 - 5.10.81 mittl. Schneedeckenhöhe (cm) Winter 1978/79 Winter 1981/82 Dauer der Schneelage Tage mit einer Schneedecke > 1 cm Winter 1978/79 Winter 1981/82	715 599 22 45 97 165	800 --- 24 -- 102 ---	830 812 -- 90 125 186	950 887 27 72 122 186

* alle Werte gelten für die Lückenmitte

Tab. 18: Die mikroklimatischen Verhältnisse im Bergmischwald nach unterschiedlicher waldbaulicher Behandlung (nach Angaben von BERTHOLD, 1980; MAYER HE., 1979 und 1981; Mosandl, 1984)

Die waldbaulichen Eingriffe wirken sich auch auf die Niederschlagsverhältnisse aus. So fallen auf der starken Schirmhiebparzelle in der Vegetationsperiode etwa 100 mm Regen mehr auf den Boden als unter dichtem Schirm und auf den Lochhiebparzellen sind es sogar 200 mm mehr.

Auch die mittlere Schneedeckenhöhe nimmt mit der Auflichtung zu. In milden Wintern (1978/1979) ist die Zunahme weniger stark ausgeprägt als in extremen Wintern (1981/1982). Die höchsten mittleren Schneehöhen sind in der Mitte von Lücken anzutreffen; dies ist darauf zurückzuführen, daß hier der Abschmelzprozeß langsamer als auf der

Freifläche verläuft (MOSANDL, 1984). Die Zahl der Schneedeckentage nimmt mit der Auflichtung ebenfalls ganz beträchtlich zu; so sind die dicht überschirmten Parzellen in der Regel etwa einen Monat früher schneefrei als die Kahlhieb- und Lochhiebparzellen.

4.12 Die relative Beleuchtungsstärke als Indikator für die mikroklimatischen Verhältnisse

Die relative Beleuchtungsstärke gibt - unter der Voraussetzung, daß bei ihrer Erhebung bestimmte Regeln eingehalten wurden (s. MOSANDL, 1984) - nicht nur die Lichtverhältnisse in einem Waldbestand zu treffend wieder, sondern sie kann auch als Ausdruck für einen ganzen Komplex von weiteren Standortfaktoren gelten. Nahezu alle übrigen mikroklimatischen Parameter sind eng mit ihr korreliert (BRECHTEL, 1962; MOSANDL, 1984). Sie kann daher zur Charakterisierung der mikroklimatischen Verhältnisse herangezogen werden.

Daneben besteht ein straffer Zusammenhang zwischen der relativen Beleuchtungsstärke und dem Überschirmungsgrad. Die auf den Versuchsparzellen im Jahr 1978 über den 96 Naturverjüngungskreisen gemessenen Beleuchtungsstärken (HOHENADL, 1981), die noch den Ausgangszustand widerspiegeln, können in Abhängigkeit der zu Versuchsbeginn ermittelten Überschirmungsgrade (s. Tab. 3) dargestellt werden. Der Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen läßt sich erstaunlich gut mit einer Exponentialfunktion beschreiben (s. Abb. 18). Das hohe Bestimmtheitsmaß und mehr noch das optische Bild - die Werte der relativen Beleuchtungsstärke scheinen wie auf einer Perlenschnur aufgereiht - lassen es als vertretbar erscheinen, die Formel dazu zu benutzen, um Beleuchtungsstärkewerte in Überschirmungsgrade umzurechnen und umgekehrt (s. Tab. 3). Hinzu kommt, daß größere Abweichungen von der Regressionslinie erklärt werden können. Im Bereich niedriger Beleuchtungsstärken weicht lediglich die Beleuchtungsstärke der Parzelle 4.0 deutlich von der Regressionslinie ab. Die Parzelle 4.0 ist kleiner als die übrigen; deshalb wurden hier weniger Punkte für die Überschirmungsgradbestimmung herangezogen (vermutlich hat dies zu einer schlechteren Schätzung des Überschirmungsgrades geführt).

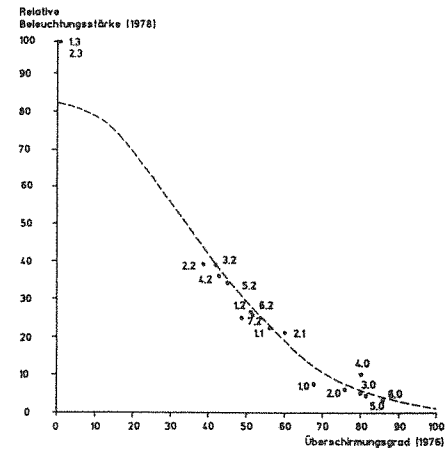


Abb. 18 : Der Zusammenhang zwischen der relativen Beleuchtungsstärke und dem Überschirmungsgrad
 $\ln y = 4.41 - 0.00042x^2$; $r^2 = 0,95$; $N = 17$

Eine weitere größere Abweichung von der Regressionslinie ist beim Überschirmungsgrad 0 zu verzeichnen. Hier ist die Beleuchtungsstärke nicht 100%, sondern nur 83%. Dies ist eine Eigenheit der aus lediglich 17 Werten errechneten Gleichung. Zwingt man die Regressionslinie durch mehrfache Wiederholung der Kahlflächenwerte durch den 100% Punkt, dann ergibt sich folgende Gleichung:

$$\ln y = 4.605 - 0.000456 x^2$$

Dies hat zur Folge, daß die Kurve im Bereich niedriger Überschirmungsgrade angehoben wird, im Bereich hoher Überschirmungsgrade jedoch weitgehend gleich bleibt. Die Werte der Parzellen mit einem Überschirmungsgrad um 40% passen dann allerdings nicht mehr ganz so gut ins Bild. Vielleicht ist dies aber auch ein Hinweis darauf, daß die zeitliche Differenz von zwei Vegetationsperioden zwischen der Erhebung des Überschirmungsgrades und der Messung der relativen Beleuchtungsstärke eine Rolle spielt. Nach den Ergebnissen der Altbestandsaufnahmen erscheint es jedenfalls nicht ausgeschlossen, daß im Bereich der stark aufgelichteten Parzellen die Bäume sofort heftig auf die Eingriffe reagiert haben und der Überschirmungsgrad in zwei Jahren etwas zugenommen bzw. die relative Beleuchtungsstärke etwas abgenommen hat.

Eines geht aus Abb. 18 jedoch klar hervor: Die relative Beleuchtungsstärke stellt ein brauchbares Maß für die Überschirmung dar. Besonders gut kann sie die Verhältnisse im Bereich von 0 bis etwa 70% Überschirmung charakterisieren. Hier ist die relative Beleuchtungsstärke proportional dem Überschirmungsgrad. Oberhalb von 70% Überschirmung geht die Proportionalität verloren; von da an führt eine Zunahme der Überschirmung nicht mehr in gleichem Maß zu einer Abnahme der relativen Beleuchtungsstärke. Im oberen Überschirmungsbereich kann die relative Beleuchtungsstärke nicht mehr ausreichend differenzieren.

Die relative Beleuchtungsstärke ist bekanntlich von der absoluten Beleuchtungsstärke auf der Freifläche (der sog. Außenhelligkeit) abhängig (MITSCHERLICH et al., 1967). Die in Abb. 18 wiedergegebene Kurve gilt für den Fall, daß die Außenhelligkeit etwa 10000 Lux beträgt. Bei höheren Außenhelligkeiten sinkt die relative Beleuchtungsstärke, die Kurve verlagert sich also nach unten. Der Einfluß der Außenhelligkeit konnte anhand der Meßergebnisse von 1312 Einzelmeßpunkten in die Formel miteinbezogen werden:

$$\ln RBS = 4.497 - 0.000403 \ddot{u}^2 *** - 0.00000908 AH***$$

$$r^2 = 0.91; F = 6541***$$

RBS = relative Beleuchtungsstärke in %

\ddot{u}^2 = Überschirmung in % (quadriert)

AH = Außenhelligkeit in Lux

4.13 Die Veränderungen der relativen Beleuchtungsstärke im Versuchszeitraum

Eine erneute Messung der relativen Beleuchtungsstärke zu Versuchsende sollte Aufschluß darüber geben, inwieweit sich die mikroklimatischen Verhältnisse auf den Parzellen im Versuchszeitraum verändert haben.

Dazu wurden im Jahr 1986 wiederum über den Meßpunkten der Naturverjüngungsprobekreise (auf dem Boden und 1.5 m über dem Boden) Beleuchtungsstärkemessungen mit einem Luxmeter der Firma METRAWATT GmbH Nürnberg durchgeführt. Mit einem zweiten Luxmeter wurde synchron zu den Messungen auf den überschilderten Parzellen die Außenhelligkeit auf naheliegenden Freiflächen bestimmt. Die Gleichzeitigkeit der Messungen war durch Sprechfunkkontakt der Meßpersonen gewährleistet. Es wurde grundsätzlich in den Mittagsstunden im Juli und August 1986 und zwar bei bewölktem Himmel bis 30000 Lux Außenhelligkeit gemessen.

*** signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0.1\%$

In Tab. 19 sind die zu Versuchsende im Jahr 1986 gemessenen Beleuchtungsstärken denen aus der Anfangszeit des Versuchs gegenübergestellt.

Waldbauliche Behandlung d. Altbestandes	Parzelle	Relative Beleuchtungsstärke in % 1978/1979% 1986		
		am Boden	in 1.50m	am Boden
Kein Eingriff	1.0	8.4	5.8	5.5
	2.0	6.4	6.0	5.6
	3.0	5.3	3.9	3.7
	4.0	10.0	9.3	9.1
	5.0	4.9	3.3	3.0
	6.0	4.2	3.9	3.7
	10.0	4.7*	5.0	4.4
	11.0	3.5*	7.4	6.6
Schwacher Schirmhieb	1.1	23.2	13.5	11.0
	2.1	22.5	15.0	13.7
Starker Schirmhieb	1.2	24.4	25.3	21.2
	2.2	39.5	29.5	21.1
	3.2	39.1	33.0	27.5
	4.2	35.8	32.3	30.6
	5.2	34.4	12.4	5.5
	6.2	28.7	34.1	21.0
	10.2	23.1*	21.6	16.4
	11.2	19.3*	28.4	20.1
Lochhieb	1.4	47.6	43.8	26.8
	2.4	43.5	39.7	21.1
Kahlhieb	1.3 (i.Z.)	100.0	47.7	22.9
	1.3 (a.Z.)	100.0	97.5	33.8
	2.3 (i.Z.)	100.0	67.2	29.7
	2.3 (a.Z.)	100.0	99.1	56.2

* aus dem Überschirmungsgrad geschätzte relative Beleuchtungsstärken der Flyschparzellen zu Versuchsbeginn 1979
i.Z.= im Zaun; a.Z.= außer Zaun

Tab. 19: Die relativen Beleuchtungsstärken auf den 25 Versuchspartellen zu verschiedenen Aufnahmezeitpunkten (alle Werte bezogen auf 20000 Lux Außenhelligkeit)

Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die relativen Beleuchtungsstärken beider Aufnahmezeitpunkte mit Hilfe obiger Formel auf 20000 Lux Außenhelligkeit bezogen. Dazu wurde zunächst der Überschirmungsgrad aus der gemessenen relativen Beleuchtungsstärke und der gemessenen Außenhelligkeit jeder Parzelle hergeleitet. Dann wurden dieser Überschirmungsgrad und 20000 Lux in die Gleichung eingesetzt und daraus ergab sich die korrigierte relative Beleuchtungsstärke.

In den Werten, die 1986 in 1.5 m Höhe gemessen wurden, kommt in der Regel die Überschirmung durch den Altbestand zum Ausdruck; in den auf dem Boden gemessenen Beleuchtungsstärken spiegelt sich dagegen sowohl die Überschirmung durch den Altbestand als auch die Überschirmung durch die Bodenvegetation wieder. Zu Versuchsbeginn waren

die Parzellen noch weitgehend frei von Bodenvegetation (s. Tab. 23). Die 1986 in 1.5 m Höhe gemessenen Beleuchtungsstärken können deshalb mit den zu Versuchsbeginn am Boden gemessenen Werten verglichen werden. Es zeigt sich, daß die relativen Beleuchtungsstärken auch 1986 noch deutlich von den waldbaulichen Eingriffen geprägt sind.

Ein im Juni 1986 auf der Hauptversuchsfläche aufgetretener Hagelsturm dürfte zu keinen größeren Kronenverlichtungen (s. Kap. 6.21) und damit zu keinem stärkeren Anstieg der relativen Beleuchtungsstärke geführt haben.

Auf den Kontrollparzellen liegen die Werte nach wie vor unter 10%; auf den Parzellen mit schwachem Schirmhieb betragen die Beleuchtungsstärken um 15%, auf den meisten Parzellen mit starkem Schirmhieb um 30% und auf den Lochhieben im Mittel um 40%. Auf den Kahlhiebparzellen ist außerhalb des Zaunes noch die volle Beleuchtungsstärke von nahezu 100% festzustellen; innerhalb des Zaunes hat eine gut entwickelte Naturverjüngung die relative Beleuchtungsstärke jedoch bereits wieder auf 50 - 70% sinken lassen.

Auf den meisten Parzellen ist die Beleuchtungsstärke im Versuchszeitraum zurückgegangen; der Kronenschirm der Altbäume ist demnach sowohl auf den meisten Kontrollparzellen als auch auf den meisten behandelten Parzellen in dieser Zeit dichter geworden. Besonders deutlich ist die Beleuchtungsstärke auf den beiden Parzellen mit schwachem Schirmhieb und auf den starken Schirmhiebparzellen 2.2 und 3.2 gesunken. Kaum zu glauben ist der Rückgang der Beleuchtungsstärke auf Parzelle 5.2 (von 34% auf 12%). Dennoch ist die enorme Differenz plausibel. Auf Parzelle 5.2 hat es keine Ausfälle durch Sturmwurf gegeben und die Zunahme des Volumens war hier von allen Beständen im Kalkalpin am höchsten. Innerhalb von nur 10 Jahren hat sich der Altbestand auf Parzelle 5.2 wieder so weit geschlossen, daß die Schirmstellung hier der eines schwachen Schirmhiebes gleichkommt.

Entgegen der allgemeinen Tendenz hat auf einigen Parzellen die Beleuchtungsstärke zugenommen. Deutlich heller geworden ist es auf Parzelle 6.2; hier konnte der Zuwachs die hohen, durch Sturmwurf eingetretenen Ausfälle nicht ausgleichen. Stark zugenommen hat die

Beleuchtungsstärke auch auf der oberen Flyschparzelle 11.2. Hier ist es 1986 viel heller als zu Versuchsbeginn, obwohl es zu keinen Ausfällen gekommen ist. Als einzige Erklärung bieten sich die gravierenden Waldschadenssymptome an, die Fichten und Tannen auf dieser Parzelle zeigen (s. auch Tab. 17). Die hohen Nadelverluste haben den Bestand verlichten lassen. Dafür spricht, daß auch auf der benachbarten Kontrollparzelle 11.0 diese starke Helligkeitszunahme zu beobachten ist.

Auf allen Parzellen nimmt die relative Beleuchtungsstärke von oben (1.5 m Höhe) nach unten (am Boden) ab. Dies ist auf die Abschattung durch die Bodenvegetation und die Naturverjüngung zurückzuführen. Sie haben sich im Versuchszeitraum dort am üppigsten entwickelt, wo die stärksten Auflichtungen stattgefunden haben. Infolgedessen ist die Reduktion der Beleuchtungsstärke durch Bodenvegetation und Naturverjüngung auf den Kahlhieben und Lochhieben am größten. Auch auf den meisten starken Schirmhiebparzellen (mit Ausnahme der hochgelegenen Parzelle 4.2) ist die Abschattung durch Bodenvegetation und Naturverjüngung noch deutlich ausgeprägt (besonders auf den Parzellen 6.2, 2.2 und 5.2). Kaum noch Lichtverluste von 1.5 m Höhe bis zum Boden sind auf den schwachen Schirmhiebparzellen und den Kontrollparzellen zu verzeichnen.

Infolge der im Versuchszeitraum eingetretenen Reaktion der Kronen der Altbestandsbäume und der Entwicklung der Bodenvegetation und Naturverjüngung herrschen zu Versuchsende 1986 am Boden der meisten Versuchspartellen gänzlich andere Überschirmungssituationen als zu Versuchsbeginn. Die mikroklimatischen Verhältnisse haben sich also in einer verhältnismäßig kurzen Zeitspanne gründlich verändert. Am Boden der Kahlhiebparzellen sind die Bedingungen nach 10 Jahren denen nach einem starken Schirmhieb zu Versuchsbeginn vergleichbar. Starke Schirmhiebe haben in der Regel zu Versuchsende am Boden mikroklimatische Verhältnisse wie etwa schwache Schirmhiebe nach dem Eingriff, und das Lichtklima schwacher Schirmhiebe ähnelt am Ende des Versuchszeitraumes schon wieder dem der Kontrollparzellen.

Auch die Kontrollparzellen sind mit einer Ausnahme (Parzelle 11.0) am Boden alle dunkler geworden. Naturverjüngungspflanzen, die am Ende des Versuchszeitraumes angekommen sind, mußten also auf nahezu

allen Parzellen unter ungünstigeren klimatischen Bedingungen aufgewachsen als die zu Versuchsbeginn angekommenen oder bereits vorhandenen Naturverjüngungspflanzen.

4.2 Auflichtungsgrad und Bodenfaktoren

Die Veränderung der mikroklimatischen Verhältnisse im Versuchszeitraum ist nicht ohne Auswirkung auf die Bodenfaktoren geblieben. Zwar liegen zu diesem Thema keine eigenen Untersuchungsergebnisse vor, doch kann man einer im Rahmen des Bergmischwaldprojektes angefertigten Diplomarbeit (SCHÖRRY, 1980) Hinweise entnehmen, daß die waldbaulichen Eingriffe in den Altbestand auch Umsetzungsprozesse im Auflagehumus ausgelöst haben. Wenn man die von SCHÖRRY (1980) vier Jahre nach Versuchsbeginn ermittelten Häufigkeiten von Humusformen als Flächenanteile auffaßt, dann ergibt sich das in Tab. 20 dargestellte Ergebnis: Unter dichtem Schirm (Parzelle 1.0) ist auf 59% der Fläche die Humusform Mull zu finden. Auf der Parzelle mit schwachem Schirmhieb (1.1) werden vier Jahre nach Versuchsbeginn 75% der Fläche von der Humusform Mull eingenommen und auf der starken Schirmhiebsparzelle sind es bereits 81%.

WALDBAULICHE BEHANDLUNG (Parzelle)	HUMUSFORM	
	typ. Mull und F-Mull	Moder und mull- artiger Moder
KEIN EINGRIFF (1.0)	59	41
SCHWACHER SCHIRMHIEB (1.1)	75	25
STARKER SCHIRMHIEB (1.2)	81	19

Tab. 20: Der Flächenanteil (%) der Humusformen Mull und Moder auf den verschieden überschirmten Versuchspartellen vier Jahre nach dem Ein-
(n. SCHÖRRY, 1980)

Zu Versuchsbeginn hat der Humuszustand auf den aufgelichteten Parzellen sicherlich dem der Kontrollparzelle 1.0 entsprochen. Der höhere Anteil der Humusform Mull hat sich demnach erst in den vier Versuchsjahren nach den Hieben herausgebildet. Als Erklärung dafür bietet sich an: Infolge verstärkter Einstrahlung kam es auf den aufgelichteten Parzellen zu einer erhöhten Mineralisierung des Auf-

lagehumus. Dadurch wurde an vielen Stellen die Humusform Moder in die Humusform Mull überführt. Genau dies kommt in der Zunahme der Humusform Mull bzw. in der Abnahme der Humusform Moder mit zunehmender Auflichtung zum Ausdruck. Somit dürfte der Pfeil in Abb. 1, der von den mikroklimatischen Verhältnissen auf die Bodenfaktoren weist, seine Berechtigung haben.

4.3 Auflichtungsgrad und biotische Faktoren

Als Beleg für die Auswirkung der mikroklimatischen Verhältnisse auf die biotischen Faktoren (s. Abb. 1) seien Ergebnisse von zwei im Rahmen des Bergmischwaldprojektes erschienenen Veröffentlichungen aufgeführt:

- BÄUMLER und HOHENADL (1980) fanden eine interessante Beziehung zwischen dem Auflichtungsgrad des Altbestandes und der Mäusedichte. Mit zunehmender Auflichtung verbessern sich die Lebensbedingungen für die Mäuse: Wärme und Bodenvegetation nehmen zu. Die v.a. aus Rötel- und Gelbhalsmäusen bestehende Population ist demzufolge auf den stärker aufgelichteten Parzellen zahlreicher vertreten als auf den dicht überschirmten Parzellen (s. Abb. 19).

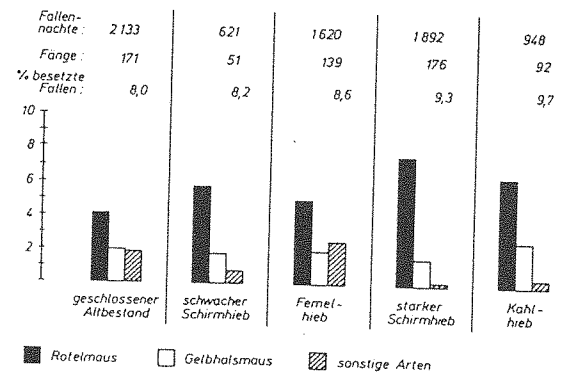


Abb. 19: Die Abhängigkeit der Mäusedichte vom Auflichtungsgrad des Waldes (aus BÄUMLER, 1981, ver.)

- MOSANDL und AAS (1986) konnten zeigen, daß Pilze (in erster Linie *Cylindrocarpon destructans*) als Schadfaktoren an Keimlingen unter dichtem Schirm an Bedeutung gewinnen. Besonders stark unter Pilzschäden litten Tannenkeimlinge; unter dichtem Schirm fielen von allen aufgelaufenen Tannen bereits im Keimjahr 42% durch Pilzinfektionen wieder aus (s. Abb. 20). Unter aufgelockertem Schirm waren nur bei 8% der aufgelaufenen Keimlinge Pilze am Absterbeprozess beteiligt. Ähnlich - wenn auch nicht ganz so ausgeprägt - waren die Verhältnisse bei Buchenkeimlingen: Auch die Buchen litten unter dichtem Schirm stärker unter Pilzen als unter aufgelockertem Schirm. Dagegen schien die Überschirmung keinen Einfluß auf den Pilzbefall der Fichten- und Ahornkeimlinge zu haben. Zumindest für Tanne und Buche gilt also: Die Widerstandskraft gegenüber Pilzinfektionen nimmt mit steigender Überschirmung ab. Dies bedeutet gleichzeitig, daß die Lebensbedingungen für Pilze günstiger werden.

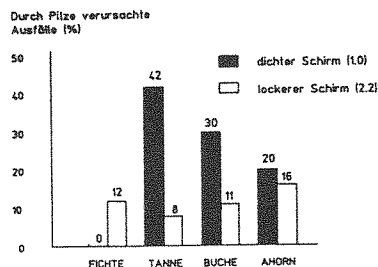


Abb. 20 : Durch Pilze verursachte Ausfälle an Keimlingen auf einer dicht und einer locker überschrönten Parzelle (nach MOSANDL und AAS, 1986)

5. DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE AUF DIE BODENVEGETATION

5.1 Die Bodenvegetation als Untersuchungsgegenstand im Forschungsprojekt Bergmischwald

In forstwissenschaftlichen Untersuchungen wird die Bodenvegetation meist unter zwei Gesichtspunkten betrachtet: zum einen als Konkurrenz zu den Forstpflanzen (was früher häufig mit der ökologisch fragwürdigen Bezeichnung "Unkraut" belegt wurde) und zum anderen als Weiser für die Standortseigenschaften. Beiden forstüblichen Blickwinkeln ist gemeinsam, daß sie der Bodenvegetation immer nur in Beziehung zu den forstlichen Tatbeständen Bedeutung beimessen und damit nicht unverzerrt sein können.

Im Forschungsprojekt "Bergmischwald" wurde zumindest ansatzweise versucht, der eigenständigen Rolle der Bodenvegetation gerecht zu werden. Sie wurde als eigener interessanter Untersuchungsgegenstand neben die anderen drei Produzenten im Ökosystem Bergmischwald - Altbestand, Naturverjüngung und Kunstverjüngung - gestellt (s. Abb. 1).

Zwei Diplomarbeiten waren bislang ausschließlich der Entwicklung der Bodenvegetation auf den Bergmischwaldversuchsflächen gewidmet: UEBELHÖR (1979) wertete zwei pflanzensoziologische Aufnahmen der Bodenvegetation aus -eine Aufnahme wurde von FELDNER und HOHENADL im August 1977 vorgenommen und eine zweite von FELDNER und UEBELHÖR im September 1978; darüberhinaus bestimmte UEBELHÖR (1979) das Trockengewicht und den Nährstoffgehalt der Bodenvegetation im Jahr 1978. KOTRU (1985) wiederholte im August 1984 die pflanzensoziologische Aufnahme auf acht Parzellen des Hauptversuches (ohne Lochhiebparzellen) und ermittelte hier ebenfalls das Trockengewicht der Bodenvegetation.

In zwei weiteren Arbeiten wurde der Bodenvegetation ein breiter Raum gewidmet: GROSSE (1983) befaßte sich in der Vegetationsperiode 1981 mit dem Einfluß der gepflanzten Bäume auf die Bodenvegetation (Hauptversuch ohne Lochhiebparzellen) und MOSANDL (1984) untersuchte ebenfalls im Jahr 1981 die Entwicklung der Bodenvegetation auf den Lochhiebparzellen.

Zu Versuchsende 1986 wurde die Bodenvegetation erneut aufgenommen. Im einzelnen wurden folgende Erhebungen durchgeführt:

- Im August 1986 erfolgte durch KOTRU und MOSANDL eine pflanzensoziologische Aufnahme auf allen 25 Versuchspartzen (ganzflächige Vegetationsansprache nach der Methode von BRAUN-BLANQUET)
- Anfang September 1986 wurden auf jeder Parzelle der Hauptversuchsfläche ein Viertel aller 1 qm großen Naturverjüngungsprobestreife (24 von 96 Kreisen bzw. 14 von 52 Kreisen, s. Abb. 4 und 5) abgeerntet. Zuvor waren auf jedem Probestreife die Arten, die Bedeckung durch Bodenvegetation und Naturverjüngung sowie die Höhe der höchsten* Bodenvegetationspflanzen in jedem Quadranten eines Probestreifes (d.h. vier Höhen pro Probestreife) bestimmt worden. Erst danach wurde die Biomasse der Probestreife abgeerntet und zwar die Bodenvegetation ohne Naturverjüngung getrennt von den Forstpflanzen (s. Kap. 7). Gesondert erfaßt wurden dabei zwei besonders auffällige Arten - die Himbeere und der Wasserdost. Desweiteren wurden zwei weitere Kollektive gebildet: Gräser sowie Kräuter einschließlich aller übrigen Bodenvegetation.

Das die abgeernteten Probestreife beschreibende Zahlenmaterial (ohne das der Lochhiebparzellen) wurde varianzanalytisch ausgewertet. Zugrundegelegt wurde ein Split-plot-design (s. van LAAR, 1979 und 1980). Die acht Parzellen des Hauptversuches wurden dazu zwei Blöcke (= Wiederholungen) zugewiesen - einem Unterhangblock (Parz. 1.1-1.3) und einem Oberhangblock (Parz. 2.1-2.3). Die vier Überstufungsstufen (Kontrolle, schwacher Schirmhieb, starker Schirmhieb und Kahlhieb) gingen als Hauptflächen (Faktor A) in die Berechnung ein. Als Teilflächen (Faktor B) wurden die drei Teilparzellen (im Zaun, außer Zaun sowie bodenbearbeitet, s. Abb. 4) aufgefaßt. Die Einzelwerte von jeweils acht Probestreifen ergaben den in der Varianzanalyse verwendeten Mittelwert einer jeden Teilparzelle. Gerechnet wurden jeweils zwei Varianzanalysen; in die eine ging die Zäunung, in die andere die Bodenbearbeitung als Faktor B ein, wobei jedesmal gegen die unbearbeitete Teilparzelle im Zaun getestet wurde. Mittelwertunterschiede wurden mit dem "neuen multiplen Spannweitestest" nach DUNCAN auf Signifikanz überprüft.

Neben den im Jahr 1986 erhobenen Daten der Bodenvegetation, lagen aus den 10 Versuchsjahren Deckungsgradschätzungen der Bodenvegetation vor. Diese Deckungsgradschätzungen waren auf allen 1 m² großen Naturverjüngungsprobestreifen (s. Abb. 4) vorgenommen worden und zwar immer dann, wenn auch die Naturverjüngung erfaßt wurde. Anhand

* gemessen wurde das höchste Assimilationsorgan, Blütenstände blieben unberücksichtigt

dieser Schätzungen kann die Entwicklung der Bodenvegetation im Versuchszeitraum auf den einzelnen Versuchspartzen aufgezeigt werden.

Geschätzt wurde auf jedem Probestreife die Einfachüberdeckung des Bodens durch Vegetation in 5%-Stufen. Der Probestreife war dabei durch einen aufgelegten 1 m² großen Eisenring abgegrenzt. Die Unterteilung des Eisenringes in vier Quadranten erleichterte die Schätzung und verbesserte die Schätzgenauigkeit erheblich.

5.2 Ergebnisse der Bodenvegetationserhebungen

5.2.1 Die pflanzensoziologische Einordnung der Versuchspartzen

Die Versuchspartzen liegen in den Chiemgauer Alpen. Dieses Gebiet ist pflanzensoziologisch sehr gut bearbeitet (MAYER, 1963 und 1974). Die Leitgesellschaft in der montanen Stufe der Chiemgauer Alpen ist danach der Fichten-Tannen-Buchenwald (Abieti-Fagetum). Bei diesem Bergmischwald handelt es sich um eine höhenzonale Abwandlung des Buchenwaldes der tieferen Lagen (ELLENBERG, 1982). Charakteristisch ist die mehr oder minder starke Beteiligung der Tanne am Aufbau der Buchenwälder (s. hierzu ELLENBERG und KLÖTZLI, 1972). Es treten montane und subalpine Pflanzenarten auf, die in den tiefergelegenen Buchenwäldern fehlen. Es findet eine Durchmischung von Laubwald- und Nadelwaldcharakterarten statt (MAYER, 1974). Dies kommt auch in den 1986 vorgenommenen pflanzensoziologischen Aufnahmen der 25 Versuchspartzen zum Ausdruck (s. Tab. 47 im Anhang). So sind regelmäßig folgende Charakterarten der Klasse Querco-Fagetea (QF), der Ordnung der Fagetalia (Fag) und des Fagion-Verbandes (F) vertreten:

Acer pseudoplatanus (Fag), *Abies alba* (F), *Brachypodium silvaticum* (QF), *Carex silvatica* (Fag), *Epilobium montanum* (Fag), *Fagus silvatica* (F), *Galium rotundifolium* (F), *Lysimachia nemorum* (Fag), *Mycelis muralis* (QF), *Prenanthes purpurea* (F), *Sanicula europaea* (Fag), *Viola reichenbachiana* (Fag).

Auf den Partzen im Kalkalpin sind darüber hinaus stets noch weitere Laubwaldarten vorhanden:

Anemone nemorosa (QF), Carex digitata (QF), Daphne mezereum (Fag), Dentaria enneaphyllos (F), Dryopteris felix mas (Fag), Fraxinus excelsior (Fag), Lamiastum galeobdolon (Fag), Mercurialis perennis (Fag), Paris quadrifolia (Fag), Phyteuma spicatum (Fag), Polystichum lobatum (F).

Auf allen Versuchspartzen sind Nadelwald-Charakterarten zu finden: Calamagrostis varia (Erico-Pinion), Blechnum spicant (Vaccinio-Piceion), Picea abies (Vaccinio-Piceion).

Auch einige subalpine und montane Begleitpflanzen (s. ELLENBERG und KLÖTZLI, 1972) sind stets vertreten: Adenostyles glabra, Polygonatum verticillatum und Senecio fuchsii.

Überall kommen auch folgende Arten vor: Ajuga reptans, Athyrium filix-femina, Carex alba, Fragaria vesca, Hieracium silvaticum, Oxalis acetosella, Poa nemoralis, Ranunculus nemorosus, Rubus idaeus, Rubus fruticosus, Sorbus aucuparia, Solidago virgaurea, Salix caprea, Taraxacum officinale.

Auf den kalkalpinen Partzen sind darüber hinaus stets beteiligt: Carex flacca, Eupatorium cannabinum und Galium molugo.

Trotz der vielen gemeinsamen Arten, die die Zugehörigkeit zur Gesellschaft der Fichten-Tannen-Buchenwälder belegen, kann man aufgrund der weiteren vorkommenden Arten die Versuchsflächen noch feiner pflanzensoziologisch differenzieren. Schon die grobe Einordnung der Versuchspartzen in ein Ökogramm (s. Abb. 21) macht deutlich, daß die Versuchspartzen unterschiedlichen Assoziationen (im engeren Sinn) angehören.

Für die Erstellung des Ökogramms in Abb. 21 wurden aus der 1986 vorgenommenen pflanzensoziologischen Aufnahme die mittleren ökologischen Zeigerwerte der Feuchte und der Acidität nach ELLENBERG (1982) für jede Partze berechnet. Dabei wurde die nach BRAUN-BLANQUET geschätzte Menge einer Art folgendermaßen berücksichtigt:

Gewichtung mit dem Faktor:

Artenmächtigkeit r = selten	1
" + = spärlich, Bedeckung gering	2
" 1 = weniger als 5% der Fläche deckend	3
" 2 = 5-25% der Fläche deckend	4
" 3 = 25-50% der Fläche deckend	5
" 4 = 50-75% der Fläche deckend	6
" 5 = mehr als 75% der Fläche deckend	7

Jede Art, für die eine Feuchte- bzw. Aciditätszahl existierte, ging mit einer ihrer Menge entsprechenden Gewichtung in den Mittelwert ein. Mit Hilfe der mittleren Feuchte- und Aciditätszahl konnte jeder Versuchspartze ein Punkt im Ökosystem zugewiesen werden. In das Ökogramm wurden außerdem die von MAYER (1974) für die Randalpen angegebenen Waldgesellschaften eingetragen, um eine ungefähre Einordnung der Versuchspartzen zu ermöglichen.

Bei der Berechnung der mittleren Zeigerwerte fiel auf, daß die mittlere Feuchtezahl nur eine sehr geringe Standardabweichung von 0.7 bis 1.1 aufwies; die mittlere Reaktionszahl hatte dagegen eine Standardabweichung, die mit Werten zwischen 1.5 und 2.1 meist doppelt so hoch wie die der Feuchtezahl war.

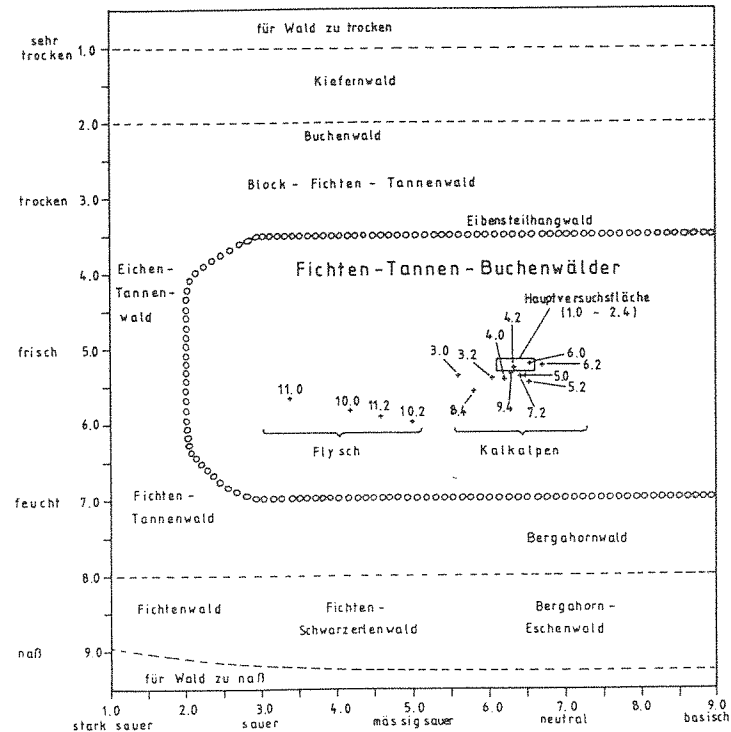


Abb. 21: Ökogramm der Waldgesellschaften der 25 Versuchspartzen (Waldgesellschaftskomplex nach MAYER, 1974; Zeigerwerte nach ELLENBERG, 1982)

Die meisten Versuchspartzen liegen auf Böden, die aus Hauptdolomit oder Hauptdolomithangschutt hervorgegangen sind. Dies äußert sich in der mittleren Reaktionszahl. So hat die Hauptversuchsfläche (10 Partzen) eine mittlere Reaktionszahl von 6.4 (Feuchtezahl 5.2), die den stärker basischen Charakter des Standortes zum Ausdruck bringt. Die Hauptversuchsfläche, sowie die vegetationskundlich ähnlichen Partzen 6.0, 6.2 und 7.2 zeichnen sich durch das reichliche Auftreten von *Carex alba* und *Calamagrostis varia* aus. Ferner sind hier stets vorhanden: *Aposeris foetida* (Fag), *Hepatica nobilis* (QF), *Melica nutans* (QF), *Sorbus aria* und *Valeriana tripteris*. Diese Partzen können dem **Adenostylo glabrae-Abieti-Fagetum caricetosum albae** zugeordnet werden (s. auch Tab. 1). Die Hauptversuchsfläche ist darüber hinaus noch durch zwei Arten gekennzeichnet, die die Nähe zum Eibensteilhangwald belegen: *Taxus baccata* und *Cephalanthera rubra*. Auch *Carex pilulifera*, *Hypericum hirsutum* und *Euphorbia amygdaloides* kommen ausschließlich hier vor. Die Partze 7.2 fällt durch das reichliche Vorkommen von *Sesleria varia* auf und die südlich exponierten Partzen 6.0 und 6.2 sind besonders arm an Moosen und Farnen.

Die hochmontan gelegenen Partzen 4.0, 4.2, 8.4 und 9.4 zeichnen sich vor allem durch das Fehlen von Arten aus, die auf den tiefer gelegenen Partzen vorkommen. Es fehlen die Fagetalia-Charakterarten *Salvia glutinosa* und *Neottia nidus-avis*, außerdem *Cirsium arvense*, *Clematis vitalba* und *Oreganum vulgare*. Dafür treten hochmontane Arten und Arten der Hochstaudenfluren wie *Adenostyles alliariae*, *Alchemilla vulgaris*, *Campanula scheuchzerii*, *Luzula silvatica*, *Homogyne alpina*, *Saxifraga rotundifolia*, *Soldanella montana*, *Valeriana montana* und *Viola biflora* auf. *Carex alba* tritt zurück und wird auf den Partzen 4.0, 4.2 und 9.4 durch Gruppen und Horste von *Carex ferruginea* abgelöst. Diese drei Partzen können deshalb dem **Adenostylo glabrae-Abieti-Fagetum caricetosum ferrugineae** zugeordnet werden.

Auf der Partze 8.4 fehlt *Carex ferruginea*. Sie bietet durch das gehäufte Auftreten von *Adenostyles alliariae*, *Luzula silvatica* und *Viola biflora* den typischen Aspekt einer Hochstaudengesellschaft. Nur hier wurden *Cardamine flexuosa*, *Epipogium aphyllum* (Vaccinio-Piceion), *Scrophularia nodosa* und *Veronica montana* gefunden. Folgt

man MAYER (1974), dann wird man diese, durch eine deutlich niedrigere Reaktionszahl und eine höhere Feuchtezahl (s. Abb. 21) ausgewiesene Gesellschaft zum Abietetum stellen und sie als **Oxali-Abietetum luzuletosum sylvaticae** bezeichnen.

Der Standort der tiefer gelegenen Partzen 3.0 und 3.2 ist etwas frischer als der der Hauptversuchsfläche (s. Abb. 21). Auffällig ist, daß hier (und auf der Nordfläche) einige Arten fehlen, die sonst auf allen kalkalpinen Partzen vorkommen, wie etwa *Gentiana asclepiadea*, *Melica nutans* (QF), *Polygala chamaebuxus* (Erico-Pinion), *Veronica urticifolia* (F) und *Valeriana tripteris*. Die größere Nähe zu den Weidenauen kommt auf der tiefmontanen Fläche durch das Auftreten von *Salix alba* zum Ausdruck. Auch *Berberis vulgaris*, *Doronicum grandiflorum*, *Euphrasia rostkoviana* (Art der Grünlandgesellschaften) und *Populus tremula* finden sich nur hier. Dem etwas frischeren Charakter des Standortes wird am ehesten die Einordnung als **Adenostylo glabrae-Abieti-Fagetum typicum** gerecht.

Die Nordfläche (Partz. 5.0/5.2) ist ebenfalls etwas frischer als die Hauptversuchsfläche (s. Abb. 21). Ihr fehlen dieselben Arten wie der Fläche 3 und zudem noch *Vaccinium myrthillus*, das auf allen übrigen 23 Partzen vertreten ist. Der feuchtere Standort kommt in folgenden Arten zum Ausdruck: *Carex pendula* (Fag), *Festuca gigantea* (Fag) und *Symphytum tuberosum* (Fag). Außerdem treten einige Arten ausschließlich hier auf: *Cardus crispus*, *Circaea lutetiana* (Fag), *Geum urbanum* (QF) und *Hetera helix* (QF). Bezeichnend ist auch das massive Vorkommen von *Clematis vitalba*. Das andersartige geologische Ausgangsmaterial auf dieser Fläche (Jungmoräne über Hauptdolomit) findet demnach in der geänderten Vegetationszusammensetzung seinen Niederschlag. Nicht mehr dem **Adenostylo glabrae-Abieti-Fagetum**, sondern dem **Galio odorati-Abieti-Fagetum** und zwar der Subassoziation **-caricetosum pendulae** ist diese Waldgesellschaft zuzurechnen.

Pflanzensoziologisch stark abgehoben von den übrigen Versuchspartzen sind die im Flysch gelegenen Partzen. Im Ökogramm der Abb. 21 sind die Partzen im mäßig sauren bis sauren Bereich angesiedelt. Auch sind sie deutlich feuchter als die meisten Partzen im Kalkalpin. Auch das Artenmosaik ist sehr viel ärmer. Säurezeiger

wie *Blechnum spicant*, *Luzula silvatica* (*sieberi*) und *Vaccinium myrthillus* treten horst- bis herdenweise auf. Charakteristisch sind auch die verhältnismäßig hohen Deckungsgrade von *Dryopteris carthusiana*, *Oxalis acetosella*, *Picea abies*, *Polytrichum formosum*, *Rubus fruticosus* und *Thelypteris limbosperma*. Als Waldgesellschaft kommt damit nur das *Luzulo-Abieti-Fagetum luzuletosum sylvaticae* in Frage.

Die hier vorgenommene pflanzensoziologische Einordnung der 25 Versuchsparzellen weist die waldbaulich unterschiedlich behandelten Parzellen einer Versuchsfläche der gleichen Waldgesellschaft zu. Das heißt, daß die waldbaulichen Eingriffe keine Änderung der Assoziation oder auch nur der Subassoziation bewirken konnten. Dies spricht für die Stabilität des pflanzensoziologischen Systems. Allerdings konnten die waldbaulichen Eingriffe die Sicherheit der Ansprache der Waldgesellschaft erhöhen. Die Vegetationsentwicklung war in den Anfangsjahren des Versuches auf vielen Parzellen noch nicht sehr weit fortgeschritten (vgl. UEBELHÖR, 1979) und ist es auch heute auf den dunklen Versuchsparzellen noch nicht; dies hat zur Folge, daß für die Ansprache der Waldgesellschaft nur wenige Arten zur Verfügung standen und die Ansprache hier mit einer größeren Unsicherheit behaftet war als auf den aufgelichteten Parzellen.

Obwohl die waldbaulich unterschiedlich behandelten Parzellen einer Versuchsfläche der gleichen Waldgesellschaft zugerechnet werden, bedeutet dies nicht, daß die Arten der Bodenvegetation dieser Parzellen auch identisch sind. Vielmehr sind Arten und Artenmächtigkeit sehr wohl nach dem Auflichtungsgrad differenziert. Dies kommt auch im Ökogramm der Abb. 21 zum Ausdruck. Auf den aufgelichteten Parzellen finden sich Arten ein, die eine höhere Feuchtezahl haben, so daß die mittlere Feuchtezahl zumeist geringfügig zunimmt. Die Ausnahme auf der hochgelegenen Fläche 4 belegt wieder einmal mehr den unterschiedlichen Standort der beiden Parzellen (4.0 in feuchter Muldenlage, 4.2 auf trockener Rippe).

Mit der Auflichtung nehmen auch die Arten zu, die eine höhere Reaktionszahl haben; infolgedessen verschiebt sich die mittlere Reaktionszahl teilweise ganz beträchtlich in den stärker basischen Bereich. Diese Erscheinung ist im Flysch (Parzellen 10.0-11.2) beson-

ders deutlich ausgeprägt. Doch auch im Kalkalpin ergibt sich diese Verschiebung (Versuchsflächen 3, 4, 5 und 6, s. Abb. 21; Hauptversuch s. Tab. 21). Dies ist darauf zurückzuführen, daß der unter dichtem Schirm vorhandene Sauerhumus infolge der Auflichtung mineralisiert wird. Dadurch werden den obersten Zentimetern des Bodens, dort, wo die meisten Kräuter wurzeln, Basen zugeführt (s. ELLENBERG, 1982). Dies gibt auch stärker basisch getönten Pflanzen die Möglichkeit sich anzusiedeln.

Waldbaulicher Eingriff	kein Eingriff .0	schwacher Schirmhieb .1	starker Schirmhieb .2	Lochhieb .4	Kahlhieb .3
UNTERHANG (1.)	6.3	6.4	6.5	6.6	6.1
OBERHANG (2.)	6.4	6.4	6.5	6.5	6.3

Tab. 21: Mittlere Reaktionszahlen nach ELLENBERG auf der Hauptversuchsfläche (berechnet aus den pflanzensoziologischen Aufnahmen 1986)

Auf den beiden Kahlhieben sinkt die Reaktionszahl allerdings unter das Niveau der Kontrollparzellen (s. Tab. 21). Auch diese Erscheinung findet eine Erklärung, wenn man die Pflanzensukzession auf diesen Flächen betrachtet. In der ersten Vegetationsperiode nach dem Hieb (1977, pflanzensoziologische Aufnahme durch FELDNER und HOHENADL) beträgt die Reaktionszahl auf der Parzelle 1.3 noch 6,6 (im Vergleich zu Parzelle 1.0: 6,2). Auch auf der Kahlhiebparzelle ist es demnach zu Mineralisierungsprozessen und zu einem Ansteigen der Reaktionszahl gekommen. Im Versuchszeitraum ist die Reaktionszahl dann allerdings wieder deutlich zurückgegangen - auf einen Wert von 6,1 im Jahr 1986. Das liegt daran, daß Pflanzenarten mit einer hohen Reaktionszahl durch Arten ohne Reaktionszahl zurückgedrängt wurden. So ist *Carex alba* (Reaktionszahl R=8) am Ende des Versuchszeitraumes nur noch spärlich vorhanden, während *Rubus idaeus* und *Acer pseudoplatanus* (beide ohne Reaktionszahl) sich ausgebreitet haben (s. Abb. 22). *Atropa belladonna* (R=8) erreicht nach 10 Versuchsjahren wieder ihr Ausgangsniveau, nachdem sie die ersten Jahre nach dem Hieb auf den Flächen dominierte (heute beherrscht *Atropa belladonna* mit Deckungsgraden zwischen 25 und 50% das Bild auf den Parzellen 3.2 und 5.2). Zwar hat auf der Kahlhiebparzelle auch *Calamagrostis varia* (R=8) zugenommen (Abb.22), doch wird dies durch das Verschwinden einer ganzen Reihe von Arten mit einer ebenfalls verhältnismäßig hohen Reaktionszahl von 7 kompensiert, wie

z.B. *Neottia nidus avis*, *Dentaria enneaphyllos* und *Paris quadrifolia*. Diese Arten haben eine niedrige Lichtzahl und sind auf der Kahlfläche nicht konkurrenzfähig. Erstaunlich ist, daß auch *Valeriana tripteris* (R=8) trotz einer hohen Lichtzahl (L=7) auf den Kahlflächen verschwindet. Neu hinzu kommen Arten mit einer hohen Lichtzahl (L=7) und einer niedrigen Reaktionszahl, wie z.B. *Agrostis tenuis* (R=3) und *Prunella vulgaris* (R=4). Auch *Stellaria nemorum* (R=5) und *Polypodium vulgare* (R=2) sind zu Versuchsende nur auf den Kahlhiebparzellen zu finden. Daneben tauchen weitere Arten ohne Reaktionszahl auf, wie z.B. *Trifolium pratense*, *Urtica dioica* und *Veronica chamaedrys*, und drängen Arten mit hoher Reaktionszahl zurück.

Insgesamt wird verständlich, warum die mittlere Reaktionszahl auf den Kahlhiebparzellen nach anfänglichem Steigen wieder absinkt.

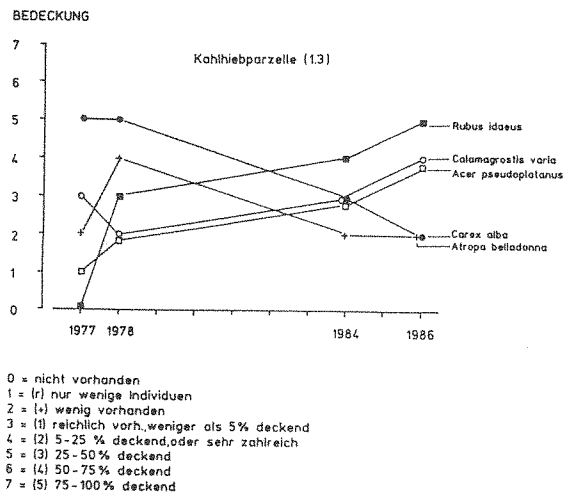


Abb. 22: Die Sukzession einiger dominierender Pflanzenarten auf der Kahlhiebparzelle 1.3.

5.22 Die Artenzahl

In Abb. 23 sind die zu verschiedenen Aufnahmezeitpunkten auf den 25 Versuchspartellen angetroffenen Artenzahlen aufgeführt. Auf nahezu allen Partellen hat die Artenzahl im Versuchszeitraum zugenommen; selbst auf den Kontrollpartellen, mit Ausnahme der Parzelle 6.0, sind überall etwa 10 neue Arten hinzugekommen. Das mag sicherlich zum Teil daran liegen, daß die Aufnahmeintensität im letzten Versuchsjahr 1986 besonders hoch war und so Arten gefunden wurden, die vorher übersehen wurden; trotzdem kann dies allein als Erklärung nicht ausreichen. Es müssen entweder im Versuchszeitraum zumindest zeitweise Überschirmungsverhältnisse vorgelegen haben, die es neuen Arten ermöglicht haben Fuß zu fassen oder es konnten Arten von den benachbarten Schirmhiebparzellen unter den dichten Altbestandschirm einwandern. Auf den Partellen mit waldbaulichen Eingriffen haben sich die Artenzahlen seit der Aufnahme in der ersten Vegetationsperiode nach dem Hieb in etwa verdoppelt, wobei zu bedenken ist, daß vielfach bereits in der ersten Vegetationsperiode eine deutliche Erhöhung der Artenzahl infolge des Hiebes eingetreten war.

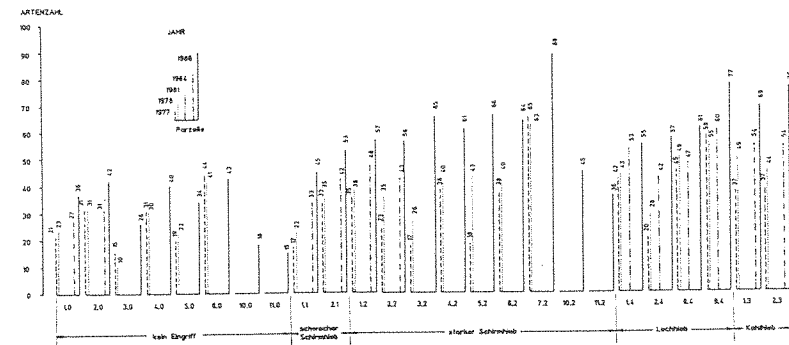


Abb. 23: Die Artenzahlen in der Krautschicht (ohne Bäume und Sträucher) auf den 25 Versuchspartellen zu verschiedenen Aufnahmezeitpunkten

Aufnahme 1977: FELDNER und HOHENADL
 Aufnahme 1978: FELDNER und UEBELHÖR
 Aufnahme 1984: MOSANDL
 Aufnahme 1986: KOTRU und MOSANDL

Die Zunahme der Artenzahl fiel nur dort geringer aus, wo die Bestände bereits zu Versuchsbeginn etwas lichter standen und die Ar-

tenzahl von Anfang an schon höher war, wie z.B. auf den Parzellen 7.2, 1.4, 8.4 und 9.4. Zu Versuchsende betragen die Artenzahlen im Kalkalpin auf den Kontrollparzellen etwa 40, auf den schwachen Schirmhieben etwa 50, auf den starken Schirmhieben sowie auf den Lochhieben etwa 60 und auf den Kahlhieben etwa 70. Die bereits zu Versuchsbeginn in einer lockeren Schirmstellung befindliche Parzelle 7.2 ragt mit 88 Arten deutlich heraus; ebenso hat die zu Versuchsbeginn bereits verhältnismäßig lichte Parzelle 9.4 eine vergleichsweise hohe Artenzahl von 77. Daraus kann man schließen, daß auch auf den anderen aufgelichteten Parzellen die Artenzahl noch ansteigen wird. Die dem Luzulo-Abieti-Fagetum angehörenden Parzellen im Flysch (10.0-11.2) haben verglichen mit den kalkalpinen Parzellen eine deutlich geringere Artenzahl, doch auch hier ist ein Einfluß der waldbaulichen Behandlung klar zu erkennen.

Der Einfluß der waldbaulichen Behandlung kommt noch deutlicher zum Vorschein, wenn man nicht die Artenzahl der Gesamtfläche, sondern die Artenzahl pro m² zugrunde legt. Hierzu konnten die Erhebungen auf den abgeernteten Naturverjüngungsprobekreisen herangezogen werden. In Tab. 22 werden die Artenzahlen der Bodenvegetation pro m² auf der Hauptversuchsfläche aufgeführt.

PARZELLE	2.0	1.0	2.1	1.1	1.2	2.2	2.4	1.4	2.3	1.3
Überschirmungs-% 1976	76	68	60	56	49	39	--	--	0	0
Artenzahl Moose	1	2	3	4	2	3	5	1	3	2
Artenzahl Gräser u. Kräuter	4	3	16	10	11	11	8	9	18	13
Artenzahl Bäume u. Sträucher	1	4	5	6	6	6	4	3	5	4
Artenzahl gesamt	6	9	24	20	20	20	17	13	26	19

Tab. 22: Die Artenzahlen der Bodenvegetation pro qm zu Versuchsende 1986 auf der Hauptversuchsfläche. Mittelwerte von 8 abgeernteten Naturverjüngungsprobekreisen (bzw. von 7 Probekreisen auf den Lochhiebparzellen) im Zaun ohne Bodenbearbeitung (s. Abb. 4 und 5).

In den ohne die Lochhiebparzellen gerechneten Varianzanalysen erwiesen sich Bodenbearbeitung und Zaunschütz als nicht signifikante Einflußgrößen auf die Artenzahlen. In Tab. 22 wurden deshalb nur die Artenzahlen der unbearbeiteten Probekreise im Zaun wiedergegeben. Ein signifikanter Einfluß der Überschirmung konnte bei der Artenzahl der Gräser und Kräuter sowie bei der Gesamtartenzahl nachgewiesen werden, nicht jedoch bei der Artenzahl der Moose und auch nicht bei der Artenzahl der Bäume und Sträucher.

Eine verhältnismäßig geringe Auflichtung durch einen schwachen Schirmhieb führt dazu, daß die Gesamtartenzahl pro m² sprunghaft ansteigt. In erster Linie sind es Gräser und Kräuter, die stark zunehmen. Aber auch Moose sowie Bäume und Sträucher werden mit der Auflichtung artenreicher. Es hat den Anschein, daß bei sehr starker Auflichtung (Lochhieb und Kahlhieb) infolge der Dominanz einzelner Arten die Artenvielfalt bereits wieder abnimmt (wobei auf Parzelle 2.3 dieses Stadium noch nicht erreicht ist).

5.23 Der Bedeckungsgrad

Aus Tab. 23 läßt sich ablesen, wie sich die Bodenvegetation auf den 25 Versuchspartellen im Versuchszeitraum entwickelt hat.

Waldbauliche Behandlung	Parzelle	1977		1978		1979		1980		1981	1982	1983	1984	1985	1986
		F	H	F	H	F	H	F	H	H	H	H	H	H	H
Kein Eingriff	1.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.6	0.6	0.8	4.4	4.4	4.1	4.2	3.8	2.8
	2.0	0.6	0.8	0.9	0.9	0.3	0.2	0.5	1.6	2.5	--	--	--	--	2.7
	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.6	--	--	--	--	0.3
	4.0	0.6	0.8	0.8	1.1	--	2.5	5.8	7.5	12.5	--	--	--	--	8.8
	5.0	0.3	0.3	0.2	0.2	9.7	8.4	5.6	6.6	17.0	--	--	--	--	13.9
	6.0	5.3	5.5	5.8	8.6	3.0	7.8	10.2	10.2	11.7	--	--	--	--	14.1
	10.0	--	--	--	--	--	--	7.0	7.2	9.7	11.7	12.3	17.7	17.0	17.2
	11.0	--	--	--	--	--	--	34.7	34.7	36.3	37.0	38.1	42.0	46.9	46.9
Schwacher Schirmhieb	1.1	0.0	0.2	0.6	2.5	5.3	8.4	21.9	23.6	31.6	--	--	--	--	35.8
	2.1	3.3	5.2	11.7	12.0	8.0	7.5	25.2	30.6	35.9	--	--	--	--	36.7
Starker Schirmhieb	1.2	3.9	5.9	11.7	13.1	25.5	26.1	52.5	39.1	45.0	--	--	--	--	34.5
	2.2	0.3	1.3	4.5	7.0	8.1	15.2	20.6	25.9	39.4	45.8	47.0	47.5	51.4	48.1
	3.2	0.0	0.5	0.0	0.0	3.6	2.7	16.6	20.2	40.6	--	--	--	--	55.6
	4.2	0.3	1.1	1.3	2.2	--	2.7	7.2	7.3	9.8	--	--	--	--	21.4
	5.2	0.9	3.6	5.2	6.9	11.1	38.0	59.2	63.0	75.5	--	--	--	--	80.0
	6.2	7.7	19.5	23.4	39.1	45.0	42.8	61.6	61.7	65.3	--	--	--	--	73.9
	7.2	74.4	75.3	76.4	78.0	74.5	77.2	74.2	85.1	79.7	--	--	--	--	68.8
	10.2	--	--	--	--	--	--	20.0	22.5	39.8	50.6	59.4	65.6	67.8	68.9
11.2	--	--	--	--	--	--	5.0	7.2	50.6	61.1	68.1	66.6	64.8	65.3	
Lochhieb	1.4	8.5	10.6	16.7	18.7	--	27.3	42.7	44.8	56.2	61.2	--	--	--	50.4
	2.4	0.0	0.0	0.0	0.4	13.3	10.2	20.2	25.6	42.1	44.2	45.6	45.6	46.5	45.0
	8.4	26.4	34.8	42.7	44.2	--	42.7	70.4	65.2	63.9	76.9	--	--	--	68.7
	9.4	26.0	38.1	41.2	45.8	39.6	52.3	61.7	67.1	67.5	76.7	--	--	--	72.9
Kahlhieb	1.3 i.z.	13.6	26.6	36.9	56.3	45.6	48.3	81.4	83.4	83.9	84.4	86.6	74.2	66.6	62.3
	1.3 a.z.	8.3	17.8	42.5	52.3	48.0	74.5	87.0	88.6	89.2	91.7	91.9	90.9	92.3	95.8
	2.3 i.z.	2.2	5.0	14.4	20.8	41.1	41.1	55.0	65.0	78.1	--	--	--	--	62.0
	2.3 a.z.	0.5	1.4	6.6	12.3	37.0	30.2	58.4	65.0	79.4	--	--	--	--	79.5

F = Frühsommer (15.6.), H = Herbst (15.9.); i.z. = im Zaun, a.z. = außer Zaun)

Tab. 23: Die Entwicklung der Bodenvegetation (Bedeckungsprozente) im Versuchszeitraum auf den 25 Versuchspartellen (Mittelwerte der 32 Naturverjüngungsprobekreise im Zaun ohne Bodenbearbeitung sowie Mittelwerte der 32 unbearbeiteten Probekreise außer Zaun auf den Kahlhiebparzellen)

Angegeben sind die Mittelwerte der Bedeckungsgrade von jeweils 32 ein Quadratmeter großen Probekreisen. Die zu verschiedenen Aufnahmezeitpunkten vorgenommenen Deckungsgradschätzungen (Einfachüberdeckung des Bodens mit Vegetation) sind wesentlich zuverlässiger als die ganzflächigen Bedeckungsansprachen und können Veränderungen der Bodenvegetationsdecke sehr gut wiedergeben.

Auffällig ist zunächst einmal, daß zu Versuchsende die Bedeckungsgrade auf allen 25 Versuchspartzen höher sind als zu Versuchsbeginn. Das ist zumindest für die Kontrollpartzen, auf denen kein Eingriff stattgefunden hat, schon etwas verwunderlich, denn die Bodenvegetation ist bekanntlich das Spiegelbild der Überschirmungsverhältnisse. In der Regel ist die Überschirmung auf den Kontrollpartzen im Versuchszeitraum aber dichter geworden (s. Kap. 3.32 und 4.13), so daß man ein Abnehmen der Bedeckungsgrade der Bodenvegetation hätte erwarten können.

Als Erklärung bietet sich eigentlich nur die verzögerte Reaktion der Bodenvegetation auf die Überschirmungsverhältnisse an: Auf den Kontrollpartzen dauert die Anpassung auf die Überschirmungssituation besonders lange (länger jedenfalls als auf den Partzen mit Eingriff). Es ist deshalb gut möglich, daß z.B. der Deckungsgrad von 4,4% auf Partze 1.0 im Jahr 1981 die Überschirmungsverhältnisse von 1977 widerspiegelt und der Bedeckungsgrad von 2,8% im Jahr 1986 die (nicht ermittelten) Überschirmungsverhältnisse im Jahr 1981. Der im Jahr 1986 festgestellte hohe Überschirmungsgrad (bzw. die niedrige Beleuchtungsstärke) müßte demnach dazu führen, daß der Bedeckungsgrad der Bodenvegetation auf dieser Partze in den nächsten Jahren weiter abnimmt.

Die Bedeckungsgrade der Bodenvegetation sind also nicht straff mit den jeweils anzutreffenden Überschirmungsverhältnissen korreliert. Sie geben aber mit einer gewissen Zeitverzögerung den Wandel in der Überschirmung wieder. Auf allen Kontrollpartzen muß es demnach schon vor Versuchsbeginn oder in den ersten Versuchsjahren zu einer Bestandesverlichtung gekommen sein; für diese Bestandesverlichtungen waren sicherlich die vielen konkurrenzbedingten Ausfälle auf den Kontrollpartzen mitverantwortlich (s. Kap. 3). Auf der Kontrollpartze 11.0, auf der nur ganz wenige Bäume ausgefallen sind, ist die Bestandesverlichtung und die deutliche Zunahme der Bodenvegetationsbedeckung sicherlich im wesentlichen auf Waldschadenser-

eignisse zurückzuführen; hier hat auch die Beleuchtungsstärke zugenommen (s. Tab. 19). Auf den übrigen Kontrollpartzen sind vermutlich ebenfalls Waldschadenserignisse an der Bestandesverlichtung und an der Zunahme der Bodenvegetation mitbeteiligt; allerdings kann dieser Einfluß nicht losgelöst von den Bestandesverlichtungen infolge von konkurrenzbedingten Ausfällen betrachtet werden.

Auch auf den waldbaulich behandelten Partzen hat die Bodenvegetation verhältnismäßig lange gebraucht, bis sie sich auf die neuen Überschirmungsverhältnisse eingestellt hat. Besonders langsam ist die Entwicklung dort verlaufen, wo zu Versuchsbeginn keine oder nur wenig Bodenvegetation vorhanden war und vor einer Ausbreitung der Bodenvegetation erst einmal Mineralisierungsprozesse im Humus ablaufen mußten (z.B. auf den Partzen 1.1, 3.2 und 2.4). Hatte die Bodenvegetation dagegen schon ein gewisses Ausgangsniveau (z.B. Partzen 8.4 und 9.4), dann reagierte sie schneller auf die Eingriffe. Auch im Flysch verlief die Entwicklung rascher (Partzen 10.2 und 11.2).

Auf den meisten Versuchspartzen verflacht die Entwicklung der Bodenvegetation, auf einigen ist sie inzwischen sogar wieder rückläufig, wie z.B. auf den Partzen 1.2, 2.2, 7.2 und den Lochhiebpartzen. Besonders stark geht die Bodenvegetation auf den Kahlhiebpartzen im Zaun zurück; dies ist darauf zurückzuführen, daß hier der vehement sich ausbreitende Bergahorn der Bodenvegetation entwachsen ist und diese nunmehr zurückdrängt.

Im Herbst 1986 sind die Bedeckungsgrade der Bodenvegetation ganz klar nach der waldbaulichen Behandlung des Altbestandes differenziert. Auf den Kontrollpartzen liegen die Bedeckungsgrade unter 20% (wenn man von der Partze 11.0 einmal absieht); die schwachen Schirmhiebe haben eine Bedeckung von etwa 35%, auf den starken Schirmhieben und Lochhieben liegen die Bedeckungsgrade zwischen 50 und 80%. Lediglich die hochgelegene Partze 4.2 hat infolge der langsameren Vegetationsentwicklung eine geringere Bedeckung und auch die Partze 1.2, auf der die Vegetationsentwicklung bereits stark rückläufig ist, zeichnet sich durch eine sehr niedrige Bedeckung aus. Auf den Kahlhieben liegt die Vegetationsbedeckung außer Zaun zwischen 80 und 95%. Daran hat die Naturverjüngung nur einen

geringen Anteil (7% Bedeckung); der Bedeckungsgrad der Naturverjüngung ist damit gerade so hoch wie auf den Schirmhiebparzellen (s. Tab. 24). Auf den Kahlhiebparzellen im Zaun hingegen erreicht die Naturverjüngung deutlich höhere Bedeckungsgrade (51%), was wie oben erwähnt, auf die Ausbreitung des Bergahorn zurückzuführen ist.

HALDBAULICHE BEHANDLUNG (Parzelle)	KEIN EINGRIFF (1.0 + 2.0)		SCHWACHER SCHIRMHIEB (1.1 + 2.1)		STARKER SCHIRMHIEB (1.2 + 2.2)		KAHLHIEB (1.3 + 2.3)	
	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne
Zäunung								
Bedeckungsgrad: Bodenveg. ohne Naturverjüngung	0.5	1.7	31.7	22.9	41.9	41.1	36.6	90.2
Bedeckungsgrad: nur Naturverjüngung	2.5	1.9	5.3	6.5	7.7	7.6	51.0	7.0
Gesamtbedeckung des Bodens mit Naturverjüngung	3.0	3.6	37.0	29.4	49.6	48.7	87.6	97.2

Tab. 24: Die Bedeckungsgrade der Bodenvegetation im Herbst 1986 auf der Hauptversuchsfläche - getrennt nach Naturverjüngung und übriger Bodenvegetation (Mittelwerte von jeweils 16 abgeernteten Probekreisen)

In den Varianzanalysen, die mit den in Tab. 24 enthaltenen Bedeckungsgraden gerechnet wurden, erwiesen sich stets die Überschirmung und die Wechselwirkung Überschirmung x Zaunschutz als hochsignifikant. Zaunschutz wirkte sich lediglich auf der Kahlhiebparzelle auf die Bedeckung durch Naturverjüngung sowie auf die Bedeckung durch die übrige Vegetation aus. Faßt man Naturverjüngung und restliche Bodenvegetation zusammen (wobei unterstellt wird, daß Naturverjüngung und übrige Bodenvegetation sich nicht überlappen), dann verschwindet der Einfluß des Zaunes (s. Tab. 24). Die Bedeckungsgrade auf den bodenbearbeiteten Probekreisen unterschieden sich nicht von denen der unbearbeiteten Probekreise im Zaun.

5.24 Die Höhe

Nicht nur die Bedeckungsgrade der Bodenvegetation, sondern auch die von ihr erreichten Höhen waren im Herbst 1986 von der Überschirmung bestimmt. Auf der Hauptversuchsfläche waren die höchsten Bodenvegetationspflanzen (ohne Naturverjüngung) auf den Kontrollparzellen im Mittel 9 cm hoch (Mittelwert von 64 Pflanzen: 4 Pflan-

zen x 8 Probekreise x 2 Parzellen = 64); auf den schwachen Schirmhieben waren sie mit 33 cm schon merklich höher. Eine weitere Höhenzunahme auf 48 cm war auf den starken Schirmhieben zu registrieren und auf den Kahlhieben waren die Bodenvegetationspflanzen mit 69 cm im Durchschnitt am höchsten. Die Durchschnittshöhe der höchsten Pflanzen auf den Lochhieben erreichte mit 60 cm fast den Kahlflächenwert.

Weder Zaunschutz noch Bodenbearbeitung hatten eine Auswirkung auf die mittlere maximale Höhe der Bodenvegetation.

5.25 Die Biomasse

Ebenso wie der Bedeckungsgrad und die Höhe war auch die oberirdische Biomasse der Bodenvegetation im Herbst 1986 nach der Überschirmung differenziert. Unter dichtem Schirm sind 1986 nur 7 bis 58 kg Bodenvegetationsbiomasse pro Hektar vorhanden (Tab. 25), wobei die unterschiedlichen Trockengewichte auf den Teilparzellen hier nicht durch die Zäunung, sondern durch kleinflächige Überschirmungsunterschiede zustande kommen. Die mit dem schwachen Schirmhieb herbeigeführte Auflichtung hat das Trockengewicht der Bodenvegetation bis zum Herbst 1986 deutlich anwachsen lassen, auf Werte zwischen 269 kg und 486 kg pro Hektar; auch hier sind die Gewichtsunterschiede nicht durch die Zäunung, sondern durch Abstufungen in den Überschirmungsverhältnissen bedingt. Das gilt gleichermaßen für die starken Schirmhiebe, bei denen die Biomasse der Bodenvegetation im Herbst 1986 zwischen 305 kg und 778 kg pro Hektar wiegt.

Auf den beiden Kahlhieben erreicht das Trockengewicht der Bodenvegetation mit Werten zwischen 0.8 t und 2.2 t bereits beachtliche Größenordnungen. Die Unterschiede sind hier nicht auf Schirmeinflüsse, sondern auf die Zäunung zurückzuführen. In den beiden Zäunen wird die Entwicklung der Bodenvegetation durch Naturverjüngungspflanzen - in erster Linie sind es Ahorne - stark gebremst, so daß hier im Herbst 1986 jeweils nur etwa 1 Tonne Trockensubstanz der Bodenvegetation pro Hektar vorhanden ist. Außerhalb der Zäune fehlt die Konkurrenz der Forstpflanzen und die von der Bodenvegeta-

tion produzierte Biomasse ist hier mit etwa 2 t/ha gleich doppelt so schwer wie innerhalb der Zäune.

PARZELLE	2.0	1.0	2.1	1.1	1.2	2.2	2.3	1.3	
ÜBERSCHIRMUNGS-%	76	68	60	56	49	39	0	0	
im Zaun	Himbeere	0 (0)	2 (10)	19 (6)	286 (59)	314 (59)	263 (34)	361 (29)	305 (36)
	Wasserdost	0 (0)	0 (0)	0 (0)	8 (2)	11 (2)	44 (6)	127 (10)	44 (6)
	Gräser	5 (26)	1 (5)	165 (51)	117 (24)	141 (27)	412 (53)	555 (44)	326 (39)
	Sonstiges	14 (74)	17 (85)	137 (43)	75 (15)	66 (12)	59 (7)	220 (17)	161 (19)
	GESAMT	19 (100)	20 (100)	321 (100)	486 (100)	532 (100)	778 (100)	1263 (100)	834 (100)
außer Zaun	Himbeere	0 (0)	0 (0)	2 (1)	201 (43)	68 (22)	192 (25)	374 (19)	624 (28)
	Wasserdost	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (2)	27 (4)	73 (4)	70 (3)
	Gräser	27 (47)	0 (0)	147 (55)	209 (45)	143 (47)	485 (63)	1101 (57)	1141 (52)
	Sonstiges	31 (53)	7 (100)	120 (44)	55 (12)	89 (29)	62 (8)	391 (20)	379 (17)
	GESAMT	58 (100)	7 (100)	269 (100)	465 (100)	305 (100)	766 (100)	1939 (100)	2214 (100)

Tab. 25: Die Biomasse (Trockengewicht kg/ha) der Bodenvegetation (ohne Naturverjüngung) im Herbst 1986 auf der Hauptversuchsfläche (Mittelwerte von jeweils 8 Probekreisen). In Klammern sind die prozentualen Anteile an der Gesamtbiomasse angegeben.

Die auf den beiden Lochhieben bestimmten Trockengewichte der Bodenvegetation liegen im Mittel bei etwa 1 Tonne; allerdings streuen die Einzelwerte so sehr, daß diesem Mittelwert kaum Aussagekraft zukommt. Sicherlich sind hier die Trockengewichte wie schon zuvor im Jahr 1981 (vgl. MOSANDL, 1984) entsprechend der Entfernung von der Lückenmitte verteilt. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl im Jahr 1986 war diese Abhängigkeit jedoch nicht absicherbar. Auffällig war, daß nur auf den beiden Lochhiebparzellen und auf sonst keiner Parzelle des Hauptversuches größere Mengen an Biomasse von Holunder anfielen. Es könnte sein, daß das Lochklima dem Holunder besonders zusagt.

In den ohne Einbeziehung der Lochhiebparzellen mit den Gesamtbio-massewerten (Bodenvegetation ohne Naturverjüngung) berechneten Varianzanalysen erwies sich die Überschirmung als hochsignifikant. Alle vier Überschirmungsvarianten unterschieden sich dem DUNCAN-

Test zufolge signifikant voneinander. Der Faktor Zaunschütz alleine war nicht signifikant, jedoch ergab sich eine Signifikanz für die Wechselwirkung Überschirmung x Zaunschütz; eine Wirkung des Zaunschützes auf die Biomasse der Bodenvegetation war demzufolge nur auf der Kahlfläche nachweisbar (niedrige Werte im Zaun infolge der Ausbreitung des Ahorns).

Auch die zu Versuchsbeginn auf den Probekreisen innerhalb des Zaunes durchgeführte Bodenbearbeitung hatte einen signifikanten Einfluß auf die Gesamtbiomasse der Bodenvegetation im Herbst 1986. Auf den bodenbearbeiteten Probekreisen war die Biomasse immer etwas höher als auf den unbearbeiteten Probekreisen. Als Erklärung dafür kann die Entwicklung der Bodenvegetation dienen: Die Bodenbearbeitung hat die Vegetation zunächst einmal stark zurückgedrängt, nach einer Erholungsphase hat sie sich aber gerade auf den bodenbearbeiteten Stellen besonders gut entwickelt (vgl. MOSANDL, 1984). Diese auf lange Sicht gesehene direkte fördernde Wirkung der Bodenbearbeitung auf die Bodenvegetation mag wohl auch in den 1986 erhobenen Biomassewerten zum Ausdruck kommen. In erster Linie dürfte dem jedoch ein indirekter Effekt zu Grunde liegen: Eine signifikante Wechselwirkung Überschirmung x Bodenbearbeitung weist darauf hin, daß die Wirkung der Bodenbearbeitung auf der Kahlfläche am größten war. Dies ist einfach zu erklären: Die Bodenbearbeitung hat viele zu Versuchsbeginn vorhandene Naturverjüngungspflanzen (v.a. Ahorne) beseitigt, und somit konnte sich hier der Ahorn nicht genauso vehement ausbreiten und die Bodenvegetation zurückdrängen wie auf den unbearbeiteten Probekreisen; dies hat zur Folge, daß die Bodenvegetation davon profitiert und die Biomasse auf den bearbeiteten Flächen um etwa 500 kg pro Hektar schwerer ist als auf den unbearbeiteten.

Betrachtet man nicht die Gesamtbiomasse, sondern die vier Teilkollektive (Himbeere, Wasserdost, Gräser und sonstiges), dann stellt man fest, daß sich bei allen Teilkollektiven ebenfalls eine Abhängigkeit von der Überschirmung abzeichnet (Tab. 25); die höchsten absoluten Gewichte finden sich in der Regel auf den Kahlflächen.

In den mit der Biomasse der 4 Teilkollektive gerechneten Varianzanalysen war der Überschirmungseffekt für die Gräser, den Wasserdost und die sonstige Biomasse (v.a. Kräuter) absicherbar; die einzelnen Biomassewerte der Himbeere streuten dagegen so stark, daß der Einfluß der Überschirmung nicht nachweisbar war. Zaunschütz und Bodenbearbeitung wirkten sich bei den Gräsern und der sonstigen Biomasse in gleicher Weise wie bei der Gesamtbiomasse aus: Ein merklicher Unterschied war immer nur auf der Kahlfläche vorhanden, was in den signifikanten Wechselwirkungen Überschirmung x Zaunschütz und Überschirmung x Bodenbearbeitung zum Ausdruck kam. In erster Linie ist es der auf den drei Teilparzellen der Kahlflächen unterschiedlich stark entwickelte Bergahorn, der hier das Geschehen in der Bodenvegetation bestimmt. Die Werte von Himbeere und Wasserdost streuten zu stark, als daß an ihnen ein Einfluß des Zaunes oder der Bodenbearbeitung nachweisbar gewesen wäre.

Berechnet man aus den absoluten Gewichten die relativen Anteile der einzelnen Teilkollektive an der Gesamtbiomasse, dann ergibt sich ein etwas differenzierteres Bild als bei den absoluten Werten. So erreicht die Himbeere den höchsten Anteil an der Gesamtbiomasse nicht auf der Kahlfläche, sondern auf der schwachen Schirmhiebparzelle 1.1 (59% im Zaun und 43% außer Zaun). Der Wasserdost ist dagegen am stärksten auf der Kahlfläche (Parzelle 2.3) beteiligt (10% im Zaun und 4% außer Zaun). Die Gräser erreichen den höchsten Biomasseanteil auf der starken Schirmhiebparzelle 2.2 (im Zaun 53% und außer Zaun 63%). Die sonstige Biomasse - in erster Linie sind dies Kräuter - hat den höchsten prozentualen Anteil auf der Kontrollparzelle 1.0 (85% im Zaun und 100% außer Zaun). Der Anteil der sonstigen Biomasse geht mit abnehmender Überschildung kontinuierlich zurück; auf den Kahlflächen sind es dann vor allem Stäucher (z.B. *Polygala chamaebuxus*, *Rosa canina* und *Sambucus racemosa*), die den prozentualen Anteil der sonstigen Biomasse wieder ansteigen lassen.

5.3 Die Stellung der Bodenvegetation im Ökosystem Bergmischwald

Die im vorherigen Abschnitt mitgeteilten Befunde haben zusammen mit bereits vorliegenden Ergebnissen des Forschungsprojektes Bergmischwald zum Verständnis der Stellung der Bodenvegetation im Ökosystem Bergmischwald beigetragen. Sie erst haben es ermöglicht, die Bodenvegetation in das Ökosystemschema der Abb. 1 einzuordnen. Im folgenden soll diese Einordnung nachvollzogen werden. Dabei wird unterschieden zwischen Wirkungen, denen die Bodenvegetation ausgesetzt ist und Wirkungen, die von ihr ausgehen. Anschließend werden einige Schlußfolgerungen, zu denen die Beschäftigung mit der Bodenvegetation geführt hat, zusammengestellt.

5.31 Wirkungen auf die Bodenvegetation

Die Bodenvegetation wird vom Standort geprägt. In den ausgeschiedenen Pflanzengesellschaften spiegelt sich das unterschiedliche geologische Ausgangsmaterial wider. So sind z.B. auf den basenärmeren Versuchspartzen im Flysch andere Gesellschaften zu finden als auf den basenreicheren Versuchspartzen im Kalkalpin (vgl. Abb. 21).

Doch auch feinere Standortsunterschiede wie Mulden oder Rippenlage (Partzen 4.0 und 4.2) finden ihren Niederschlag in der Zusammensetzung der Bodenvegetation.

Die Höhenlage kommt im Auftreten von tiefmontanen Pflanzenarten (auf den Partzen 3.0 und 3.2) bzw. im Auftreten von hochmontanen Arten (auf den Partzen 4.0, 4.2, 8.4 und 9.4) zum Ausdruck.

Die Exposition findet ebenfalls ihren Niederschlag in der Bodenvegetation; so zeichnen sich die südexponierten Partzen (6.0 und 6.2) durch ihre Farn- und Moosarmut aus. Nach all dem dürfte der in Abb. 1 vom Standort in Richtung Bodenvegetation weisende Wirkungspfeil hinreichend belegt sein.

Von ganz entscheidender Bedeutung für die Bodenvegetation sind desweiteren die mikroklimatischen Verhältnisse, die über den Auflichtungsgrad waldbaulich gesteuert werden können. Beziehungen zwischen dem Auflichtungsgrad bzw. der relativen Beleuchtungsstärke und der Bodenvegetation, wie sie in zahlreichen Arbeiten (z.B. BRECHTEL, 1962; OTT, 1966; EBER, 1972; v.LÜPKE, 1982; MOSANDL, 1984) beschrieben wurden, sind auch in der vorliegenden Untersuchung zu Tage getreten. Die Arten, die Artenzahl, der Bedeckungsgrad, die Höhe und die Biomasse der Bodenvegetation waren vom Auflichtungsgrad abhängig. Zur Verdeutlichung des enormen Einflusses des Auflichtungsgrades seien nochmals einige Biomassewerte der Bodenvegetation aufgeführt: Selbst wenn man berücksichtigt, daß die unterirdische Produktion der Bodenvegetation mindestens in der Höhe der oberirdischen liegt (s. EBER in ELLENBERG et al., 1986) deuten die unter dichtem Schirm gefundenen Trockengewichte von 19 bis 58 kg/ha darauf hin, daß hier die jährliche Stoffproduktion (für deren Berechnung der unterschiedliche Lebenszyklus der einzelnen Arten berücksichtigt werden müßte) verschwindend gering ist; im Vergleich zur Produktion des Altbestandes ist sie sogar vernachlässigbar. Erst mit der Auflichtung bekommt die Bodenvegetation ein größeres Gewicht. Biomassewerte von über 750 kg/ha bei starker Auflichtung zeigen, daß hier eine substantielle Stoffproduktion durch die Bodenvegetation (ohne Naturverjüngung) stattfindet. Der in Abb. 1 von den mikroklimatischen Faktoren in Richtung Bodenvegetation weisende Pfeil hat somit sicherlich seine Berechtigung.

Die Bodenvegetation ist aber nicht nur über den Auflichtungsgrad beeinflussbar, sondern auch über die **Zäunung**. Eine direkte Auswirkung der Zäunung etwa dergestalt, daß die Artenzahl innerhalb des Zaunes deutlich über der außerhalb des Zaunes gelegen hätte, war in der vorliegenden Untersuchung nicht nachweisbar. Allerdings wurde beobachtet, daß bestimmte Arten (wie z.B. *Lilium martagon*, *Prenanthes purpurea*) innerhalb des Zaunes häufiger vertreten waren als außerhalb. Das könnte eine Erklärung für den Befund von KOTRU (1985) sein, der bei ganzflächigen pflanzensoziologischen Aufnahmen höhere Artenzahlen im Zaun als außerhalb gefunden hatte. Danach kann eine direkte Auswirkung der Zäunung auf die Artenzusammensetzung nicht ausgeschlossen werden. Der in Abb. 1 von der Zäunung in Richtung Bodenvegetation weisende Pfeil bedarf jedoch der Überprüfung.

Sicher nachgewiesen ist dagegen die indirekte, über die Naturverjüngung zur Geltung kommende Wirkung der Zäunung auf die Bodenvegetation. Zumindest auf der Kahlfläche entwickelte sich innerhalb des Zaunes die Naturverjüngung (v.a. Bergahorn) so stark, daß die Bodenvegetation zurückgedrängt wurde. Statt etwa 2 t oberirdischer Biomasse der Bodenvegetation, wie außerhalb des Zaunes, ist innerhalb nur mehr etwa 1 t Biomasse vorhanden.

Auch die **Bodenbearbeitung** wirkt sich direkt und indirekt auf die Bodenvegetation aus. Die direkte Wirkung kommt in der anfänglichen Beseitigung der Bodenvegetation (s. BINDER, 1982; MOSANDL, 1984) und in der späteren größeren Entwicklungsgeschwindigkeit gegenüber den unbearbeiteten Flächen (MOSANDL, 1984) zum Ausdruck. Indirekt wirkt die Bodenbearbeitung wie die Zäunung über die Naturverjüngung. Die Bodenbearbeitung beseitigte zu Versuchsbeginn nicht nur die Bodenvegetation, sondern auch die älteren Naturverjüngungspflanzen (v.a. Bergahorne). Damit fehlen insbesondere auf dem unbearbeiteten Teil der Kahlflächen Naturverjüngungspflanzen, die die Entwicklung der Bodenvegetation hemmen könnten. Die Biomasse der Bodenvegetation ist deshalb hier mit etwa 1.5 t/ha deutlich schwerer als auf der unbearbeiteten Fläche im Zaun, aber doch um einiges leichter als die ungehindert sich entwickelnde Bodenvegetation außer Zaun.

Die im Wege der **Pflanzung** eingebrachte Kunstverjüngung hat sich ebenfalls auf die Entwicklung der Bodenvegetation ausgewirkt. GROSE (1983) verglich auf der Hauptversuchsfläche Partien, auf denen sich die Bodenvegetation ohne Konkurrenz von Forstpflanzen entwickelt hatte mit solchen, auf denen sie mit der Konkurrenz von Forstpflanzen zu kämpfen hatte. Er kam zu dem Ergebnis, daß mit zunehmender Auflichtung der Konkurrenzdruck der gepflanzten Fichten auf die Bodenvegetation immer stärker wird. Der in Abb. 1 von der Kunstverjüngung in Richtung Bodenvegetation weisende Pfeil ist deshalb sicherlich begründet.

5.32 Wirkungen ausgehend von der Bodenvegetation

Die **Kunstverjüngung** hat nicht überall die Oberhand über die Bodenvegetation gewonnen. In der Arbeit von MOSANDL (1984) ergaben sich Anzeichen dafür, daß die gepflanzten Bäume auf den Lochhiebparzellen ihrerseits unter der Bodenvegetation gelitten haben. Zwar waren es nur wenige und in erster Linie schwächere Forstpflanzen, die am Rand der gepflanzten Kleinparzellen stärker unter den Druck der Bodenvegetation gerieten und ausfielen; dennoch ist dies Grund genug, auch einen Wirkungspfeil in Abb. 1 von der Bodenvegetation in Richtung Kunstverjüngung zu zeichnen.

Ebenfalls auf den Lochhiebparzellen fand MOSANDL (1984), daß die Bodenvegetation in der Lage ist, die **mikroklimatischen Verhältnisse** innerhalb kurzer Zeit vollständig zu verändern. Fünf Jahre nach den Lochhieben hatte sich auf den Lücken eine üppige Bodenvegetation eingefunden, die dafür sorgte, daß die Beleuchtungsstärke, die zu Versuchsbeginn in der Mitte etwa 70% betragen hatte, dann unter 5% lag. Man wird also in Abb. 1 auch einen Wirkungspfeil von der Bodenvegetation in Richtung mikroklimatische Verhältnisse ziehen müssen.

Ohne den in Kap. 7 dargestellten Naturverjüngungsergebnissen vorzugreifen zu wollen, sei bereits hier darauf hingewiesen, daß die Bodenvegetation nicht ohne Einfluß auf die **Naturverjüngung** geblieben ist. Insbesondere dort, wo sich die Bodenvegetation ungehemmt ohne die dämpfende Wirkung eines Altholzschirmes entwickeln konnte, übt

sie einen erheblichen Einfluß auf die Naturverjüngung aus. Samen blieben in der dichten Bodenvegetation hängen und keimen nicht. Unter einer dichten Bodenvegetation stehende Naturverjüngungspflanzen zeigten kaum noch ein Höhenwachstum (MOSANDL und EL KATEB, 1988). Dies mag als Beleg für den in Abb. 1 von der Bodenvegetation in Richtung Naturverjüngung weisenden Wirkungspfeil zunächst genügen.

5.33 Schlußfolgerungen

Die Beschäftigung mit der Bodenvegetation im Rahmen des Bergmischwaldprojektes, d.h die Untersuchung von Einflüssen, die auf die Bodenvegetation einwirken bzw. von ihr ausgehen, sowie der Versuch einer Einordnung der Bodenvegetation in ein Ökosystemschema des Bergmischwaldes haben zu einer Reihe von Schlußfolgerungen geführt:

Die **pflanzensoziologische Einheit** kann unabhängig vom Auflichtungsgrad des Altbestandes zuverlässige Hinweise auf den Standort geben. Es ist nicht möglich, durch waldbauliche Eingriffe die Zusammensetzung der Bodenvegetation so zu beeinflussen, daß eine Änderung der Waldgesellschaft eintritt. Jedoch wird mit einem Eingriff die Vegetationsentwicklung angestoßen; es steigt die Artenzahl und damit die Sicherheit der Ansprache der Waldgesellschaft.

So weicht die in Punkt 5.21 vorgenommene pflanzensoziologische Einordnung der Versuchspartellen kaum von der zu Versuchsbeginn von FELDNER (in UEBELHÖR, 1979) getroffenen Einordnung ab. Wo Unterschiede auftreten, sind diese regelmäßig darauf zurückzuführen, daß zu Versuchsbeginn bestimmte Pflanzengesellschaften sich noch nicht deutlich herauskristallisiert hatten. Z.B. gab sich das zu Versuchsbeginn auf der hochgelegenen Fläche 4 ausgeschiedene Abietetum erst im Versuchszeitraum durch das zahlreiche Auftreten von Fagelia-Arten als Abieti-Fagetum zu erkennen.

Die über nahezu den gesamten Auflichtungsbereich gleichbleibend gute Eignung der Bodenvegetation als Standortszeiger macht sie zu einem brauchbaren Hilfsmittel bei waldbaulichen Entscheidungen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß waldbauliche Maßnahmen oftmals gar nicht den hohen Grad an Differenzierung -wie ihn die Bodenvegetation aufweist - erreichen können. Waldgesellschaften, die

unter waldbaulichen Gesichtspunkten ausgeschieden werden, müssen deshalb in der Regel gröber gefaßt sein als Einheiten, die pflanzensoziologischen Gesichtspunkten Rechnung tragen. Beispielhaft sind hier die von ELLENBERG und KLÖTZLI (1972) für die Schweiz ausgeschiedenen Waldgesellschaften, die aus der Überzeugung heraus entstanden, daß "nur eine Stabilisierung und ökologisch sinnvolle Vereinfachung dieser Fülle (von Vegetationseinheiten, der Verf.) dem Forstmann wieder die Möglichkeit geben könne, sich der Vegetationseinheiten als Standortszeiger und Leitbilder für die Baumartenwahl vertrauensvoll zu bedienen." (ELLENBERG in der Einleitung zu ELLENBERG und KLÖTZLI, 1972).

Mit der Auflichtung ist zwar keine Veränderung der pflanzensoziologischen Einheit verbunden, dennoch gibt es Veränderungen in der Bodenvegetation, die auf eine gewisse Änderung der **Standortsverhältnisse** hindeuten. So werden nach einer Auflichtung infolge der Mineralisierungsprozesse im Humus dem Oberboden vermehrt Basen zugeführt, was in einer Verschiebung der mittleren Reaktionszahl nach ELLENBERG zum Ausdruck kommt (s. Abb. 21).

Mit der Auflichtung steigt auch die auf den Boden gelangende Niederschlagsmenge; dies äußert sich in einer Verschiebung der mittleren Feuchtezahl nach ELLENBERG in den feuchteren Bereich. Dieser Einfluß des Auflichtungsgrades auf die Standortsverhältnisse sollte in Untersuchungen, die die Zeigerzahlen als Indikatoren für die Säurebelastung oder die Trockenheit des Bodens verwenden (z.B. AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, 1989), mitberücksichtigt werden.

Die Bodenvegetation charakterisiert nicht nur den Standort, sondern auch den **Auflichtungsgrad**. Von den auftretenden Arten, der Höhe und dem Deckungsgrad der Bodenvegetation kann auf die Überschirmung geschlossen werden. Dabei sind allerdings Standortunterschiede zu beachten. So führt z.B. eine geringe Auflichtung im Flysch zu wesentlich höheren Deckungsgraden der Bodenvegetation als eine vergleichbare Auflichtung im Kalkalpin. Desweiteren muß in Betracht gezogen werden, daß es sich bei der Anpassung der Bodenvegetation an die Schirmverhältnisse um einen dynamischen Prozeß handelt. Erst nach einer geraumen Zeitspanne hat sich die Bodenvegetation auf die Schirmverhältnisse eingependelt, wobei ein zusätzlicher Verzöger-

rungseffekt eintreten kann, wenn zunächst Mineralisierungsprozesse im Humus ablaufen müssen. Auch Schadereignisse, wie z.B. Kronenverlichtungen infolge von neuartigen Waldschäden (wie etwa auf Parzelle 11.0 im Flysch) wirken sich demnach erst nach einiger Zeit in der Bodenvegetation aus.

Für die Bodenvegetation selbst ist eine gewisse Auflichtung durchaus von Vorteil. Gelangt nach einem schwachen Schirmhieb etwas mehr Licht auf den Boden, dann nimmt die **Artenvielfalt** sprunghaft zu. Es stellt sich ein ausgewogenes Verhältnis zwischen krautigen Pflanzen und Gräsern ein. Arten, die unter dunkleren Bestandesstellungen auftreten, sind auch hier noch vorhanden; Lichtpflanzen dominieren noch nicht. Auch eine Konkurrenz für die Forstpflanzen, wie sie bei stärkerer Auflichtung wirksam wird, ist hier nicht gegeben. Es ist also unter naturschützerischen Gesichtspunkten durchaus zu überlegen, ob nicht aktive Eingriffe zur Förderung der Artenvielfalt im Ökosystem angebracht sein können.

6. DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE AUF DEN STREUFALL

6.1 Die Streufalluntersuchungen im Rahmen des Bergmischwaldprojektes

Alljährlich gelangt in Wäldern eine große Menge an organischer Substanz auf den Boden, die im wesentlichen aus zwei Komponenten besteht: Zum einen aus toter organischer Substanz (Nadeln, Blätter, Reisig usw.) und zum anderen aus Samen bzw. Früchten. Die Kenntnis der Menge beider Komponenten ist von erheblicher Bedeutung für das Verständnis der Prozesse im Ökosystem Wald. Der nachhaltige Zugang an toter organischer Substanz bildet die Nahrungsgrundlage für die bedeutenste Gruppe unter den heterotrophen Organismen, die Reduzenten (s. hierzu ELLENBERG et al., 1986). Die Samen und Früchte stellen das Potential für die Verjüngung des Waldes dar. Im Bergmischwaldprojekt wurde versucht beide Komponenten zu quantifizieren.

Dazu waren zu Versuchsbeginn am Boden aller Versuchsparzellen jeweils 30 sog. Samenfänge aufgestellt worden. Die Anordnung der Samenfänge auf den Parzellen kann den Abb. 4 und 5 entnommen werden. Jeder Samenfang bestand aus einem 50 cm langen, 50 cm breiten und 15 cm hohen Holzrahmen, in den ein feinmaschiges Plastiksieb eingesetzt war; jeder Samenfang hatte demnach eine Auffangfläche von 0.25 m² (Hangfläche).

Die Samenfänge wurden in den **ersten beiden Samenjahren** mit Ausnahme der Winterperiode in Abständen von 2 bis 4 Wochen geleert. Zum Samenjahr 1976/77 wurde alle organische Substanz gerechnet, die vom 1.9.1976 bis zum 31.5.1977 in den Samenfängen gefunden wurde. Das Samenjahr 1977/78 umfaßte den Zeitraum vom 1.6.1977 bis zum 31.8.1978. Das organische Material wurde nach jeder Leerung sofort nach München gebracht und am Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung leicht vorgetrocknet und dann sortiert. An Stichproben der Samen und Früchte wurde die Saatgutqualität nach den ISTA-Vorschriften (INTERN. VEREINIGUNG FÜR SAATGUTPRÜFUNG, 1976) bestimmt. Fichten-, Tannen- und Lärchensamen wurden Keimprüfungen in einem Jakobsen-Gerät unterzogen. Die Lebensfähigkeit der Buchen- und Ahornfrüchte wurde mit Tetrazoliumtests festgestellt. Anschließend wurden alle Samen und Früchte vier Tage lang bei 65 °C getrocknet und danach gewogen. Mit der übrigen Streu wurde genauso verfahren.

Die Ergebnisse der Erhebungen in den ersten beiden Samenjahren (1976/77 und 1977/78) wurden von VELTSISTAS 1980 detailliert dargestellt. Der immense Aufwand für die von VELTSISTAS durchgeführten

Untersuchungen machte schon bald deutlich, daß es nicht möglich sein würde, die Intensität der Datenerhebung in den Folgejahren aufrecht zu erhalten.

Das Aufnahmeprogramm mußte deshalb in den acht Jahren von 1978/79 bis 1985/86 reduziert werden und zwar in folgenden Punkten:

- (1) Es konnten nicht mehr die Samenfänge aller Parzellen geleert werden. Lediglich auf den Parzellen 1.0, 2.2 und 2.4 gelang es einen Zeitraum von 10 Jahren durchzuhalten. Auf den Parzellen 6.0 und 6.2 konnten mit einer dreijährigen Unterbrechung von 1978/79 bis 1980/81 immerhin noch sieben Jahre erfaßt werden. Auf den Parzellen 1.1, 1.2 und 1.3 gelang es mit einer vierjährigen Unterbrechung von 1981/82 bis 1984/85 Beobachtungen aus sechs Jahren zusammenzutragen. Im Flysch, wo 1979 neue Versuchspartellen angelegt worden waren, konnte auf den Parzellen 10.0 und 10.2 der Streufall im gesamten siebenjährigen Versuchszeitraum verfolgt werden. Von den oberen Flyschpartellen 11.0 und 11.2 konnte lediglich der Streufall der ersten beiden Versuchsjahre und des letzten Jahres erfaßt werden.
- (2) Die Anzahl der Leerungen mußte verringert werden. 1978/79 und 1979/80 konnten in der schneefreien Periode noch monatliche Leerungen vorgenommen werden. Ab 1980/81 waren es nur mehr drei Leerungen pro Jahr.
- (3) Die Feinsortierung des organischen Materials mußte aufgegeben werden. Lediglich 1979/80 wurde die Streu nochmals in die verschiedenen, von VELTSISTAS beschriebenen Fraktionen (Laub, Nadeln, Blüten, Knospen, Früchte usw.) aufgeschlüsselt. Danach wurden nur noch die beiden Komponenten Samen bzw. Früchte und übrige Streu getrennt. Ganze Zapfen wurden zur übrigen Streu gerechnet; allerdings wurde das Gewicht der Zapfen eigens festgehalten. Beibehalten wurde die Trennung der Samen bzw. Früchte nach Baumarten. Sowohl die Anzahl, als auch das Trockengewicht der Samen bzw. Früchte wurde ermittelt.
- (4) Die Keim- bzw. Lebensfähigkeitsprüfungen konnten nicht weitergeführt werden. Dafür wurden Schnittproben vorgenommen, nunmehr aber nicht nur an Stichproben, sondern an allen gefundenen Samen und Früchten. Ab 1982/83 wurden die so bestimmten Hohlkörner getrennt von den Vollkörnern gewogen.

Gegenüber der Aufnahmehethodik von VELTSISTAS wurden in den Folgejahren (ab 1979/80) zwei weitere Änderungen vorgenommen:

- (1) Das Samenjahr wurde einheitlich vom 1.9. des Reifejahres der Samen bis zum 31.8. des darauffolgenden Jahres definiert. VELTSISTAS hatte als Ende des ersten Samenjahres 1976/77 den 31.5.1977 und als Ende des zweiten Samenjahres 1977/78 den 31.8.1978 bestimmt. In der Zeit vom 1.6. bis zum 31.8 eines Jahres fällt nur sehr wenig Streu, so daß die Verschiebung des Endzeitpunktes in diesem Zeitraum keine größeren Auswirkungen auf die Gesamtstreuemenge eines Jahres hat. Die Werte der 10 Jahre dürften deshalb vergleichbar sein.

- (2) Die Plastiksiebeinsätze der Samenfänge wurden ab dem Samenjahr 1979/80 durch perforierte Plastiktüteneinsätze ersetzt; VELSTISTAS (1980) hatte festgestellt, daß die Plastiksiebe einen geringen Teil der Nadelstreufraktion nicht halten konnten. Die Plastiktüteneinsätze waren demgegenüber nur für Wasser und Luft passierbar. Eine namhafte Erhöhung der Streumenge war damit aber nicht zu erwarten.

6.2 Die Ergebnisse der Streufalluntersuchungen

6.2.1 Die Gesamtstreu

In den Tab. 26a und b sind die im Versuchszeitraum auf ausgewählten Versuchspartellen festgestellten Trockengewichte der Streu aufgeführt: In Tab. 26b das Gewicht der Samen und Früchte und in Tab. 26a das Gewicht der übrigen Streu. Samen und Früchte machen nur einen sehr geringen Prozentsatz an der Gesamtstreu aus, so daß sie für einen ersten Überblick zunächst einmal außer Betracht bleiben können. Das Gewicht der übrigen Streu ist in erster Linie von der waldbaulichen Behandlung der Versuchspartellen abhängig (s. Tab. 26a).

Bei den in Tab. 26a wiedergegebenen Werten handelt es sich um die Summen der innerhalb eines Jahres in jeweils 30 Samenkästen festgestellten Trockengewichte. Wie gut diese Gewichtswerte den Streufall auf den Partellen charakterisieren können, zeigen die von VELTSISTAS 1980 für das Jahr 1977/78 ermittelten Variationskoeffizienten bei einzelkastenweiser Betrachtung. Die Variationskoeffizienten liegen in der Regel unter 20%, lediglich dort, wo stärkere waldbaulichen Eingriffe in die Altbestände erfolgten (Kahlhiebe, Lochhiebe und einzelne stärkere Schirmhiebe), überschreiten die sie 30%.

In allen Versuchsjahren ist eine Abstufung der Streumengen nach der Stärke des waldbaulichen Eingriffs festzustellen. Die Abhängigkeit vom Überschirmungsgrad ist so eindeutig, daß man die Überschirmungsgrade zur Schätzung der Streumenge heranziehen kann. Setzt man z.B. den Überschirmungsgrad der Parzelle 1.0 von 68% gleich 100%, dann ergibt sich für einen Überschirmungsgrad von 56% (Parz. 1.1) eine Streumenge, die 82% der Streumenge der Kontrollparzelle ausmacht. Tatsächlich entspricht die im Mittel des ersten Jahrfünfts gefallene Streumenge von 2168 kg auf Parzelle 1.1 genau 82% des entsprechenden Wertes der Kontrollparzelle (2659 kg). Für Parzelle

JAHR 1. Sept. bis 31. Aug.	KALKALPEN Hauptversuchsfläche						KALKALPEN Südfläche		FLYSCH untere Fläche	
	P=1.0 Ü=68	P=1.1 Ü=56	P=1.2 Ü=49	P=2.2 Ü=39	P=2.4 ---	P=1.3 Ü=0	P=6.0 Ü=86	P=6.2 Ü=51	P=10.0 Ü=83	P=10.2 Ü=54
1976/1977*	2884	2156	1958	1714	2112	287	4509	2515	----	----
1977/1978*	2764	2080	2002	1407	2114	117	3300	1585	----	----
1978/1979	2336	2025	1398	1467	1888	149	----	----	----	----
1979/1980	2312	2164	1611	1374	1911	153	----	----	3977	2428
1980/1981	2998	2416	2118	1884	1960	251	----	----	2782	1268
1981/1982	2477	----	----	1562	1875	----	3243	1784	3465	1869
1982/1983	3343	----	----	1901	2945	----	4925	2484	3020	2191
1983/1984	2817	----	----	1684	2145	----	3524	1912	3436	2411
1984/1985	3027	----	----	2157	2366	----	4042	2219	3945	2153
1985/1986	3574	2898	3027	2258	2355	625	3510	2337	4371	2641
Mittel 1. Jahrfünft	2659	2168	1817	1569	1997	191	----	----	----	----
Mittel 2. Jahrfünft	3048	----	----	1912	2337	----	3849	2147	3647	2253
Mittel Jahrzehnt	2853	----	----	1741	2167	----	----	----	----	----

* Werte aus VELTISISTAS, 1980;
P= Parzelle: .0= kein Eingriff; .1= schwacher Schirmhieb; .2= starker Schirmhieb; .3= Kahlhieb
.4= Lochhieb;
Ü= Überschirmungsprozent; ----= nicht beobachtet;

Tab. 26a: Die Streuproduktion (ohne Samen und Früchte) auf ausgewählten Versuchspartellen im Versuchszeitraum (Trockengewicht kg/ha)

JAHR 1. Sept. bis 31. August.	KALKALPEN Hauptversuchsfläche						KALKALPEN Südfläche		FLYSCH untere Fläche	
	P=1.0 Ü=68	P=1.1 Ü=56	P=1.2 Ü=49	P=2.2 Ü=39	P=2.4 ---	P=1.3 Ü=0	P=6.0 Ü=86	P=6.2 Ü=51	P=10.0 Ü=83	P=10.2 Ü=54
1976/1977*	30	14	23	16	9	2	32	--	--	--
1977/1978*	89	54	72	42	58	3	255	91	--	--
1978/1979	1	3	2	1	0	0	--	--	--	--
1979/1980	10	21	17	23	10	3	--	--	51	20
1980/1981	50	12	27	16	6	1	--	--	65	37
1981/1982	29	--	--	27	11	--	41	46	3	1
1982/1983	8	--	--	10	8	--	11	14	34	40
1983/1984	7	--	--	16	4	--	15	15	26	3
1984/1985	28	--	--	55	29	--	102	79	23	6
1985/1986	6	5	9	10	1	1	4	10	13	1
Summe 1. Jahrfünft	160	104	141	98	83	9	--	--	--	--
Summe 2. Jahrfünft	78	--	--	118	53	--	173	164	99	51
Summe Jahrzehnt	238	--	--	216	136	--	--	--	--	--

* Werte aus VELTISISTAS, 1980;
P= Parzelle: .0= kein Eingriff; .1= schwacher Schirmhieb; .2= starker Schirmhieb; .3= Kahlhieb
.4= Lochhieb;
Ü= Überschirmungsprozent; --- = nicht beobachtet;

Tab. 26b: Die Samen- und Früchteproduktion auf ausgewählten Versuchspartellen im Versuchszeitraum (Trockengewicht kg/ha)

1.2 läßt sich aus dem Überschirmungsgrad ein entsprechender Wert von 72% errechnen, tatsächlich liegt die Streumenge bei 68% des Kontrollflächenwertes. Für die Parzelle 2.2 ergibt sich ein errechneter Wert von 57%, dem ein tatsächlicher Wert von 59% gegenübersteht. Auch auf der Südfläche und der FLYSCHfläche gelingt diese näherungsweise Bestimmung der Streumenge: Aus dem Überschirmungsgrad von 51% der Parzelle 6.2 läßt sich ein Streumengenanteil von 59% herleiten, tatsächlich macht die im Mittel des zweiten Jahrfünfts gefallene Streumenge von 2147 kg 56% des Wertes der Kontrollparzelle aus. Für die Parzelle 10.2 errechnet sich ein entsprechender Wert von 65%, die tatsächliche Streumenge liegt bei 62% der Streumenge der Kontrollparzelle.

Kennt man also die in einem dichten Bestand gefallene Streumenge, dann ist es möglich über den Überschirmungsgrad die Menge an Streu zu schätzen, die auf vergleichbaren aufgelichteten Parzellen anfällt. Unter Verwendung der in den 10 Jahren auf der Hauptversuchsfläche (mit Ausnahme der Werte der Parzelle 2.4) festgestellten Trockengewichte der Streu (38 Werte der Tab. 26a) wurde eine entsprechende Schätzgleichung hergeleitet (s. Abb. 24). In diese Gleichung geht die Streumenge auf der Kontrollfläche (x_1) und die Überschirmung (x_2) ein. Sowohl x_1 als auch $x_1 \cdot x_2$ sind hochsignifikant. Die Gleichung hat ein sehr hohes Bestimmtheitsmaß, kann also den verwendeten Datensatz zuverlässig beschreiben.

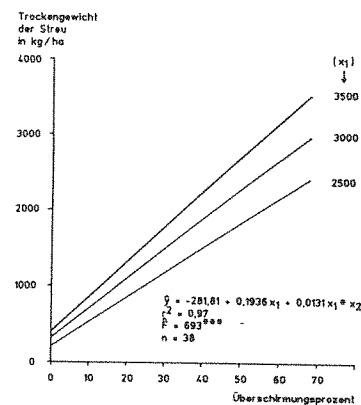


Abb. 24: Die Streuproduktion auf der Hauptversuchsfläche in Abhängigkeit von der Überschirmung (x_2) und der im dichten Bestand (Parzelle 10) gefallenen Streumenge (x_1)

Die in Abb. 24 dargestellte Gleichung kann auch einen Orientierungsrahmen dafür abgeben, inwieweit in den **einzelnen Jahren** Schwankungen in der Streufallmenge auftraten. Auf der Kontrollparzelle 1.0 gelangten im 10-jährigen Mittel 2853 kg/ha ($s = 411$ kg) Streu auf den Boden. Die mittleren Streumengen auf den einzelnen Parzellen lagen demnach zwischen den in Abb. 24 eingezeichneten Linien von 2.5 t und 3.0 t. Die 2.5 t-Linie charakterisiert verhältnismäßig gut die streuärmeren Jahre 1978/79 und 1979/80; die 3.0 t-Linie gibt ein zuverlässiges Bild der Streumengen im Jahr 1980. Die meisten Werte der übrigen Jahre liegen zwischen diesen beiden Linien, mit Ausnahme der Werte des Jahres 1982/83 und des Jahres 1985/86, die deutlich über der 3.0 t-Linie angesiedelt sind. Die 3.5 t-Linie gibt recht gut die Streumengen im Jahr 1985/86 wieder.

Als Erklärung für die unterschiedlichen Streumengen kommen zunächst einmal **Witterungsereignisse** in Betracht. So kommt für die hohen Streuwerte im Jahr 1985/86 eigentlich nur der im Juni 1986 aufgetretene Hagelsturm in Frage (der im übrigen auch an der Natur- und Kunstverjüngung größere Schäden verursacht hat). Für diese Erklärung spricht, daß in der Periode zwischen der ersten Leerung nach dem Winter und der Leerung im August auffallend viel Streu auf den Boden gelangt ist. Mit 1476 kg auf Parzelle 1.0 war es fast 1 t mehr als im vergleichbaren Zeitraum des Jahres 1984, wo auf dieser Parzelle nur 520 kg fielen.

Ebenfalls ein Witterungsereignis und zwar ein Schneebruch zu Winterbeginn 1979 scheint die verhältnismäßig hohen Streumengen im ersten Versuchsjahr auf den Parzellen 10.0 und 10.2 verursacht zu haben. Dazu paßt, daß auf beiden Parzellen eine höhere Streumenge als in den übrigen Jahren in dem Zeitraum registriert wurde, in dem sich der Schneebruch ereignete. Möglicherweise hatte der Schneebruch 1979 auch noch Auswirkungen auf den Streufall im Folgejahr 1980/81, indem er Reisig zu Boden brachte, das sonst erst im nächsten Jahr abgefallen wäre. Dies könnte eine Erklärung dafür sein, warum im Jahr 1980/81 auffallend wenig Streu in die Streukästen gelangte. Auf den oberen Flyschparzellen, auf denen kein Schneebruch stattgefunden hatte, waren jedenfalls in beiden Jahren die Streumengen fast gleich hoch. Auf Parzelle 11.0: 3563 kg im Jahr 1979/80 und 3356 kg im Jahr 1980/81; auf Parzelle 11.2: 1666 kg (1979/80) und 1621 kg (1980/81).

Als weitere die Streumenge beeinflussende Größe kommt die Intensität der **Fruktifikation** in Frage. Die Samen und Früchte selbst fielen dabei kaum ins Gewicht (s. Tab. 26b). Lediglich in Jahren, in denen die Buche fruktifizierte (1977/78 und 1984/85) wurden mehr als 50 kg/ha produziert. Dieser Wert wird sonst nur noch auf der Parzelle 10.0 in den Jahren 1979/80 und 1980/81 überschritten; hier waren es v.a. größere Mengen an Tannensamen, die zu den höheren Gewichten beitrugen. Nun ist es aber keineswegs so, daß eine starke Fruktifikation eine Erhöhung der Gesamtstreuemenge mit sich bringt; in einigen Fällen, wie z.B. auf Parzelle 6.0 im Jahr 1977/78 hat es eher den Anschein, daß eine starke Fruktifikation (255 kg/ha) mit einer besonders niedrigen Menge an übriger Streu (3300 kg/ha) einhergeht. Hier kommt man nur weiter, wenn man die einzelnen Bestandteile der Streu kennt.

Für die ersten drei Versuchsjahre ist die Zusammensetzung der Streu bekannt (s. Tab. 27). So kann man Tab. 27 entnehmen, daß auf der Parzelle 6.0 im Jahr der Fruktifikation der Buche (1977/78) etwa 1.1 t/ha weniger Laubstreu gefallen sind als im Vorjahr. Zu der niedrigen Streumenge hat darüber hinaus auch eine Erscheinung beigetragen, die auf allen Versuchspartellen zu beobachten war: Der Nadelstreufall im zweiten Versuchsjahr lag immer unter dem des ersten Jahres. Auf den Parzellen 6.0 und 6.2 ist es aber in erster Linie die niedrige Laubstreuemenge im Jahr 1977/78, die den großen Unterschied im Streufall der beiden Jahre bedingt. Dabei könnte durchaus eine Gesetzmäßigkeit zum Vorschein kommen, daß nämlich die Buche in Jahren starken Fruchtansatzes weniger oder leichtere Blätter ausbildet als in Jahren ohne Fruktifikation. Dafür spricht, daß HELLER (in ELLENBERG et al., 1986) im Buchenmastjahr 1970/71 im Solling auf der Probrfläche B1 ebenfalls ein besonders niedriges Streugewicht der Buchenblätter registrierte.

Die Befunde von drei Parzellen der Hauptversuchsfläche (1.1, 1.2 und 2.2) scheinen dieser Deutung entgegen zu stehen. Hier ist die Laubmenge im Mastjahr der Buche (1977/78) sogar höher als im Vorjahr. Dazu zwei Anmerkungen: Die Ergebnisse dieser Parzellen haben nicht das gleiche Gewicht wie die der Südfläche, einfach deshalb, weil diese Parzellen buchenärmer sind; auch ist bei diesen Parzellen der Anteil der Ahornblätter an der Laubstreu höher (so besteht

PARZ.	JAHR 1. Sep. bis 31. Aug.	LAUB- streu	NADEL- streu	BLÜTEN- reste	SAMEN		FRÜCHTE		SUMME Samenfrüchte incl. sonstige Baumarten	Fichten- zapfen u. sonstige Samenflügel	Tannen- zapfen- schuppen, Samenflügel	Buchen- kapseln	SUMME Zapfen, Schup- pen, Kapseln incl. sons. Ba.	Übriges**	Gesamt- streu
					Fichte	Tanne	Buche	Ahorn*							
1.0	1976/77	1182	828	19.5	1.5	19.5	---	---	50.3	108.7	58.0	15.0	182.5	672	2914
	1977/78	1077	643	2.0	10.5	2.2	48.9	26.8	88.5	210.4	5.0	95.4	310.8	732	2853
1.1	1976/77	715	721	6.9	6.6	4.4	---	---	15.2	122.9	70.9	2.4	196.2	516	2170
	1977/78	837	672	1.0	9.4	1.2	34.1	9.7	54.4	72.4	4.5	38.5	115.4	454	2134
1.2	1976/77	773	563	2.4	0.2	0.0	0.1	3.1	3.4	100.7	0.3	0.6	102.7	467	2028
	1977/78	781	501	1.3	9.3	2.3	52.3	7.8	71.8	242.5	8.2	80.5	331.2	388	2074
2.2	1976/77	616	547	6.5	1.9	9.6	---	---	15.8	5.4	128.9	2.2	138.2	407	1730
	1977/78	741	345	1.1	5.4	1.7	16.2	18.5	41.8	25.3	4.6	25.0	52.9	266	1949
2.4	1976/77	1058	529	16.4	5.0	1.6	---	---	8.6	3.0	2.1	4.4	9.5	499	2121
	1977/78	969	442	1.3	7.1	0.5	44.9	5.4	57.9	39.0	0.9	86.1	126.0	576	2172
1.3	1976/77	123	30	1.5	0.6	0.8	---	---	2.2	0.8	0.6	0.0	1.4	130	289
	1977/78	83	18	0.3	0.8	0.3	0.6	0.8	2.5	0.2	0.0	1.4	1.6	51	120
6.0	1976/77	2734	829	59.4	2.5	16.3	---	---	31.8	6.7	68.4	9.0	84.1	803	4541
	1977/78	1628	464	7.0	13.0	2.9	199.2	39.9	255.3	147.9	10.7	298.6	457.2	743	3555
6.2	1976/77	1174	587	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	666	2515
	1977/78	720	318	6.9	10.5	6.4	60.1	14.0	91.0	40.4	11.5	88.2	140.1	599	1676

* Ahornfrüchte mit Flügel; ** Übriges umfaßt: Knospenschuppen, Zweige, Rindenstücke und nicht identifizierbare Teile;

Tab. 27: Die Zusammensetzung der Streu auf ausgewählten Versuchspartellen (Trockengewicht kg/ha) Werte von 1976/77 und 1977/78 aus VELTISSTATAS, 1980

z.B. die Laubstreu 1978/79 auf der Parzelle 2.2 zu fast 40% aus Ahornblättern). Aus diesen Gründen ist es auch nicht möglich mit hinreichender Sicherheit zu entscheiden, ob es sich bei den auffallend niedrigen Laubstreuungen im Folgejahr der Buchenmast auf den parzellen des Hauptversuches um Nachwirkungen der Buchenfruktifikation handelt. Zumindest auf der Parzelle 2.4, wo die Laubstreu 1978/79 zu 97% aus Buchenblättern bestand, kann dies jedoch nicht ausgeschlossen werden. In der gegenüber dem Vorjahr reduzierten Laubmenge im Jahr 1978/79 ist jedenfalls ein wesentlicher Grund für die geringen Gesamtstreuungen in diesem Jahr zu finden. Inwieweit für das Zustandekommen dieses Ergebnisses auch methodische Schwächen des Versuches verantwortlich gemacht werden können, ist nicht zu sagen. Die Hypothese, daß in den einzelnen Jahren unterschiedliche Ein- und Auswehung von Laubstreu in den Samenkästen stattgefunden hat, kann weder belegt noch widerlegt werden.

Die vorstehenden Ausführungen zeigen zumindest, daß der Zusammenhang Fruktifikation und Gesamtstreuenge nicht ganz so klar ist, wie es vielleicht in einigen Jahren den Anschein hat, so z.B. 1978/79, wo eine niedrige Fruktifikation mit einer niedrigen Gesamtstreuenge zusammenfällt. Ein wesentlich deutlicherer Zusammenhang ergibt sich, wenn man nicht nur die Samen und Früchte, sondern auch die übrigen Fruktifikationsorgane in die Betrachtung einbezieht. Aus Tab. 27 geht hervor, daß Buchenkapseln, Tannenzapfenschuppen und Fichtenzapfen das Gewicht der Samen bzw. Früchte weit übertreffen. Buchenkapseln und Tannenzapfenschuppen gelangen im Jahr ihrer Bildung oder bis zum Beginn des nächsten Samenjahres in die Streu. Fichtenzapfen dagegen beginnen erst im Herbst des Jahres nach ihrer Bildung abzufallen; so stammen z.B. die 185 kg im Jahr 1978/79 auf Parzelle 1.0 gefundenen Fichtenzapfen aus dem Fichten-samenjahr 1977/78. Welch bedeutsamen Anteil gerade Fichtenzapfen an der Gesamtstreuenge haben, belegen einige Zahlen von der fichtenreichen Parzelle 10.0. Die Fichtenzapfen haben in den einzelnen Jahren folgendes Gewicht: 1980/81 - 139 kg; 1981/82 - 330 kg; 1982/83 - 71 kg; 1983/84 - 283 kg; 1984/85 - 181 kg; 1985/86 - 12 kg. Die Zapfen stammen jeweils aus dem Vorjahr. Die unterschiedlichen Zapfenmengen können damit die Schwankungen in der Gesamtstreuenge teilweise erklären; so sind 1981/82 und 1983/84 die Zapfenmengen und die Gesamtstreuengewichte deutlich höher als etwa im Jahr 1982/83 (s. Tab. 26a).

Nicht erklärbar, weder durch hohe Zapfenmengen noch durch Witterungseinflüsse sind die hohen Streugewichte auf den Flyschparzellen 10.0 und 10.2 im Jahr 1985/86. Hagelschäden wie auf der Hauptversuchsfläche waren nicht festzustellen. Es ist dort mehr Streu als sonst auf den Boden gelangt und zwar während des Winters und nicht danach. Der verstärkte Streufall hat nur die untere Flyschfläche betroffen, auf der oberen Flyschfläche waren die Streumengen mit 3470 kg/ha (Parz. 11.0) und 1546 kg/ha (Parz. 11.2) gleich hoch wie in den ersten beiden Versuchsjahren.

Ebenfalls keine Erklärung kann für die hohen Streumengen im Jahr 1982/83 im kalkalpinen Bereich angeführt werden. Bevor man für diese nicht erklärbaren hohen Streumengen die neuartigen Waldschäden verantwortlich macht, muß man versuchen herauszubekommen, ob nicht doch starke Stürme im Herbst 1982 oder im Winter 1982/83 auf den betreffenden Parzellen den erhöhten Streufall verursacht haben. (Auf den Probeflächen im Solling machte sich jedenfalls der Einfluß des 72er Sturms deutlich in einem erhöhten Streufall bemerkbar). Gegen die Annahme von Sturmeinwirkungen im Jahr 1982/83 auf den kalkalpinen Versuchspartellen spricht, daß keine Sturmwürfe registriert wurden. Auch sind die erhöhten Streumengen auf den einzelnen Parzellen nicht gleichzeitig in die Samenkästen gelangt. So war auf Parzelle 1.0 ein erhöhter Streufall vor dem 27.11.1982 festzustellen, während auf der Parzelle 2.4 und der Südfläche ungewöhnlich viel Streu in der Winterperiode (nach dem 27.11.1982) aufgefangen wurde. Auf der stark aufgelichteten Parzelle 2.2 war hingegen nichts Unnormales zu entdecken.

Wenn die im Zuge der neuartigen Waldschäden aufgetretenen Verlichtungen der Kronen zu einem erhöhten Streufall geführt haben, dann könnte vor dem Hintergrund der Werte der Tab. 26a als Zeitpunkt dafür im kalkalpinen Bereich das Jahr 1982/83 in Frage kommen. Für präzisere Aussagen z.B. bezüglich eines verstärkten Nadelstreufalls wäre eine Trennung der Streu in die einzelnen Komponenten (wie z.B. in den ersten drei Versuchsjahren) notwendig gewesen. So kann man lediglich konstatieren, daß auf der Hauptversuchsfläche im kalkalpinen Bereich der Streufall im zweiten Jahrfünft deutlich über dem des ersten Jahrfünfts gelegen hat, wozu allerdings neben dem erhöhten Streufall im Jahr 1982/83 auch der Hagelschlag im Jahr 1986 ganz wesentlich beigetragen hat.

6.22 Die Samen und Früchte

6.221 Die Fichtensamen

Samenjahre

In Tab. 28a ist das Gewicht und in Tab. 28b die Anzahl der Fichtensamen, die in den Versuchsjahren auf ausgewählten Parzellen gefunden wurden, aufgeführt. Den Tabellen ist zu entnehmen, daß nahezu auf allen Parzellen in jedem Jahr Fichtensamen aufgefangen wurden; lediglich auf der Kahlfläche (Parz. 1.3) gelangten in zwei Jahren (1978/79 und 1979/80) überhaupt keine Fichtensamen in die Samenfänge. Oft waren es nur geringe Mengen, die in den Samenkästen auftauchten; vier der zehn Versuchsjahre kann man jedoch als ausgesprochene Fichtensamenjahre bezeichnen und zwar die Jahre 1976/77, 1977/78, 1980/81 und 1982/83. Mindestens 1.5 kg (bzw. mindestens 250 Tsd.) Fichtensamen wurden in diesen Jahren pro Hektar auf allen Versuchspartellen (mit Ausnahme der Kahlhiebe) produziert. Die größte Menge an Fichtensamen mit 39.5 kg (bzw. ca. 9 Mio.) pro Hektar wurde im Samenjahr 1980/81 auf der Flyschparzelle 10.0 registriert. Die vier Fichtensamenjahre zeichnen sich auf allen drei in Tab. 28a u. b aufgeführten Versuchsflächen ab: Auf der Hauptversuchsfläche, der Südfläche und der unteren Flyschfläche fruktifizierte die Fichten in den gleichen Jahren.

Samendichte und waldbauliche Eingriffe

Der Einfluß der waldbaulichen Behandlung des Altbestandes auf die Fichtensamenproduktion ist anhand der Werte in den Tab. 28a und b nicht ganz einfach zu beurteilen. Ist doch die Reihung der Partellen nach der Höhe der Samenproduktion nicht in jedem Jahr gleich (wenn man einmal davon absieht, daß auf den Kahlhieben regelmäßig die wenigsten Samen anfallen). So werden auf der Hauptversuchsfläche die meisten Fichtensamen im Jahr 1976/77 auf der Parzelle 1.1 ausgebildet, im Jahr 1977/78 sind die höchsten Samenmengen auf Parzelle 1.0 zu finden und im Jahr 1980/81 ist es die Parzelle 1.2, auf der die größten Samenmengen zu verzeichnen sind.

Auch auf der Südfläche und im Flysch ist die Reihenfolge nicht gleichbleibend. Offenbar haben die einzelnen Bestände auf den verschiedenen Versuchspartellen einen unterschiedlichen Fruktifikationsgrad erreicht.

JAHR 1. Sept. bis 31. Aug.	KALKALPEN Hauptversuchsfläche						KALKALPEN Südfläche		FLYSCH untere Fläche	
	P=1.0 Ü=68	P=1.1 Ü=56	P=1.2 Ü=49	P=2.2 Ü=39	P=2.4 ---	P=1.3 Ü=0	P=6.0 Ü=86	P=6.2 Ü=51	P=10.0 Ü=83	P=10.2 Ü=54
1976/1977*	1.5	6.6	5.0	1.9	5.0	0.6	2.5	----	----	----
1977/1978*	10.5	9.4	9.3	5.4	7.1	0.8	13.0	10.5	----	----
1978/1979	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0	----	----	----	----
1979/1980	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0	----	----	0.6	0.1
1980/1981	2.2	3.1	5.6	1.8	2.5	0.3	----	----	39.5	28.3
1981/1982	0.1	----	----	0.1	<0.1	----	0.1	0.2	0.6	0.5
1982/1983	2.5	----	----	1.9	4.7	----	1.7	1.9	12.2	31.7
1983/1984	0.2	----	----	<0.1	0.2	----	0.2	0.3	0.3	0.6
1984/1985	0.1	----	----	0.1	0.2	----	0.3	0.6	0.2	0.1
1985/1986	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	<0.1	0.2	0.2	0.2	0.5
Summe 1. Jahrfünft	14.4	19.3	20.1	9.3	14.8	1.7	----	----	----	----
Summe 2. Jahrfünft	2.8	----	----	2.2	5.4	----	2.4	3.1	13.5	33.4
Summe Jahrzehnt	17.2	----	----	11.5	20.1	----	----	----	----	----

* Werte aus VELTSISTAS, 1980;
P= Parzelle: .0= kein Eingriff) .1= schwacher Schirmhieb; .2= starker Schirmhieb; .3= Kahlhieb
.4= Lochhieb)
Ü= Überschirmungsprozent; ---- nicht beobachtet)

Tab. 28a: Das Gewicht der Fichtensamen (Trockengewicht kg/ha) in verschiedenen Jahren auf Versuchspartzellen

JAHR 1. Sept. bis 31. Aug.	KALKALPEN Hauptversuchsfläche						KALKALPEN Südfläche		FLYSCH untere Fläche	
	P=1.0 Ü=68	P=1.1 Ü=56	P=1.2 Ü=49	P=2.2 Ü=39	P=2.4 ---	P=1.3 Ü=0	P=6.0 Ü=86	P=6.2 Ü=51	P=10.0 Ü=83	P=10.2 Ü=54
1976/1977*	251 (36)	1005 (45)	859 (30)	359 (36)	872 (32)	125 (40)	504 (31)	300 (38)	----	----
1977/1978*	2600 (32)	2080 (36)	2300 (23)	1200 (36)	1770 (44)	160 (37)	2960 (29)	2120 (33)	----	----
1978/1979	49 (0)	57 (2)	48 (0)	37 (4)	48 (3)	0 (-)	----	----	----	----
1979/1980	17 (0)	8 (0)	9 (0)	5 (0)	1 (0)	0 (-)	----	----	168 (2)	28 (0)
1980/1981	588 (30)	733 (37)	1616 (26)	544 (27)	633 (30)	71 (40)	----	----	8892 (49)	6157 (50)
1981/1982	20 (7)	----	----	17 (8)	9 (0)	----	21 (0)	83 (8)	237 (3)	185 (4)
1982/1983	557 (31)	----	----	517 (26)	1216 (34)	----	420 (30)	471 (28)	3525 (23)	8588 (25)
1983/1984	33 (52)	----	----	7 (0)	43 (59)	----	35 (50)	48 (67)	103 (16)	184 (17)
1984/1985	19 (36)	----	----	33 (24)	76 (37)	----	56 (40)	129 (31)	59 (20)	20 (20)
1985/1986	12 (22)	37 (25)	20 (20)	27 (5)	52 (0)	4 (33)	48 (14)	51 (13)	59 (11)	165 (10)
Summe 1. Jahrfünft	3505 (31)	3883 (38)	4812 (25)	2145 (33)	3324 (38)	356 (39)	----	----	----	----
Summe 2. Jahrfünft	641 (31)	----	----	601 (24)	1396 (33)	----	580 (30)	782 (28)	3983 (21)	9142 (24)
Summe Jahrzehnt	4146 (31)	----	----	2746 (31)	4720 (36)	----	----	----	----	----

* Werte aus VELTSISTAS, 1980;
P= Parzelle: .0= kein Eingriff) .1= schwacher Schirmhieb; .2= starker Schirmhieb; .3= Kahlhieb
.4= Lochhieb)
Ü= Überschirmungsprozent; ---- nicht beobachtet)

Tab. 28b: Die Anzahl der Fichtensamen (Tsd./ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchspartzellen. In Klammern ist der Vollkornanteil bzw. für die Jahre 76/77 und 77/78 das Keimprozent der Samen angegeben.

tionsrhythmus, der durch die Intervalle zwischen den Samenjahren sowie die Zahl und die Stellung der Bäume im Bestand bestimmt wird. In ausgesprochenen Mastjahren, wie z.B. 1977/78 auf der Haupt- und Südfläche oder 1980/81 auf der FLYSCHfläche, fruktifizierten die meisten Bäume der Oberschicht (im Mastjahr 1977/78 konnte dies VELTSISTAS durch Auszählen von zapfentragenden Bäume tatsächlich belegen). Für die Höhe der Saatgutproduktion ist hier in erster Linie die Anzahl der Bäume in der Oberschicht ausschlaggebend. Deshalb sind in diesen Jahren die höchsten Samenmengen immer auf den Kontrollparzellen, auf denen die meisten Oberschichtfichten stehen, zu finden. In weniger ausgeprägten Mastjahren, wie z. B. 1976/77 und 1980/81 auf der Hauptversuchsfläche, fruktifizierten lediglich die stärker freigestellten Bäume der Oberschicht; davon gibt es auf den waldbaulich behandelten Parzellen mehr und deshalb ist die Samenmenge auf den aufgelichteten Parzellen größer. Dabei können auf aufgelichteten Parzellen Samenmengen erzeugt werden, die fast die Größenordnung von Vollmasten auf den Kontrollparzellen erreichen, so z.B. 1982/83 auf der FLYSCHparzelle 10.2, auf der mit 8.6 Mio. Fichtensamen pro Hektar fast so viele Samen wie 2 Jahre zuvor auf der Kontrollparzelle produziert wurden. Hier hat sicher eine Rolle gespielt, daß der Nährstoffspeicher der Fichten auf der stark aufgelichteten Parzelle nach dem Mastjahr 1980/81 schneller wieder aufgefüllt war als auf der Kontrollparzelle.

Bezieht man die auf der Hauptversuchsfläche in verschiedenen Versuchsjahren gefundenen Fichtensamendichten auf die Grundflächen der in der Oberschicht der Altbestände vorhandenen Fichten, dann ergibt sich das in Abb. 25 wiedergegebene Bild.

Der Bezug der Samendichten auf den Baumartenanteil im Altbestand wirft eine Reihe von Problemen auf. Zum einen ist nicht gesagt, daß die auf der Parzelle gefundenen Fichtensamen tatsächlich auch von Bäumen innerhalb der Parzelle stammen und zum anderen ist nicht bekannt, welche Bäume in den einzelnen Jahren auf der Parzelle tatsächlich fruktifiziert haben. Hier wurde angenommen, daß alle aufgelichteten Fichtensamen von Bäumen auf der Parzelle stammen (was nach den von MOSANDL, 1984 gezeigten Bildern der Fichtensamenverteilung auch tatsächlich für die meisten Fichtensamen zutreffen dürfte); weiter wurde davon ausgegangen, daß es fast ausschließlich Oberschichtbäume waren, die Fichtensamen ausgebildet haben (was nach den Untersuchungen von VELTSISTAS der Wirklichkeit sehr nahe kommen dürfte). Bezogen wurde die Samendichte immer auf die Grundfläche der Oberschichtbäume im Jahr 1976; dabei wird unterstellt,

daß die Grundfläche im Versuchszeitraum konstant geblieben ist, sich Zuwachs und Ausfall an Grundfläche der Oberschichtbäume somit die Waage gehalten haben. Alle Angaben beziehen sich auf die Hektar-Hangfläche.

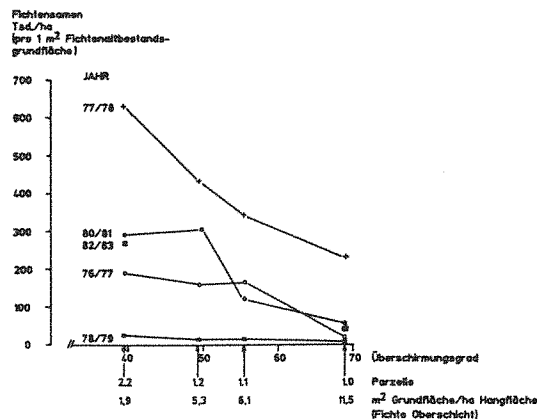


Abb. 25 : Die Produktion an Fichtensamen (Tsd./ha) pro 1 m² Fichtenallbestandsgrundfläche in Abhängigkeit vom Beschirmungsgrad

Es zeigt sich, daß in den Fichtensamenjahren pro Quadratmeter Fichtengrundfläche auf der starken Schirmhiebparzelle 2.2 erheblich mehr Samen produziert wurden als auf der Kontrollparzelle 1.0. Die Parzellen 1.2 und 1.1 lassen sich entsprechend ihrem Auflichtungsgrad dazwischen einordnen. Die Werte der Parzelle 2.4 (mit 6 m² Fichtengrundfläche in der Oberschicht) würden, wenn man einen Überschirmungsgrad von 60% annimmt, sehr gut ins Bild passen. Es gibt nun zwei Möglichkeiten, wie die in Abb. 25 dargestellte höhere Samenproduktivität auf den aufgelichteten Parzellen gedeutet werden kann. Entweder sind auf den aufgelichteten Parzellen dickere und stärker fruktifizierende Bäume vorhanden als auf den Kontrollparzellen oder aber gleich dicke Bäume haben auf den aufgelichteten Parzellen stärker fruktifiziert als auf den geschlossenen Parzellen, wobei letzteres als Erfolg der waldbaulichen Behandlung zu werten wäre. Der Tab. 7 kann man entnehmen, daß die mittleren Durchmesser der Oberschichtbäume auf den einzelnen Parzellen des Hauptversuches sich gar nicht so sehr voneinander unterscheiden (sie bewegen sich in einem Rahmen von 32 bis 42 cm). Es wird deshalb der zweiten Deutung der Vorzug gegeben, wonach die waldbauli-

chen Eingriffe zu einer Standraumerweiterung der Oberschichtbäume und damit zu einer stärkeren Umlichtung und Fruktifikation geführt haben. Besonders ausgeprägt ist diese Erscheinung in ausgesprochenen Samenjahren, wie z.B. 1977/78.

Nun tritt dieser Effekt der waldbaulichen Behandlung nicht immer zu Tage. So kann man leicht ausrechnen, daß sich auf der Südfläche (Parz. 6.0 mit 7,5 qm Fichtengrundfläche und Parz. 6.2 mit 7,6 qm Fichtengrundfläche) in keinem Samenjahr ein Vorteil an Produktivität auf der Schirmhiebparzelle ergibt. Auch im Flysch (Parzelle 10.0 mit 29.2 qm Fichtengrundfläche und Parzelle 10.2 mit 18.8 qm Fichtengrundfläche) schneidet zumindest im Jahr 1980/81 der aufgelichtete Bestand mit 328 Tsd. Fichtensamen pro qm Fichtengrundfläche nicht wesentlich besser ab als der geschlossene Bestand mit 305 Tsd. Fichtensamen pro qm Fichtengrundfläche (die Produktivität ist damit interessanterweise im Flysch etwa gleich hoch wie auf den stark aufgelichteten Parzellen im Kalkalpin, s. Abb. 25).

Ein Blick in Tab. 7 zeigt, daß auf der Südfläche und im Flysch auf den Kontrollparzellen besonders starke Oberschichtfichten stocken, von denen anzunehmen ist, daß sie ausreichend umlichtet sind, um eine große Menge an Samen ausbilden zu können. Doch können selbst solche starken Fichten in ihrem Fruktifikationsverhalten beeinflußt werden, in dem ihnen durch gezielte Freistellung die Möglichkeit geboten wird, ihren Nährstoffspeicher schneller wieder aufzufüllen; damit sind sie in der Lage häufiger zu fruktifizieren. Dies geht aus der großen Überlegenheit des stark aufgelichteten Bestandes gegenüber dem dichten Bestand im Jahr 1982/83 im Flysch hervor. Hier wurden zwei Jahre nach dem Samenjahr 1980/81 auf der Parzelle 10.2 457 Tsd. Fichtensamen pro qm Fichtengrundfläche erzeugt, gegenüber 121 Tsd. Fichtensamen pro qm Fichtengrundfläche auf Parzelle 10.0.

Nach alledem wird man davon ausgehen können, daß die waldbaulichen Eingriffe nicht ohne Einfluß auf die Fichtensamenproduktion geblieben sind. Je nachdem, wie sehr die Kronen der Fichten im geschlossenen Bestand eingengt waren, wurde der Fruchtansatz durch die Eingriffe mehr oder weniger stark gefördert. Auch die Häufigkeit

der Fruktifikation wurde erhöht, so daß insgesamt die Produktivität pro Einheit (m^2 Grundfläche oder Baum) gesteigert wurde.

Andererseits wurden durch die Eingriffe auch potentielle Samenträger entfernt. Dies führt bei einer bestandesweisen Betrachtung letztendlich zu einer Optimumfunktion der Fichtensamendichte. In dichten Beständen ist zwar die Zahl der potentiellen Samenträger groß, die Produktivität pro Einheit aber gering. Durch waldbauliche Eingriffe nimmt die Zahl der potentiellen Samenträger ab, die Produktivität je Einheit steigt aber an, so daß sich hier höhere Samendichten als im geschlossenen Bestand einstellen. Wird eine bestimmte Zahl an Samenträgern unterschritten, dann nimmt trotz weiterer Zunahme der Produktivität der Einzelbäume die Gesamtsamenmenge wieder ab.

Die in Tab. 28b in der Summe der Fichtensamen des ersten Jahrfünfts sich abzeichnende Optimumbeziehung auf der Hauptversuchsfläche scheint demnach kein Zufall zu sein. Mit abnehmendem Überschirmungsgrad und zurückgehender Grundfläche der Fichte in der Oberschicht nimmt die Summe der Fichtensamen von Parzelle 1.0 bis hin zu Parzelle 1.2 leicht zu, wo sie mit 4.8 Mio. Fichtensamen pro Hektar (das sind 480 Fichtensamen pro m^2) den höchsten Wert erreicht. Bei noch stärkerer Auflichtung sinkt sie jedoch rapide ab; nur mehr etwa die Hälfte an Fichtensamen (ca. 1.2 Mio./ha) werden auf Parzelle 2.2 produziert, obwohl hier die Produktivität pro m^2 Fichtengrundfläche am größten ist (s. Abb. 25). Die Zahl der Samenträger ist auf Parzelle 2.2 doch schon so stark reduziert, daß ein deutlicher Rückgang in der Fichtensamenausbeute eintritt. Die geringsten Samendichten finden sich dann auf der Kahlhiebsparzelle, wo sämtliche Samenträger beseitigt wurden; trotzdem flogen hier immerhin noch ca. 36 Fichtensamen pro Quadratmeter in den ersten fünf Jahren an.

Auf der Lochhiebsparzelle dürfte eine Optimumbeziehung der Samendichte schon auf kleiner Fläche gegeben sein; statt einer Abhängigkeit vom Überschirmungsgrad dürfte hier eine Abhängigkeit von der Entfernung vom Altbestandesrand vorliegen, wobei das Optimum am Bestandesrand zu finden sein wird (s. hierzu MOSANDL, 1984).

Samendichte und Vollkornanteil

In Tab. 28 b ist auch angegeben, wieviele der aufgefangenen Fichtensamen einen Embryo enthielten bzw. wieviele Samen in den ersten beiden Versuchsjahren keimfähig waren. Ein allgemein gültiger Zusammenhang dieser Prozentwerte mit der Samendichte ist nicht auszumachen. Zwar ist häufig in den Jahren, in denen nur wenige Fichtensamen fallen, der Vollkornanteil sehr niedrig bzw. der Hohlkornanteil sehr hoch, so z.B. in den Jahren 1978/79, 1979/80 und 1981/82; trotzdem gibt es auch Jahre, wie z.B. 1983/84 und 1984/85, in denen nur sehr wenige, aber qualitativ hochwertige Samen ausgebildet wurden.

Demnach kann mit den Zahlen in Tab. 28b nur folgende Aussage belegt werden: Wenn die Samendichte über 25 Stück pro m^2 (250 Tsd./ha) liegt, dann beträgt der Vollkornanteil mindestens 20%. Wichtiger für die Samenqualität als die Samendichte scheint das Samenjahr zu sein. So gibt es Jahre, die sich auf allen Parzellen, unabhängig von der Dichte, durch eine gute Samenqualität auszeichnen; andere fallen durch ihre schlechte Qualität auf. Das sieht man auch daran, daß selbst dort, wo die Samendichte durch einen Kahlhieb stark reduziert wurde, sich die besseren Jahre durch einen hohen Vollkornanteil abheben.

Einen Rückgang der Saatgutqualität in den 10 Beobachtungsjahren kann man zumindest auf den kalkalpinen Versuchsflächen nach den Werten in Tab. 28b ausschließen. Etwas kritischer ist die Situation im Flysch zu sehen, wo seit 1981/82 die Vollkornanteile immer unter denen im Kalkalpin liegen und auch höhere Vollkornanteile von über 25% (wie noch 1980/81) trotz großer Samendichten nicht mehr erreicht werden. Ob hier nachhaltige Beeinträchtigungen infolge von neuartigen Waldschäden vorliegen, müßten weiterführende Untersuchungen in den nächsten Jahren an den Tag bringen.

Tausendkorngewicht und Vollkornanteil

Teilt man das Gewicht der Fichtensamen (Tab. 28a) durch die in Tab. 28b angegebene Anzahl von tausend Fichtensamen, so erhält man das Tausendkorngewicht des ungereinigten, also nicht von Hohlkörnern befreiten Fichtensaatgutes.

Die Samen wurden nach der Trocknung auf 1/10 mg genau gewogen; auch die Zahl der Fichtensamenkörner war sehr sorgfältig erhoben worden. Insofern konnte der Versuch unternommen werden, von den tatsächlich ermittelten Gewichten auf die Tausendkorngewichte hochzurechnen. Dazu wurden die Originalwerte (also nicht die gerundeten Werte aus Tab. 28a und b) herangezogen. Ab dem Jahr 1982/83 wurden Hohlkörner und Vollkörner getrennt gewogen. Lediglich im Jahr 1982/83 waren aber genügend Vollkörner vorhanden, um das Tausendkorngewicht von Fichtenvollkörnern bestimmen zu können.

In Abb. 26 ist der Vollkornanteil der Fichtensamen (aus Tab. 28b) in Abhängigkeit vom Tausendkorngewicht dargestellt. Mit aufgenommen in Abb. 26 wurden die 1982/83 ermittelten Vollkorngewichte. Sie lagen zwischen 6.5 und 8 g/Tsd. und damit alle recht nahe an dem von ROHMEDEK (1972) angegebenen Mittelwert von 7.7 g/Tsd.. Die Hohlkörner wogen im Jahr 1982/83 zwischen 2.3 und 2.9 g/Tsd.. Nimmt man an, daß das Gewicht von Voll- und Hohlkörnern in den einzelnen Jahren nicht sehr stark schwankt (der Beweis des Gegenteils wäre eine interessante Zusatzuntersuchung wert gewesen), dann ist das Gewicht des ungereinigten Saatgutes in erster Linie vom Hohlkornanteil abhängig. Es ist dann möglich vom Tausendkorngewicht des ungereinigten Saatgutes auf den Hohlkornanteil zu schließen. Umgekehrt ist es auch möglich aus der Anzahl und dem Vollkornanteil das Gewicht des ungereinigten Saatgutes zu schätzen. So sind z.B. auf Parzelle 1.0 in 10 Jahren 4.1 Mio. Fichtensamen aufgefangen worden. Bei einem durchschnittlichen Vollkornanteil von 31% errechnet sich aus der Gleichung in Abb. 26 ein Tausendkorngewicht von 4.05 g; damit läßt sich ein Samengewicht von 16.8 kg schätzen, was dem tatsächlichen Gewicht von 17.2 kg/ha (Tab. 28a) recht nahe kommt.

Die grobe Beziehung in Abb. 26 kann man sich auch zunutze machen, wenn man die Saat durch die Natur mit der Saat durch den Menschen vergleichen möchte. Im Gegensatz zur Natur verwendet der Mensch für Saaten gereinigtes Saatgut; man müßte also eine Vorstellung davon bekommen, wieviel qualitativ hochwertiges Saatgut das ungereinigte Saatgut der Natur enthält. Wieder am Beispiel der Parzelle 1.0 läßt sich ausrechnen, daß die in 10 Jahren gefallenen Vollkörner (4.1 Mio. x 0.31 = 1.3 Mio.) bei einem Vollkorngewicht von 7.5 g/Tsd. etwa 9.6 kg wiegen (für die Hohlkörner ergibt sich bei 2.5 g/Tsd. ein Gewicht von 7.2 kg, zusammen also 16.8 kg). Die Natur hat demnach im 10jährigen Versuchszeitraum etwa 10 kg hochwertiges Fich-

tensaatgut auf der Parzelle 1.0 ausgebracht. Vergleicht man dies mit den früher bei Fichtensaat verwendeten Samenmengen (9 Bayer. Pfund pro Bayer. Tagwerk = 5.04 kg pro 0.34 ha bzw. 14.8 kg pro ha; Angaben aus STUMPF, 1870), dann kann man feststellen, daß die Saatgutmenge von 10 kg für ausreichend erachtet wurde, um 2 Bayer. Tagwerk (ca. 2/3 ha) vollständig mit Fichte zu besäen. Auch auf Parzelle 2.2 wären die 6.4 kg hochwertiges Fichtensaatgut genug gewesen, um auf 0.4 ha einen reinen Fichtenbestand zu begründen.

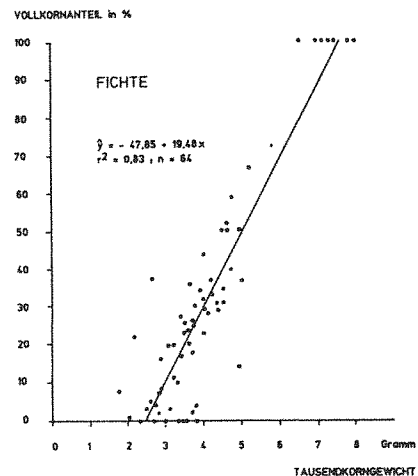


Abb. 26 : Zusammenhang zwischen dem Vollkornanteil und dem Tausendkorngewicht von Fichtensamen

Die in 7 Jahren im Flysch ausgestreuten Fichtensamen - auf beiden Parzellen waren es ca. 5.2 Mio. Vollkörner mit einem Gewicht von ungefähr 39 kg/ha - hätten gereicht, um jeweils 2.5 ha mit einem Fichtenwald zu überziehen bzw. es hätten auf der gleichen Fläche etwa drei Versuche unternommen werden können, um einen Fichtenbestand zu begründen, wovon zwei hätten scheitern dürfen.

6.222 Die Tannensamen

Samenjahre

Aus den Tab. 29a und 29b ist das Gewicht und die Anzahl der im Versuchszeitraum auf ausgewählten Versuchspartzellen aufgefangenen Tannensamen ersichtlich. Größere Tannensamenmengen (über 4 kg bzw. mehr als 100 Tsd. Stück pro Hektar) sind auf der Kontrollparzelle 1.0 in vier Jahren registriert worden und zwar in den Jahren 1976/77, 1979/80, 1980/81 und 1982/83. Auch auf den übrigen Versuchspartzellen (mit Ausnahme der Lochhieb- und Kahlhiebpartzellen) zeichnen sich diese Jahre durch hohe Samenmengen aus. Man wird demnach diese vier Jahre als Tannensamenjahre bezeichnen können. Sie stimmen weitgehend mit den Fichtensamenjahren überein: In den Jahren 1976/77, 1980/81 und 1982/83 hatte auch die Fichte stärker fruktifiziert. Das Tannensamenjahr 1979/80 fällt hingegen nicht mit einem Fichtensamenjahr zusammen; dafür hatte die Fichte im Jahr 1977/78, das ohne stärkeren Zapfenbesatz bei der Tanne blieb, größere Mengen an Samen gebildet.

Über die Samenjahre hinaus, die sich im Kalkalpin abzeichneten, fielen im Flysch weitere Jahre mit einer stärkeren Fruktifikation der Tanne auf. Auf der Kontrollparzelle 10.0 gelangten auch in den Jahren 1983/83, 1984/85 und 1985/86 beachtliche Mengen an Tannensamen auf den Boden; auf der aufgelichteten Parzelle 10.2 war davon lediglich im Jahr 1984/85 etwas zu spüren.

Das ergiebigste Samenjahr war im Kalkalpin das Jahr 1980/81 (ca. 26 kg Tannensamen pro Hektar auf Parzelle 1.0); im Flysch war es das Jahr 1979/80 (ca. 51 kg Tannensamen pro Hektar auf Parzelle 10.0).

Samendichte und waldbauliche Eingriffe

Für eine erste Beurteilung der Auswirkung der waldbaulichen Eingriffe auf die Tannensamendichte zieht man am besten die Summen der im ersten Jahrfünft auf der Hauptversuchsfläche gefallenen Samen heran (s. Tab. 29b). Die meisten Samen sind mit 1.9 Mio./ha auf der Kontrollparzelle 1.0 registriert worden. Mit zunehmender Auflichtung nimmt die Tannensamendichte kontinuierlich ab; auf der Kahlfläche sind es nur mehr 5% der Menge, die auf der Kontrollparzelle zu finden ist (was in absoluten Zahlen ausgedrückt immerhin noch 91 Tsd. Tannensamen pro Hektar bzw. 9 Samen pro m² entspricht).

JAHR 1. Sept. bis 31. Aug.	KALKALPEN Hauptversuchsfläche						KALKALPEN Südfläche		FLYSCH untere Fläche	
	P=1.0 Ü=68	P=1.1 Ü=56	P=1.2 Ü=49	P=2.2 Ü=39	P=2.4 ---	P=1.3 Ü=0	P=6.0 Ü=86	P=6.2 Ü=51	P=10.0 Ü=83	P=10.2 Ü=54
1976/1977*	19.5	4.4	14.6	9.6	1.6	0.8	16.3	----	----	----
1977/1978*	2.2	1.2	2.3	1.7	0.5	0.3	2.9	6.4	----	----
1978/1979	0.2	0	0.3	0.1	0	0	----	----	----	----
1979/1980	6.0	6.3	6.0	6.1	1.3	0.7	----	----	50.8	19.4
1980/1981	25.9	8.3	21.4	10.6	3.3	0.7	----	----	25.7	9.0
1981/1982	<0.1	----	----	0	0	----	<0.1	0.2	2.6	0.1
1982/1983	4.2	----	----	5.2	2.7	----	6.5	8.5	21.4	7.6
1983/1984	1.8	----	----	2.9	0.3	----	2.4	1.9	25.3	2.4
1984/1985	2.0	----	----	1.5	0.5	----	2.4	3.7	9.8	5.9
1985/1986	0.8	0.3	1.9	0.5	0.1	0.1	0.5	5.2	12.9	0.3
Summe 1. Jahrfünft	53.8	20.2	44.6	28.0	6.7	2.5	----	----	----	----
Summe 2. Jahrfünft	8.7	----	----	10.1	3.7	----	11.8	19.4	71.9	16.4
Summe Jahrzehnt	62.5	----	----	38.1	10.4	----	----	----	----	----

* Werte aus VELTISISTAS, 1980;
P= Parzelle: .0= Kein Eingriff; .1= schwacher Schirmhieb; .2= starker Schirmhieb; .3= Kahlhieb
.4= Lochhieb
Ü= Überschirmungsprozent) ---- nicht beobachtet)

Tab. 29a: Das Gewicht der Tannensamen (Trockengewicht kg/ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchspartzellen

JAHR 1. Sept. bis 31. Aug.	KALKALPEN Hauptversuchsfläche						KALKALPEN Südfläche		FLYSCH untere Fläche	
	P=1.0 Ü=68	P=1.1 Ü=56	P=1.2 Ü=49	P=2.2 Ü=39	P=2.4 ---	P=1.3 Ü=0	P=6.0 Ü=86	P=6.2 Ü=51	P=10.0 Ü=83	P=10.2 Ü=54
1976/1977*	681 (35)	179 (31)	517 (32)	339 (27)	64 (19)	29 (36)	577 (34)	288 (32)	----	----
1977/1978*	51 (8)	41 (0)	68 (2)	40 (0)	17 (0)	13 (0)	76 (14)	157 (15)	----	----
1978/1979	8 (0)	0 (-)	9 (0)	3 (0)	0 (-)	0 (-)	----	----	----	----
1979/1980	173 (39)	196 (41)	168 (42)	159 (40)	44 (27)	21 (25)	----	----	1313 (56)	471 (69)
1980/1981	1029 (32)	331 (29)	909 (34)	429 (33)	129 (30)	28 (24)	----	----	764 (15)	317 (12)
1981/1982	1 (0)	----	----	0 (-)	0 (-)	----	1 (0)	5 (25)	73 (2)	4 (0)
1982/1983	113 (27)	----	----	145 (29)	75 (34)	----	151 (40)	219 (51)	591 (22)	225 (15)
1983/1984	52 (28)	----	----	79 (14)	12 (0)	----	61 (9)	51 (13)	671 (18)	71 (28)
1984/1985	51 (34)	----	----	45 (29)	15 (55)	----	67 (26)	111 (30)	272 (30)	188 (34)
1985/1986	19 (21)	11 (0)	44 (3)	15 (9)	4 (0)	1 (0)	16 (10)	129 (29)	309 (10)	9 (29)
Summe 1. Jahrfünft	1942 (33)	747 (31)	1671 (33)	970 (31)	254 (25)	91 (25)	----	----	----	----
Summe 2. Jahrfünft	236 (28)	----	----	204 (24)	106 (32)	----	296 (28)	515 (22)	1916 (18)	497 (24)
Summe Jahrzehnt	2178 (32)	----	----	1254 (29)	360 (27)	----	----	----	----	----

* Werte aus VELTISISTAS, 1980;
P= Parzelle: .0= Kein Eingriff; .1= schwacher Schirmhieb; .2= starker Schirmhieb; .3= Kahlhieb
.4= Lochhieb
Ü= Überschirmungsprozent) ---- nicht beobachtet)

Tab. 29b: Die Anzahl der Tannensamen (Tsd./ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchspartzellen. In Klammern ist der Vollkornanteil bzw. für die Jahre 76/77 und 77/78 das Keimprozent der Samen angegeben.

Nicht ins Bild paßt die Tannensamenmenge auf Parzelle 1.1; hier sind, gemessen an den Werten der Parzellen 1.0 und 1.2, mit 747 Tsd. Tannensamen/ha verhältnismäßig wenige Samen auf den Boden gelangt. An diesem Befund ändert sich auch nichts, wenn man die Tannensamen auf die Grundfläche der Tanne in der Oberschicht bezieht (Hangflächenwerte aus dem Jahr 1976): Die Parzelle 1.1 hat nämlich mit 5.4 qm etwa ebensoviel Tannengrundfläche wie die Parzelle 1.2 mit 5.2 qm, wo jedoch deutlich größere Samenmengen produziert wurden. Bei einem Bezug der Tannensamenmengen auf die Grundfläche fällt auch die Parzelle 2.2 aus dem Rahmen, die mit 8.6 qm sogar eine größere Tannengrundfläche als die Parzelle 1.0 mit 7.1 qm aufweist. (Die relativ niedrige Tannensamenmenge auf Parzelle 2.4 läßt sich dagegen mit der geringen Tannengrundfläche von 1.3 qm/ha erklären).

Besonders in den Tannensamenjahren 1976/77 und 1980/81 fallen die Parzellen 1.1 und 2.2 durch eine sehr niedrige Produktivität an Tannensamen auf (bezogen auf 1 m² Tannengrundfläche in der Oberschicht); in diesen Jahren liegt die Produktivität auf diesen beiden Parzellen nur bei etwa einem Drittel der Produktivität der Tannen auf Parzelle 1.2. Das dies nicht auf unterschiedliche Dimensionen der Tannen in der Oberschicht zurückzuführen sein kann, zeigt ein Blick auf die Mitteldurchmesser der Oberschichttannen in Tab. 7: Große Durchmesserunterschiede sind nicht vorhanden. Es scheinen demnach andere Gründe als waldbauliche für die unterschiedliche Produktivität der Tannen auf den einzelnen Parzellen in Frage zu kommen. Auch unterschiedliche Schädigungsgrade der Tannen können nach den in Tab. 17 mitgeteilten Ergebnissen der Schadansprachen nicht der Grund sein; ob man dafür genetische Ursachen verantwortlich machen will (wie immer, wenn man keine Erklärungen mehr zur Hand hat), ist Ansichtssache. Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich jedenfalls, daß sich ein Zusammenhang zwischen Auflichtung und Samenproduktivität wie bei der Fichte für die Tanne nicht herstellen läßt. Demnach kann auch keine Optimumbeziehung der Samendichte in Abhängigkeit vom Überschildungsgrad wie bei der Fichte zum Vorschein kommen. Man wird also damit rechnen müssen, daß jeder waldbauliche Eingriff in einen geschlossenen Altbestand, der auch Oberschichttannen entfernt, zu einer Reduktion der Tannensamendichte führen kann.

Einer Verallgemeinerung der letzten Aussage stehen allerdings die Befunde der **Südfläche** entgegen. Hier haben die Oberschichttannen (4 qm Grundfläche) auf der stark aufgelichteten Parz. 6.2 im zweiten Jahrfünft deutlich mehr Samen produziert als die Tannen (9.2 qm Grundfläche) auf der Parzelle 6.0 (s. Tab. 29b). Die auf einen qm Tannengrundfläche bezogene Produktivität war mit 129 Tsd. auf Parzelle 6.2 genau vier mal so hoch wie die Produktivität auf der dichten Parzelle 6.0 mit 32 Tsd.. (Die gleiche Produktivität wie die Tannen auf Parzelle 6.0 haben interessanterweise die Tannen auf Parzelle 1.0 im zweiten Jahrfünft an den Tag gelegt; überhaupt sind die auf diesen beiden Parzellen registrierten Samenmengen in allen Jahren sehr ähnlich).

Die Überlegenheit der Tannen auf der aufgelichteten Parzelle 6.2 gegenüber den Tannen auf Parzelle 6.0 zeigt sich in allen Beobachtungsjahren mit Ausnahme im Samenjahr 1976/77. Man kann diesen Befund dahingehend deuten, daß in ausgesprochenen Samenjahren grundsätzlich die Kontrollparzellen mit ihrer größeren Anzahl an Oberschichtbäumen hinsichtlich der Tannensamendichte im Vorteil sind; in Jahren mit spärlichem Fruchtansatz sind die aufgelichteten Parzellen nahezu ebenbürtig oder wie im Fall der Parzelle 6.2 sogar überlegen.

Im **Flysch** haben die Tannen auf der aufgelichteten Parzelle 10.2 im zweiten Jahrfünft ähnliche Samendichten produziert wie die Tannen auf der Parzelle 6.2, was nicht weiter verwundert, wenn man weiß, daß auf beiden Parzellen die Grundfläche der Oberschichttannen nahezu identisch ist (4.2 qm auf Parz. 10.2; 4.0 qm auf Parz. 6.2). Nicht nur die absoluten Samendichten, sondern auch die auf den qm Tannengrundfläche bezogene Produktivität ist demnach auf beiden Parzellen fast gleich.

Völlig aus dem Rahmen fällt hingegen die Parzelle 10.0; nicht nur die absoluten Samendichten liegen weit über den entsprechenden Werten der Kontrollparzellen der Hauptversuchsfläche und der Südfläche, sondern auch die Produktivität war deutlich höher: 7.2 qm Tannengrundfläche haben im zweiten Jahrfünft 1.9 Mio. Tannensamen produziert, das sind 266 Tsd./qm Tannengrundfläche. Vergleichbare Werte finden sich nur auf den Parzellen 1.0 und 1.2 - allerdings im

ersten Jahrfünft. Ungewöhnlich sind demnach nicht die hohen Samendichten an sich auf Parzelle 10.0, sondern lediglich die Tatsache, daß sie im zweiten Jahrfünft auftraten. Es kann sich dabei nicht um eine allgemein stärkere Fruktifikation der Tanne im Flysch handeln, sonst müßten auch die Tannensamendichten auf der Parzelle 10.2 weit höher als die Dichten auf vergleichbaren Parzellen des Hauptversuches (Parz. 1.2) oder der Südfläche (Parz. 6.2) sein. Man wird demnach bei der Tanne stärker als bei der Fichte bestandesindividuelle Unterschiede im Fruktifikationsverhalten in die Betrachtung einbeziehen müssen.

Samendichte und Vollkornanteil

In Tab. 29b ist neben der Tannensamendichte auch der Vollkornanteil bzw. für die ersten beiden Jahre das Keimfähigkeitsprozent angegeben. Ein Zusammenhang dieser Werte mit der Samendichte ist bei niedrigen Samendichten nicht zu entdecken. Niedrige Samendichten sind zwar häufig, aber durchaus nicht immer mit niedrigen Vollkornanteilen verbunden. Dagegen liegt in Jahren mit einer größeren Samendichte (über 200 Tsd. Tannensamen /ha bzw. mehr als 20 Samen/qm) der Vollkornanteil in der Regel über 25% (bzw. der Hohlkornanteil unter 75%).

Eine Ausnahme von dieser Regel machen lediglich die Parzellen im Flysch. Die Tannensamen beider Flyschparzellen weisen in den Jahren 1980/81 und 1982/83 deutlich niedrigere Vollkornanteile als die Samen von den kalkalpinen Parzellen auf. Darüber hinaus sind die Tannensamen auf Parzelle 10.0 auch in den Jahren 1983/84 trotz hoher Samendichte von vergleichsweise geringer Qualität. Insbesondere der im Jahr 1985/86 registrierte niedrige Vollkornanteil von 2% bei einer Samendichte von über 300 Tsd./ha (d.h. von 31 Samen/qm ist nur etwa ein Samenkorn ein Vollkorn) gibt Anlaß zu der Sorge, daß hier mit der Fruktifikation der Tanne etwas nicht stimmen könnte. Hinzu kommt, daß auf der Kontrollparzelle im Flysch (11.0) genau das gleiche Phänomen auftrat. Unter 36 Tannensamen pro qm war im Jahr 1985/86 nur ein einziges Vollkorn (Vollkornanteil 2%). Auf der aufgelichteten Parzelle 11.2 lag der Vollkornanteil mit 18% bei einer Dichte von 14 Samen/qm allerdings deutlich höher als auf der Kontrollparzelle. Inwieweit die geringe Saatgutqualität auf den dichten Parzellen im Flysch eine Abweichung vom Normalen

darstellt und auf eine nachhaltige Störung der Fruktifikation hindeutet, können nur detailliertere und fortgesetzte Untersuchungen der Fruktifikation der Tanne im Flysch an den Tag bringen. Auf keinen Fall ist die Fruktifikation so weit beeinträchtigt, daß mit einem Ausbleiben der Naturverjüngung gerechnet werden muß. Dennoch erscheint es ratsam, die Fruktifikation der Tanne im Flysch aufmerksam zu verfolgen; in einem guten Tannensamenjahr sollte unbedingt überprüft werden, ob hohe Vollkornanteile wie im Jahr 1979/80 im Flysch wieder erreicht werden.

Tausendkorngewicht und Vollkornanteil

Das Tausendkorngewicht der Tannensamen ergibt sich, wenn man die in Tab. 29a angegebenen Gewichte durch die Anzahl von tausend Tannensamen (Tab. 29b) teilt.

Für die Herleitung der Tausendkorngewichte wurden die Originalgewichte und nicht die gerundeten Werte aus Tab. 29a und b verwendet; die Samengewichte waren auf 1/10 mg bestimmt worden. Ab dem Jahr 1982/83 wurden Vollkörner und Hohlkörner getrennt gewogen. In den Jahren 1982/83, 1983/84 und 1984/85 waren von einigen Parzellen genügend Vollkörner vorhanden, so daß auch Tausendkorngewichte von Vollkörnern bestimmt werden konnten.

In Abb. 27 ist der Vollkornanteil der Tannensamen (aus Tab. 29b) in Abhängigkeit vom Tausendkorngewicht dargestellt. Die Vollkorngewichte aus drei Jahren wurden in die Abb. 27 mit aufgenommen. Die in Abb. 27 gezeigte Beziehung ist bei weitem nicht so straff wie die entsprechende Beziehung bei der Fichte. Das ist zum einen darauf zurückzuführen, daß sich bei der Tanne die Vollkorn- von den Hohlkorngewichten nicht genauso deutlich unterscheiden wie bei der Fichte: Das mittlere Vollkorngewicht der Tannensamen (der Jahre 1982/83, 1983/84 und 1984/85) betrug 51.1 g/Tsd. ($s = 5.1$; $n = 17$); die Hohlkörner wogen 30.1 g/Tsd. ($s = 2.5$; $n = 18$). Zum anderen liegt es aber auch daran, daß das Tausendkorngewicht des ungereinigten Saatgutes in einzelnen Jahren höher und in anderen niedriger war und zwar unabhängig vom Vollkornanteil. So fallen auf allen Parzellen die Samenjahre 1976/77 (nicht eingezeichnet in Abb. 27) und 1980/81 durch ein besonders niedriges Tausendkorngewicht auf (27.2 g/Tsd. im Jahr 1976/77 und 26.3 g/Tsd. im Jahr 1980/81); in allen übrigen Jahren wurde ein deutlich höheres Tausendkorngewicht von mindestens 35 g/Tsd. festgestellt. Das kann eigentlich nur be-

deuten, daß in den beiden guten Samenjahren kleinere bzw. leichtere Vollkörner als in den übrigen Jahren ausgebildet wurden. Damit ist die in Abb. 27 dargestellte Beziehung nicht verallgemeinerbar; dazu müßten als weitere Eingangsgrößen die Vollkorngewichte aller Jahre bekannt sein. Trotzdem kann man diese Beziehung zur Orientierung benutzen, um zu sehen, in welchen Jahren und auf welchen Parzellen die Werte sehr stark aus dem Rahmen fallen. Neben den niedrigen Tausendkornengewichten und hohen Vollkornanteilen im Jahr 1980/81 sind es vor allem die hohen Tausendkorngewichte und niedrigen Vollkornanteile im Jahr 1985/86, die sich von der in Abb. 27 eingezeichneten Linie abheben.

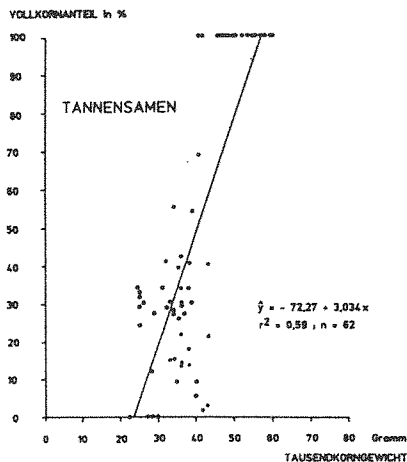


Abb. 27 : Zusammenhang zwischen dem Vollkornanteil und dem Tausendkorngewicht von Tannensamen

Unterstellt man ein Vollkorngewicht von 51 g/Tsd. (was für das zweite Jahrfünft zutreffen, für das erste Jahrfünft aber zu hoch sein dürfte), dann läßt sich daraus und aus der auf der Parzelle 1.0 in 10 Jahren gefallenen Vollkornanzahl (2178 Tsd./ha x 0.32 = 697 Tsd./ha) eine hohlkornfreie Saatgutmenge von ca. 35 kg/ha (697 Tsd./ha x 51 g) schätzen. STUMPF (1870) gibt als Saatgutmenge für Tannenvollsaaten 50-70 kg/ha an. Demnach würde die in 10 Jahren auf

der Parzelle 1.0 gefallene Saatgutmenge ausreichen, um auf etwa einem halben Hektar einen reinen Tannenbestand zu begründen. Auf der Flyschparzelle 10.0 sind nach der gleichen Berechnungsweise in nur sieben Jahren etwa 60 kg hochwertiges Tannensaatgut auf den Boden gelangt, eine Menge, die früher für ausreichend erachtet wurde, um einen ganzen Hektar mit Tanne zu besäen.

6.223 Die Bucheckern

Samenjahre

Aus den Tabellen 30a und 30b geht hervor, daß die Buche im Versuchszeitraum nur in zwei Jahren nennenswerte Mengen an Bucheckern gebildet hat und zwar in den Jahren 1977/78 und 1984/85.

Samendichte und waldbauliche Eingriffe

Im Mastjahr 1977/78 ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Menge an Bucheckern und dem Anteil der Buche am Altbestand zu erkennen. Die beste Beziehung ergibt sich, wenn man die Buchen der Ober- und Mittelschicht berücksichtigt, also annimmt, daß sowohl Ober- wie Mittelschichtbuchen fruktifiziert haben.

Die höchste Buchengrundfläche in der Ober- und Mittelschicht weist mit 13.9 qm (Hangflächenwert) die Parzelle 6.0 auf; hier ist mit fast 1.5 Mio. Bucheckern pro Hektar (ca. 200 kg/ha) auch die höchste Dichte registriert worden. Ebenso lassen sich die unterschiedlichen Dichten auf den übrigen Parzellen weitgehend mit dem Anteil der Buche in der Ober- und Mittelschicht erklären: Parzelle 1.0: 7.2 qm; Parzelle 1.2: 5.2 qm; Parzelle 1.1: 4.1 qm; Parzelle 6.2: 3.6 qm und Parzelle 2.2: 2.7 qm.

Eine Ausnahme scheint nur die Parz. 2.4 zu machen, auf der 9.6 qm Buchengrundfläche nur 389 Tsd. Bucheckern produziert haben; für das Zustandekommen dieses Resultats ist neben dem hohen Anteil schwächerer Buchen sicherlich die spezielle Versuchsanordnung auf der Lochhiebparzelle 2.4 von Bedeutung (s. Verteilung der Bucheckern auf Parzelle 2.4, MOSANDL, 1984).

JAHR 1. Sept. bis 31. Aug.	KALKALPEN Hauptversuchsfläche						KALKALPEN Südfläche	FLYSCH untere Fläche		
	P=1.0 Ü=68	P=1.1 Ü=56	P=1.2 Ü=49	P=2.2 Ü=39	P=2.4 ---	P=1.3 Ü=0	P=6.0 Ü=86	P=6.2 Ü=51	P=10.0 Ü=83	P=10.2 Ü=54
1976/1977**	0.5	0.5	0.2	0.4	0.1	0	1.0	0	----	----
1977/1978*	48.9	34.1	52.3	16.2	44.9	0.6	199.2	60.1	----	----
1978/1979	0.1	0.1	0	0	0	0	----	----	----	----
1979/1980	0	0.5	0.1	0	0.1	0	----	----	0	0
1980/1981	0	0.2	0.1	0	<0.1	0	----	----	0.1	0
1981/1982	0	----	----	0.1	0.7	----	1.2	7.1	0.2	0
1982/1983	0.4	----	----	1.6	0.6	----	1.4	2.7	0.3	0.3
1983/1984	<0.1	----	----	0.8	0.2	----	1.0	4.5	0.5	0
1984/1985	6.6	----	----	36.4	20.9	----	68.8	53.3	12.1	<0.1
1985/1986	0	0	1.9	0	0	0	<0.1	<0.1	0	0
Summe 1. Jahrfünft	49.4	35.5	52.7	16.6	45.1	0.6	----	----	----	----
Summe 2. Jahrfünft	7.0	----	----	38.9	22.5	----	72.5	67.7	13.1	0.4
Summe Jahrzehnt	56.5	----	----	55.5	67.5	----	----	----	----	----

* Werte aus VELTISISTAS, 1980; ** Werte geschätzt aus der Anzahl und einem Hohlkorngewicht von 60g/Tsd.
 P=Parzelle: .0= kein Eingriff; .1= schwacher Schirmhieb; .2= starker Schirmhieb; .3= Kahlhieb
 .4= Lochhieb;
 Ü= Überschirmungsprozent; ----= nicht beobachtet)

Tab. 30a: Das Gewicht der Bucheckern (Trockengewicht kg/ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchsparzellen

JAHR 1. Sept. bis 31. Aug.	KALKALPEN Hauptversuchsfläche						KALKALPEN Südfläche	FLYSCH untere Fläche		
	P=1.0 Ü=68	P=1.1 Ü=56	P=1.2 Ü=49	P=2.2 Ü=39	P=2.4 ---	P=1.3 Ü=0	P=6.0 Ü=86	P=6.2 Ü=51	P=10.0 Ü=83	P=10.2 Ü=54
1976/1977*	8 (0)	8 (0)	4 (0)	7 (0)	1 (-)	0 (-)	16 (0)	0 (-)	----	----
1977/1978*	529 (42)	287 (48)	359 (46)	109 (52)	389 (28)	3 (50)	1477 (49)	456 (54)	----	----
1978/1979	1 (0)	3 (0)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	----	----	----	----
1979/1980	0 (-)	9 (0)	1 (0)	0 (-)	1 (0)	0 (-)	----	----	0 (-)	0 (-)
1980/1981	0 (-)	5 (0)	1 (0)	0 (-)	1 (0)	0 (-)	----	----	1 (0)	0 (-)
1981/1982	0 (-)	----	----	3 (0)	8 (17)	----	21 (0)	96 (13)	4 (0)	0 (-)
1982/1983	4 (0)	----	----	13 (20)	11 (0)	----	27 (0)	48 (0)	5 (25)	4 (0)
1983/1984	3 (0)	----	----	16 (0)	4 (0)	----	13 (10)	59 (5)	11 (0)	0 (-)
1984/1985	60 (58)	----	----	313 (52)	177 (55)	----	612 (61)	368 (68)	109 (55)	1 (0)
1985/1986	0 (-)	0 (-)	47 (0)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	1 (0)	1 (0)	0 (-)	0 (-)
Summe 1. Jahrfünft	538 (41)	312 (44)	365 (45)	114 (49)	392 (28)	3 (50)	----	----	----	----
Summe 2. Jahrfünft	67 (52)	----	----	345 (48)	200 (49)	----	674 (56)	572 (46)	129 (47)	5 (0)
Summe Jahrzehnt	605 (42)	----	----	461 (48)	592 (35)	----	----	----	----	----

* Werte aus VELTISISTAS, 1980;
 P= Parzelle: .0= kein Eingriff; .1= schwacher Schirmhieb; .2= starker Schirmhieb; .3= Kahlhieb
 .4= Lochhieb;
 Ü= Überschirmungsprozent; ----= nicht beobachtet)

Tab. 30b: Die Anzahl der Bucheckern (Tsd./ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchsparzellen. In Klammern ist der Vollkornanteil bzw. für die Jahre 76/77 und 77/78 der Anteil der lebensfähigen Früchte angegeben.

Im Jahr 1984/85 ist keine so deutliche Differenzierung der Bucheckerndichte nach dem Grundflächenanteil der Buche im Altbestand festzustellen. In diesem Jahr waren auf Parzelle 6.2 fast ebenso viele Bucheckern gefallen wie auf Parzelle 6.0 und auf Parzelle 2.2 waren es sogar mehr als auf Parzelle 1.0.

Die Produktivität je m² Buchengrundfläche war demnach im Jahr 1984/85 auf den starken Schirmhiebparzellen deutlich höher als auf den entsprechenden Kontrollparzellen. Das bedeutet, daß in Sprengmastjahren (wie 1984/85) auf aufgelichteten Parzellen von den freigestellten Buchen mehr Bucheckern produziert wurden als von Buchen im Dichtstand. Damit kann in solchen Jahren eine geringere Grundfläche wettgemacht werden. In Vollmastjahren (wie 1977/78) sind jedoch die Kontrollparzellen mit ihren höheren Buchenanteilen überlegen.

Über einen längeren Zeitraum betrachtet (s. 10-jährige Summen auf Parzelle 1.0 und 2.2, Tab. 30a, b) können sich die Ergebnisse aus Voll- und Teilmastjahren nahezu ausgleichen. Man wird also bei waldbaulichen Eingriffen in den Altbestand nicht bei der Entnahme jeder Buche gleich mit einer Reduktion der Bucheckerndichte rechnen müssen.

Samendichte und Vollkornanteil

Nur in den Jahren, in denen die Buche stärker fruktifizierte, enthielten die meisten Bucheckern lebensfähige Embryonen (s. Tab. 30b). Die wenigen in den übrigen Jahren produzierten Bucheckern waren fast ausschließlich taub. Nur in Jahren mit reichlichem Fruchtansatz der Buche kann man demnach eine Buchennaturverjüngung erwarten.

Tausendkorngewicht und Vollkornanteil

Das Tausendkorngewicht der Bucheckern ergibt sich, wenn die in Tab. 30a angegebenen Gewichte durch die Anzahl von tausend Bucheckern aus Tab. 30b geteilt werden.

Für die Herleitung der genauen Tausendkorngewichte wurden statt der gerundeten Werte der Tab. 30a und b die Originalwerte verwendet (Gewichte auf 1/10 mg genau gewogen, Anzahl der Bucheckern aus 30 Samenkästen). Vollkörner und Hohlkörner wurden ab dem Jahr 1982/83

getrennt gewogen. In acht Fällen standen genügend volle und hohle Bucheckern zur Verfügung, um ein eigenes Tausendkorngewicht für Voll- und Hohlkörner bestimmen zu können.

In Abb. 28 sind die Vollkornanteile der Bucheckern (aus Tab. 30b) in Abhängigkeit vom Tausendkorngewicht aufgetragen. Mit aufgenommen in Abb. 28 wurden die gesondert bestimmten Vollkorngewichte. Sie lagen im Mittel bei 164.8 g ($s = 16.4$; $n = 8$). Die Hohlkörner waren deutlich leichter; sie wogen im Mittel 59.9 g/Tsd. ($s = 5.4$; $n = 8$). In Jahren, in denen überhaupt nur Hohlkörner gebildet wurden, waren die Hohlkorngewichte sogar noch etwas niedriger (s. Abb. 28).

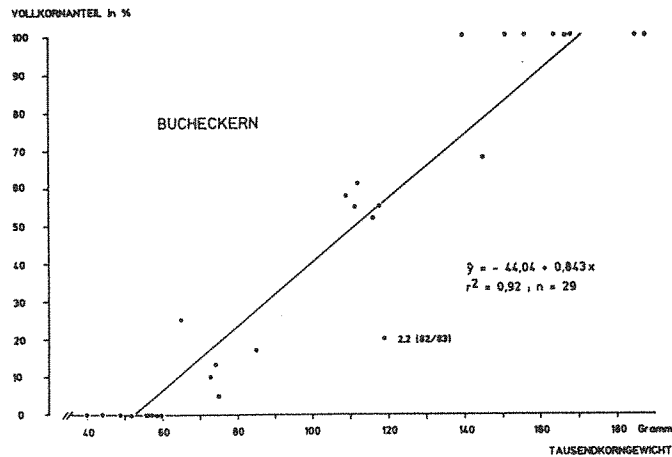


Abb. 28 : Zusammenhang zwischen dem Vollkornanteil und dem Tausendkorngewicht von Bucheckern

Das Gewicht des ungereinigten Saatgutes wird, wenn man die in Abb. 28 dargestellte Beziehung für einigermaßen zuverlässig erachtet, in erster Linie durch den Voll- bzw. Hohlkornanteil bestimmt. Daneben ist jedoch noch eine weitere Einflußgröße von Bedeutung, nämlich das Gewicht der Vollkörner. Dieses Gewicht ist nicht immer gleich: Schon bei den wenigen vorliegenden Proben trat eine Spannweite von 140 bis 190 g/Tsd. auf. Die in der Literatur zu findenden Gewichte deuten auf eine noch größere Spannweite hin (ROHMEDER, 1972 gibt einen Mittelwert von 192 g/Tsd. an und aus STUMPF, 1870 läßt sich

ein Wert von 220 g/Tsd. herleiten). Auffallend ist, daß im Bergmischwaldversuch die hohen Vollkorngewichte regelmäßig auf den stark aufgelichteten Parzellen zu verzeichnen waren und die niedrigen Vollkorngewichte den Kontrollparzellen zugeordnet werden konnten.

Somit dürften die unterschiedlichen Tausendkorngewichte des ungereinigten Saatgutes nicht nur auf unterschiedliche Hohlkornanteile, sondern auch auf unterschiedlich schwere Vollkörner zurückzuführen sein. So ließen sich auch die stark voneinander abweichenden Tausendkorngewichte aus dem Jahr 1977/78 erklären. Das Tausendkorngewicht betrug z.B. auf der Kontrollparzelle 1.0 92 g und auf der stark aufgelichteten Parzelle 2.2 149 g; nur wenn man annimmt, daß die freistehenden Buchen schwerere Bucheckern als die Buchen im Dichtstand ausgebildet haben, werden diese Werte verständlich. Nach den von ROHMEDER (1972) zusammengestellten Befunden zum Thema Samengröße und Wachstum der Sämlinge, dürften die aus schwereren bzw. größeren Bucheckern hervorgehenden Keimlinge auch Wachstumsvorteile gegenüber den aus kleineren Bucheckern entstehenden Keimlingen in der ersten Lebensphase haben.

Die in 10 Jahren auf den Parzellen 1.0, 2.2 und 2.4 gefallenen Mengen an Bucheckern (s. Tab. 30a) dürften etwa 35-40 kg hochwertiges, von Hohlkörnern befreites Saatgut enthalten haben. Diese Saatgutmenge hätte STUMPF (1870) vermutlich für ausreichend erachtet, um auf 0.2 ha einen Buchenbestand zu begründen. Auf der Parzelle 6.0 dürfte im 10-jährigen Versuchszeitraum etwa das für die Vollsamt von einem Hektar benötigte, gereinigte Bucheckernsaatgut von 200 kg auf den Boden gelangt sein. Das im gleichen Zeitraum auf der Parzelle 6.2 gefallene Saatgut hätte demnach für einen halben Hektar ausgereicht.

6.224 Die Ahornfrüchte

Samenjahre

Der Ahorn hat im Versuchszeitraum in drei Jahren stärker fruktifiziert und zwar 1977/78, 1981/82 und 1984/85 (s. Tab. 31a und b). Doch auch in den Jahren 1979/80, 1983/84 und 1985/86 wurden nen-

JAHR 1. Sept. bis 31. Aug.	KALKALPEN Hauptversuchsfläche						KALKALPEN Südfläche		FLYSCH untere Fläche	
	P=1.0 Ü=68	P=1.1 Ü=56	P=1.2 Ü=49	P=2.2 Ü=39	P=2.4 ---	P=1.3 Ü=0	P=6.0 Ü=86	P=6.2 Ü=51	P=10.0 Ü=83	P=10.2 Ü=54
1976/1977**	1.4	0.4	0.1	1.7	0.3	0.6	0.8	0.2	----	----
1977/1978*	26.8	9.7	7.8	18.5	5.4	0.8	39.9	14.0	----	----
1978/1979	0.9	3.1	1.3	0.5	<0.1	0	----	----	----	----
1979/1980	4.3	14.3	10.7	17.1	8.7	2.7	----	----	0.1	0.2
1980/1981	2.3	0.6	0.4	1.3	0.1	0	----	----	0	<0.1
1981/1982	29.2	----	----	26.4	10.4	----	39.8	38.6	0	0
1982/1983	1.0	----	----	1.0	0.1	----	1.0	0.9	0.1	0.1
1983/1984	5.0	----	----	9.9	2.8	----	11.7	8.5	0	0.2
1984/1985	19.1	----	----	16.7	6.8	----	30.4	21.4	1.2	0.2
1985/1986	5.2	4.7	7.0	9.0	1.0	0.9	2.7	4.3	<0.1	0
Summe 1. Jahrfünft	35.7	28.1	20.2	39.1	14.5	4.1	----	----	----	----
Summe 2. Jahrfünft	59.4	----	----	63.0	21.1	----	85.6	73.6	1.4	0.5
Summe Jahrzehnt	95.1	----	----	102.1	35.6	----	----	----	----	----

* Werte aus VELTISTAS, 1980; ** Werte geschätzt aus der Anzahl und dem Vollkornanteil mit Hilfe der Gleichung in Abb. 29
P=Parzelle: .0= kein Eingriff; .1= schwacher Schirmhieb; .2= starker Schirmhieb; .3= Kahlhieb
.4= Lochhieb)
Ü= Überschirmungsprozent; ----= nicht beobachtet;

Tab. 31a: Das Gewicht der Ahornfrüchte (Trockengewicht kg/ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchsparzellen

JAHR 1. Sept. bis 31. Aug.	KALKALPEN Hauptversuchsfläche						KALKALPEN Südfläche		FLYSCH untere Fläche	
	P=1.0 Ü=68	P=1.1 Ü=56	P=1.2 Ü=49	P=2.2 Ü=39	P=2.4 ---	P=1.3 Ü=0	P=6.0 Ü=86	P=6.2 Ü=51	P=10.0 Ü=83	P=10.2 Ü=54
1976/1977*	37 (11)	8 (33)	3 (0)	40 (17)	8 (13)	11 (38)	26 (6)	8 (0)	----	----
1977/1978*	471 (35)	172 (40)	168 (115)	231 (94)	85 (32)	19 (43)	553 (47)	237 (33)	----	----
1978/1979	20 (13)	92 (3)	31 (26)	28 (10)	1 (0)	0 (-)	----	----	----	----
1979/1980	69 (35)	203 (65)	161 (59)	224 (66)	112 (60)	77 (64)	----	----	3 (50)	4 (33)
1980/1981	63 (4)	17 (0)	9 (14)	24 (17)	3 (0)	0 (-)	----	----	0 (-)	1 (0)
1981/1982	419 (53)	----	----	335 (59)	149 (60)	----	523 (61)	452 (56)	0 (-)	0 (-)
1982/1983	29 (0)	----	----	20 (0)	1 (0)	----	52 (0)	19 (0)	3 (0)	3 (0)
1983/1984	168 (1)	----	----	211 (7)	57 (19)	----	183 (33)	179 (12)	0 (-)	5 (0)
1984/1985	393 (26)	----	----	319 (26)	152 (32)	----	504 (49)	360 (41)	24 (22)	7 (0)
1985/1986	120 (20)	104 (10)	147 (18)	179 (11)	15 (36)	16 (42)	67 (6)	84 (14)	1 (0)	0 (-)
Summe 1. Jahrfünft	660 (30)	492 (42)	372 (35)	547 (48)	209 (50)	107 (58)	----	----	----	----
Summe 2. Jahrfünft	1129 (31)	----	----	1064 (30)	374 (41)	----	1329 (47)	1094 (60)	28 (19)	15 (0)
Summe Jahrzehnt	1789 (31)	----	----	1611 (36)	583 (44)	----	----	----	----	----

* Werte aus VELTISTAS, 1980;
P= Parzelle: .0= kein Eingriff; .1= schwacher Schirmhieb; .2= starker Schirmhieb; .3= Kahlhieb
.4= Lochhieb)
Ü= Überschirmungsprozent; ----= nicht beobachtet;

Tab. 31b: Die Anzahl der Ahornfrüchte (Tsd./ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchsparzellen. In Klammern ist der Vollkornanteil bzw. für die Jahre 76/77 und 77/78 der Anteil der lebensfähigen Früchte angegeben.

nenswerte Mengen an Ahornfrüchten gebildet. Selbst in den restlichen vier Jahren 1976/77, 1978/79, 1980/81 und 1982/83 wurden Ahornfrüchte ausgestreut, wobei nur im Jahr 1982/83 keine lebensfähigen Früchte darunter waren. Demnach war die Voraussetzung gegeben, daß mit Ausnahme des Jahres 1983 in jedem Jahr des 10-jährigen Versuchszeitraumes Ahornnaturverjüngungspflanzen entstehen konnten.

Samendichte und waldbauliche Eingriffe

Anders als die Bucheckern sind die Ahornfrüchte durch ihre Flügel mit guten Flugeigenschaften ausgestattet. Dies ist der Grund dafür, daß selbst auf Parzellen, auf denen kein Ahorn im Altbestand vertreten ist, erstaunliche Mengen an Ahornfrüchten in den Samenfängen auftauchten. So wurden z.B. auf der Parzelle 2.4 in 10 Jahren ca. 36 kg Ahornfrüchte pro Hektar aufgefangen (Tab. 31a), obwohl auf der Parzelle selbst kein einziger Ahorn steht. Auch auf der Kahlfläche sind im 1. Jahrfünft ca. 4 kg Ahornfrüchte registriert worden (Tab. 31a), das sind 11 % der Menge, die im gleichen Zeitraum auf der Kontrollparzelle 1.0 zu finden war (von der Anzahl her sind es sogar 16 %, Tab. 31b). Daraus wird ersichtlich, daß kein klarer Zusammenhang zwischen der Menge an Ahornfrüchten und der Ahorngrundfläche im Altbestand herleitbar ist.

Trotzdem wird man davon ausgehen können, daß mit den waldbaulichen Eingriffen eine Förderung der Fruktifikation von einzelnen freigestellten Ahornen verbunden war. Dies läßt ein Vergleich der auf der Kontrollparzelle 1.0 und der stark aufgelichteten Parzelle 2.2 gefallen Ahornfrüchte als wahrscheinlich erscheinen: Auf beiden Parzellen wurden gleich hohe Mengen an Ahornfrüchten gebildet (Tab. 31a und b), obwohl der Anteil des Ahorn im Altbestand auf der Parzelle 1.0 nahezu viermal so hoch ist wie auf der Parzelle 2.2 (s. Tab. 10). Nimmt man an, daß nicht in erster Linie Bäume außerhalb der Parzelle 2.2 zu diesem Ergebnis beigetragen haben, dann müssen die wenigen Ahorne auf der Parzelle 2.2 häufiger und stärker fruktifiziert haben als die auf der Kontrollparzelle 1.0. Ein Indiz dafür ist die hohe Saatgutmenge auf der Parzelle 2.2 im Jahr 1979/80, zwei Jahre nach dem Mastjahr 1977/78.

Auch die fast gleich hohen Saatgutmengen im 2. Jahrfünft auf den Parzellen 6.0 und 6.2 deuten darauf hin, daß einzelne Ahorne auf

der aufgelichteten Parzelle 6.2 (1/3 der Grundfläche der Kontrollparzelle 6.0, s. Tab. 10) in ihrem Fruktifikationsverhalten durch waldbauliche Eingriffe gefördert wurden.

Eine verhältnismäßig geringe Ahornbeimischung im Altbestand reicht demnach aus, um erstaunliche Mengen an Ahornfrüchten zu produzieren. Überall, wo auf oder in der Nähe der Parzellen alte Ahorne zu finden waren (und dies war mit Ausnahme der Flyschparzellen immer der Fall), wurden sovielen Ahornfrüchte auf den Parzellen ausgestreut, daß mit einer reichlichen Ahornnaturverjüngung gerechnet werden konnte.

Samendichte und Vollkornanteil

Die Ahornfrüchte zeichnen sich im allgemeinen durch einen hohen Vollkornanteil aus (Tab. 31b). Ausschlaggebend für die Höhe des Vollkornanteils ist zunächst einmal das Samenjahr und dann erst die Samendichte.

Die höchsten Vollkornanteile wurden auf nahezu allen Parzellen im Jahr 1979/80 - also keineswegs im Jahr der höchsten Samendichte - festgestellt. Ebenfalls sehr hohe Vollkornanteile waren im Mastjahr 1981/82 zu verzeichnen; im Mastjahr 1984/85 waren trotz ähnlicher Samendichten wie 1981/82 die Vollkornanteile dagegen deutlich niedriger. Überraschend hohe Vollkornanteile waren regelmäßig bei den vergleichsweise geringen Samenmengen der Kahlfläche gegeben.

Tausendkorngewicht und Vollkornanteil

Die Tausendkorngewichte der Ahornfrüchte ergeben sich, wenn die Gewichte aus Tab. 31a durch die Anzahl von tausend Ahornfrüchten aus Tab. 31b geteilt werden.

Für die Herleitung der Tausendkorngewichte wurden die genaueren Originalwerte und nicht die gerundeten Werte der Tab. 31a und b verwendet. Die Ahornfrüchte waren mit Flügeln auf 1/10 mg genau gewogen worden. Ab dem Jahr 1982/83 wurden Vollkörner und Hohlkörner getrennt gewogen.

In Abb. 29 ist der Zusammenhang zwischen dem Tausendkorngewicht und dem Vollkornanteil der Ahornfrüchte wiedergegeben. Mit aufgenommen in die Abb. 29 wurden 18 Vollkorngewichte aus den letzten drei Ver-

suchsjahren. Das mittlere Vollkorngewicht entsprach mit 84.0 g/Tsd. ($s = 15.1$; $n = 18$) dem von ROHMEDER (1972) für Ahornfrüchte angegebenen Mittelwert. Die Streubreite der Vollkorngewichte war dennoch beachtlich: Zwischen 62 und 107 g betrug das Tausendkorngewicht der Vollkörner. Eine Differenzierung der Vollkorngewichte nach den drei Jahren 1983/84, 1984/85 und 1985/86 war nicht erkennbar. Dagegen deuteten sich Parzellenunterschiede an: Die schwersten Vollkörner stammten zumeist von den aufgelichteten Parzellen und die leichtesten von der Kontrollparzelle 1.0. Die Hohlkörner waren mit 41.0 g/Tsd. ($s = 6.3$; $n = 18$) nur halb so schwer wie die Vollkörner.

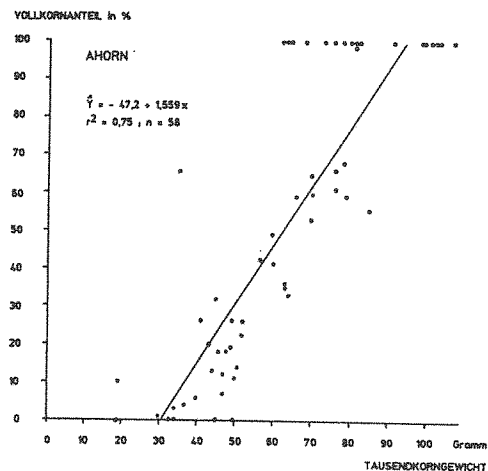


Abb. 29 : Zusammenhang zwischen dem Vollkornanteil und dem Tausendkorngewicht der Ahornfrüchte

Die unterschiedlichen Tausendkorngewichte des ungereinigten Saatgutes lassen sich durch die verschiedenen Vollkornanteile verhältnismäßig gut erklären. Eine größere Abweichung von der in Abb. 29 dargestellten Beziehung tritt nur im Jahr 1979/80 und zwar auf der Kahlhiebparzelle 1.3 auf. Bei dem niedrigen Tausendkorngewicht von 34 g ist ein Vollkornanteil von 64 % schon recht ungewöhnlich. Nachdem aber auch im Jahr 1977/78 das Vollkorngewicht auf dieser Parzelle mit 42 g/Tsd. sehr niedrig ausfällt und dennoch der Vollkornanteil über 43 % gelegen haben muß, könnte hier durchaus eine

Strategie des Ahorns zum Vorschein kommen. Für die Besiedelung von weiter entfernten Flächen werden kleine und damit besonders flugfähige Ahornfrüchte mit einem hohen Vollkornanteil ausgebildet.

Die in 10 Jahren auf der Parzelle 1.0 je Hektar gefallenen 95 kg Ahornfrüchte dürften schätzungsweise 47 kg Vollkörner enthalten haben. Nach STUMPF (1870) werden für die Vollsaat von einem Hektar Ahornwald etwa 58 kg gereinigtes Saatgut benötigt. Demnach hätte die Saatgutmenge der Parzelle 1.0 ausgereicht, um 0.8 ha in einen reinen Ahornwald zu verwandeln. Auch auf den Parzellen 2.2, 6.0 und 6.2 ist genügend Saatgut für die Bestockung von nahezu einem Hektar und mehr in den 10 Jahren auf den Boden gelangt.

6.3 Den Streufall bestimmende Faktoren

Der Streufall im Ökosystem Bergmischwald wird den bisherigen Untersuchungsergebnissen zufolge durch eine ganze Reihe von Faktoren, die waldbaulich nicht steuerbar sind, beeinflusst.

In erster Linie sind es die Witterungsverhältnisse, die hier eine Rolle spielen; so hat ein Hagelsturm im Jahr 1985/86 zu verstärktem Streufall auf der Hauptversuchsfläche geführt und Schneebrüche im Jahr 1979/80 waren für hohe Streumengen auf den unteren Flyschparzellen verantwortlich.

Auch die Fruktifikation wurde sicherlich ganz wesentlich durch Witterungsereignisse geprägt (s. hierzu VELTSISTAS, 1980). Für die Blühinduktion und den Fruchtansatz sehr ungünstige Verhältnisse können im Versuchszeitraum allerdings nur einmal in den 10 Jahren aufgetreten sein; nur im Jahr 1978/79 wurden nämlich so gut wie keine Samen und Früchte ausgebildet. Sonst gelangten in jedem Jahr Samen oder Früchte von wenigstens einer der am Aufbau des Bergmischwaldes beteiligten Baumarten auf den Boden. Die Fruktifikation ist demnach im Bergmischwald ein permanenter Prozeß. In erster Linie war es der Ahorn, der den Strom an Fruktifikationsorganen aufrecht erhielt, indem er sechsmal in 10 Jahren stärkeren Fruchtansatz zeigte. Für Fichte und Tanne waren die Witterungsverhältnisse in 4 der 10 Jahre für die Ausbildung von Samen besonders günstig;

der Buche gelang es zweimal im Versuchszeitraum nennenswerte Mengen an Bucheckern zu produzieren.

Mit einer starken Fruktifikation in einem Jahr war nicht notwendigerweise eine Erhöhung der Gesamtstreuemenge in diesem Jahr verbunden. So hatte es den Anschein, daß die Buchen die Energie, die sie im Mastjahr 1977/78 in die Bucheckern investierten, an den Blättern einsparten. Auch ein starker Zapfenbehang der Fichte wirkte sich nicht im Samenjahr auf das Gesamtstreugewicht aus. Erst im darauffolgenden Jahr, als die Zapfen abfielen, trug dies zu einer Erhöhung der Streugewichte bei.

Inwieweit neuartige Waldschäden im Versuchszeitraum Einfluß auf den Streufall genommen haben, geht aus den vorliegenden Daten nicht eindeutig hervor.

Das heißt nicht, daß die Versuchsdaten für eine Auswertung hinsichtlich neuartiger Waldschäden völlig unbrauchbar sind. Immerhin handelt es sich dabei um Daten, die mit großer Sorgfalt immer nach der gleichen Versuchsmethodik in den gleichen Beständen über einen 10-jährigen Zeitraum erhoben wurden. Sie sind damit nicht wie etwa die Daten aus Samenklengen (LÖFFLER, 1988) mit einer Reihe von methodischen Mängeln behaftet (verschiedene Bestände, unterschiedliche Beerntung, unterschiedliche Hohlkornanteile je nach Reinigungsprozedur). Zumindest kann mit den vorliegenden Versuchsdaten die Entwicklung in dem Zeitraum, der durch das Auftreten neuartiger Waldschäden gekennzeichnet war, präzise beschrieben werden. Größere Abweichungen vom Durchschnitt werden erkennbar, allerdings ohne im einzelnen die Ursachen dafür benennen zu können.

Es ist jedenfalls nicht auszuschließen, daß die erhöhten Streumengen auf der Hauptversuchsfläche im Jahr 1982/83 mit den neuartigen Waldschäden in Zusammenhang stehen. Auch der in der Zunahme des Hohlkornanteils zum Ausdruck kommende Rückgang der Qualität der Fichtensamen seit 1981/82 im Flysch könnte auf neuartige Waldschäden zurückzuführen sein. Dort könnte auch die Qualität der Tannensamen in Mitleidenschaft gezogen sein. Sollten hier tatsächlich Beeinträchtigungen der Fruktifikation vorliegen, dann bewegen sie sich allerdings weit unterhalb der Schwelle, bei der Naturverjüngungsprozesse im Bergmischwald zum Stillstand kommen.

Unzweifelhaft ist hingegen, daß der Streufall ganz wesentlich durch waldbaulich steuerbare Faktoren bestimmt wird. Entscheidend

für die Gesamtstreuemenge ist die waldbaulich veränderbare Bestandesdichte. Eingriffe in Bergmischwaldbestände reduzieren die Streu-
menge (ohne Samen und Früchte) in gleichem Maße wie die Bestan-
desdichte bzw. der Überschirmungsgrad abgesenkt wird (Tab. 32).
Auch die ausgestreute Samenmenge ist in erster Linie von der Bestan-
desdichte abhängig. Durch waldbauliche Eingriffe werden potentielle
Samenträger entfernt und die Samenmenge (sowohl der Anzahl wie auch
dem Gewicht nach) geht im allgemeinen zurück (s. Tab. 32).

WALDBAULICHER EINGRIFF (Parzelle)	KEIN EINGRIFF (1.0)		SCHWACHER SCHIRMHIEB (1.1)	STARKER SCHIRMHIEB (1.2) (2.2)		LOCHHIEB (2.4)	KAHLHIEB (1.3)
	erhobener Wert	%		% v.(1.0)	% v.(1.0)		
Überschirmungsgrad 1976	68 %	100	82	72	57	--	0
Streufall* Mittel 1. Jahrfünft	2659 kg/ha	100	82	68	59	75	7
Fichtensamen Summe 1. Jahrfünft	14.4 kg/ha 3505 Tsd./ha	100 100	134 111	139 137	64 61	102 95	12 10
Tannensamen Summe 1. Jahrfünft	53.8 kg/ha 1942 Tsd./ha	100 100	37 38	83 86	52 50	12 13	5 5
Bucheckern Summe 1. Jahrfünft	49.4 kg/ha 538 Tsd./ha	100 100	72 58	107 68	34 22	91 73	1 1
Ahornfrüchte Summe 1. Jahrfünft	35.7 kg/ha 660 Tsd./ha	100 100	79 75	57 56	110 83	41 32	11 16

* Streufall ohne Samen und Früchte

Tab. 32: Die Auswirkungen der waldbaulichen Eingriffe auf den Streufall

Die in Tab. 32 zwischen den Prozentwerten der Gewichte und der Anzahl der Samen auftretenden Diskrepanzen sind folgendermaßen zu erklären: Auf Parzelle 1.1 ist der Vollkornanteil der Fichtensamen besonders hoch. Auf Parzelle 1.0 sind zwar sehr viele aber gleichzeitig sehr leichte Bucheckern gefallen (z.B. betrug im Jahr 1984/85 das Vollkorngewicht der Bucheckern auf Parz. 1.0 nur 140 g/Tsd.). Die Ahornfrüchte waren auf der Parzelle 2.2 regelmäßig besonders schwer und auf Parzelle 1.3 außergewöhnlich leicht.

Anders als bei der restlichen Streu (ohne Samen und Früchte) nimmt mit der Eingriffsstärke die Samenmenge jedoch nicht linear ab. Schwächere Eingriffe können auf längere Sicht gesehen sogar das Samenangebot vergrößern, wie besonders deutlich an den Werten der Fichtensamen in Tab. 32 abzulesen ist. Verantwortlich dafür sind zwei Gründe: In den aufgelichteten Beständen fruktifizieren die Fichten zum einen stärker und zum anderen häufiger als im geschlos-

senen Bestand, so daß damit die geringere Anzahl an Samenträgern bis zu einem gewissen Grad kompensiert bzw. bei leichten Eingriffen in den Altbestand sogar überkompensiert werden kann; ähnliche Werte traten auch bei Buche und Ahorn auf. In den Prozentwerten der Tab. 32 kommt dies allerdings nicht zum Ausdruck - dazu müssen die grundflächenbezogenen Samendichten betrachtet werden (s. Abschnitt 6.2). Lediglich für die Tanne ergab sich kein klarer Hinweis, daß sich die Eingriffe stets förderlich auf die Fruktifikation von Einzelbäumen auswirken. Dennoch trifft auch auf die Tanne die für alle Baumarten gültige Regel zu, daß eine deutlich höhere Samenmenge in den dichten gegenüber den aufgelichteten Beständen immer nur in ausgesprochenen Samenjahren zu verzeichnen ist; in Jahren geringer Fruktifikation kommen die Samendichten in den aufgelichteten Beständen denen der geschlossenen Bestände sehr nahe oder übertreffen sie sogar.

Im 10-jährigen Versuchszeitraum sind auf der Kontrollparzelle 1.0 erstaunliche Mengen an hochwertigem Saatgut (ohne Hohlkörner) auf den Boden gelangt: pro Hektar waren es etwa 10 kg Fichtensamen, 35 kg Tannensamen, 35 kg Bucheckern und 45 kg Ahornfrüchte. Diese Saatgutmenge hätte auch nach den früher üblichen Vorstellungen (STUMPF, 1870) ausgereicht, um zweimal auf einem Hektar einen Bergmischwald durch Saat begründen zu können oder anders ausgedrückt, mit dieser Saatgutmenge hätten sich etwa 0.7 ha Fichtenwald, 0.5 ha Tannenwald, 0.2 ha Buchenwald und 0.8 ha Ahornwald säen lassen.

Auch auf der stark aufgelichteten Parzelle, wo die Saatgutmenge zumindest von Fichte und Tanne schon deutlich reduziert war (trotz erhöhter Fruktifikation der Einzelbäume konnte hier die geringere Anzahl an Samenträgern nicht mehr ausgeglichen werden), hätte das Saatgut für etwa 1.7 ha Bergmischwald ausgereicht und zwar für 0.4 ha Fichte, 0.3 ha Tanne, 0.2 ha Buche und 0.8 ha Ahorn. Selbst sehr starke waldbauliche Eingriffe in Bergmischwaldaltbestände können demnach das Saatgutpotential nicht so stark reduzieren, daß der Naturverjüngungsprozeß in Frage gestellt oder auch nur eingeschränkt würde.

Zum begrenzenden Faktor wird das Saatgut allenfalls auf Kahlflächen. Bucheckern gelangen kaum noch auf die Freifläche (s. Tab.

32). Auch das Samenangebot an Tannensamen ist gegenüber dem geschlossenen Bestand stark reduziert. Dennoch würde diese walddumgebene Lichtung selbst unter der Annahme, daß sich zum Zeitpunkt des Hiebes am Boden keine Naturverjüngungspflanzen befinden, nicht völlig ohne Naturverjüngung bleiben. Dafür würden auf längere Sicht schon die weitfliegenden Fichtensamen und noch mehr die zahlreichen, qualitativ hochwertigen Ahornfrüchte sorgen (s. Tab. 32 und 31b).

Unter dem Aspekt der höchsten Samenausbeute sind in Bergmischwaldaltbeständen schwache waldbauliche Eingriffe, die die Oberschicht weitgehend schonen und zu einer Kronenumlichtung von oberständigen Bäumen führen, als optimal einzustufen.

7. DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDBAULICHEN STEUERUNGSEINGRIFFE AUF DIE NATURVERJÜNGUNG

7.1 Einleitung und Methodik

Den in Kap. 6 mitgeteilten Ergebnissen zufolge ist im Versuchszeitraum auf nahezu allen Versuchspartzellen ein quantitativ und qualitativ befriedigendes Verjüngungspotential an Samen und Früchten auf den Boden gelangt. Was aus diesem Verjüngungspotential unter dem Einfluß der waldbaulichen Maßnahmen geworden ist, soll nun im folgenden aufgezeigt werden.

Zur Beobachtung der Naturverjüngungspflanzen waren auf den Versuchspartzellen 1 qm große sog. "Naturverjüngungsprobekreise" angelegt worden. Die Zahl und Anordnung dieser Probekreise kann den Abb. 4 und 5 entnommen werden (s. auch Kap. 2). Auf den Probekreisen wurde in den Jahren 1977 bis 1980 regelmäßig zweimal im Jahr (Frühsummer: 15.6. und Herbst: 15.9.) die Naturverjüngung registriert. Auf einigen Partzellen des Hauptversuches konnte in den ersten beiden Jahren durch besonders intensive Aufnahmen in der Vegetationsperiode (in 14tägigem Abstand) der Prozeß des Auflaufens der Keimlinge verfolgt werden (s. HOHENADL, 1981). In den Jahren von 1981 bis 1986 wurde nur mehr eine, und zwar die Aufnahme im Herbst durchgeführt. Im Zeitraum zwischen 1982 und 1985 konnte der Zustand der Naturverjüngung nicht mehr auf allen Partzellen erhoben werden.

Bei jeder Aufnahme der Naturverjüngung wurde (von jeder Pflanze) die Baumart, der Keimjahrgang, im Falle eines Schadens die Schadsache und im Falle des Todes die Abgangsursache festgehalten. Zur Identifizierung der Naturverjüngungspflanzen dienten bei jeder Aufnahme zwei Hilfsmittel: In Aufnahmebüchern wurde die Position, die Baumart und der Keimjahrgang der Pflanzen vermerkt und im Gelände wurden die Pflanzen mit Hilfe in den Boden gesteckter, verschiedenfarbiger Drahtstücke markiert. Jeweils im Herbst wurde an neu hinzugekommenen Keimlingen die Sproßlänge und an älteren Pflanzen der Zuwachs gemessen. Dabei wurde versucht, auf jedem Probekreis von jeder Baumart und von jedem Keimjahrgang jeweils eine vitale Pflanze zu messen. Zu Versuchsende 1986 wurde von älteren Pflanzen neben dem Zuwachs auch die Sproßlänge gemessen. Ebenfalls zu Versuchsende wurde auf einem Viertel aller Probekreise der Hauptversuchsfläche die Naturverjüngung abgeerntet (s. Abb. 4 und 5).

Das in den 10 Jahren von 1977 bis 1986 auf insgesamt 2288 Probekreisen erhobene Datenmaterial über die Naturverjüngung ist so groß, daß es im einzelnen nicht mehr darstellbar ist. Es können hier deshalb lediglich kleine Ausschnitte aus dem gesamten Datensatz gebracht werden. Dabei sollen typische, in der Naturverjüngung ablaufende Prozesse am Beispiel ausgewählter Keimjahrgänge und Versuchspartzellen belegt werden.

Vertiefende Auswertungen einzelner Aspekte des Naturverjüngungsprozesses sind in der Folge geplant. Eine profunde Studie über die Biomasse der Naturverjüngungspflanzen ist in Vorbereitung (EL KATEB, 1990). In dieser in Kürze erscheinenden Arbeit werden auch die Möglichkeiten einer statistischen Auswertung von komplexen Naturverjüngungsdaten aufgezeigt.

7.2 Ergebnisse der Naturverjüngungsaufnahmen

7.2.1 Die Pflanzendichte

7.2.1.1 Wirkung der Überschirmung

Ausgewählte Keimjahrgänge und Versuchspartellen

Die Wirkung der Überschirmung auf die Pflanzendichte kann am besten an Pflanzen aus den Anfangsjahren des Versuches demonstriert werden, da sich an ihnen der Einfluß der Überschirmung bereits über einen längeren Zeitraum manifestieren konnte. In den Jahren nach Versuchsbeginn hatten die Tannen im Jahr 1976/77 sowie Fichten, Buchen und Ahorne im Jahr 1977/78 reichlich fruktifiziert (s. Tab. 28b, 29b, 30b und 31b). Das Schicksal dieser Samen und der daraus entstandenen Keimlinge soll auf fünf verschieden überschrmtten Parzellen des Hauptversuchs weiterverfolgt werden.

In Tab. 33 ist der Verlauf des Verjüngungsprozesses wiedergegeben. Nachdem die Keim- bzw. Lebensfähigkeitsprozente bei keiner Baumart nach den einzelnen Auflichtungsgraden differenziert waren (zumindest konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden, s. VELTSISTAS, 1980), war die Menge an keimfähigen Samen bzw. lebensfähigen Früchten in erster Linie von der insgesamt ausgestreuten Menge an Samen und Früchten abhängig. Danach ergaben sich die höchsten Dichten an keimfähigen Samen und Früchten stets auf der Parzelle 1.0. Dort liefen auch die meisten Buchen- und Ahornkeimlinge auf. Fichte und Tanne erreichten zwar ebenfalls sehr hohe Keimlingszahlen auf Parzelle 1.0, doch gab es Parzellen, auf denen noch mehr Keimlinge registriert wurden.

BAUMART UND KEIM- JAHR- ALTBESTAND	ÜBERSCHR- MUNGS- GRAD	HALDBAULICHE BEHANDLUNG 1976 (Parzelle)	SAMEN bzw. FRÜCHTE Tsd./ha	KEIMFÄH. SAMEN bzw. LEBENSFÄHIG- FRÜCHTE Tsd./ha	KEIM- bzw. LEBENSFÄHIG- KEIT %	KEIMLINGS** Tsd./ha	PFLANZEN IM HERBST 1986 Tsd./ha	ÜBERLEBENS- PROZENT HERBST 1986
FICHTE 1978	76	Kein Eingriff (2.0)	1670	625	37	--	0	0
	68	Kein	2600	825	32	38	1	2
	56	Eingriff (1.0)	2080	756	36	43	10	23
	39	Schwacher Schirmh. (1.1)	1200	433	36	33	16	49
	0	Starker Schirmh. (2.2) Kahlhieb (1.3)	160	60	37	3	<1	12
TANNE 1977	76	Kein Eingriff (2.0)	80	21	26	--	1	--
	68	Kein	681	236	35	22	5	24
	56	Eingriff (1.0)	179	55	31	18	8	41
	39	Schwacher Schirmh. (1.1)	339	92	27	25	17	67
	0	Starker Schirmh. (2.2) Kahlhieb (1.3)	29	11	36	2	1	56
BUCHE* 1978	76	Kein Eingriff (2.0)	209	96	46	--	0	0
	68	Kein	529	224	42	135	23	17
	56	Eingriff (1.0)	287	137	48	18	2	9
	39	Schwacher Schirmh. (1.1) Starker Schirmh. (2.2)	109	57	52	29	1	5
AHORN 1978	76	Kein Eingriff (2.0)	16	5	31	--	1	--
	68	Kein	471	163	35	90	15	17
	56	Eingriff (1.0)	172	68	40	42	7	17
	39	Schwacher Schirmh. (1.1)	231	101	44	68	24	35
	0	Starker Schirmh. (2.2) Kahlhieb (1.3)	19	8	43	7	2	33

* Auf der unbeschrmtten Fläche waren 1978 nahezu keine Bucheckern zu finden!

** Gesamtzahl aufgelaufener Keimlinge, ermittelt aus in 14-tägigem Turnus durchgeführten Aufnahmen im Keimjahr (100%-Basis für die Abb. 30)

Tab. 33: Der Verlauf des Verjüngungsprozesses auf unterschiedlich überschrmtten Parzellen im Versuchszeitraum, dargestellt an ausgewählten Keimjahrgängen der Baumarten Fichte, Tanne, Buche und Ahorn (s. hierzu auch Abb. 30).

Die Keimlingsprozent unterschieden sich deutlich nach der Baumart: Die Keimlingsausbeute war bei den Laubhölzern in der Regel höher als bei den Nadelhölzern. Wenigstens aus jeder zweiten lebensfähigen Ahornfrucht und jeder zweiten lebensfähigen Buchecker ging ein Keimling hervor. Dagegen keimte bestenfalls nur jeder dritte keimfähige Tannensame. Von den keimfähigen Fichtensamen wurden weniger als 10 % zu Fichtenkeimlingen.

Eine Differenzierung der Keimlingsprozent nach dem Auflichtungsgrad deutete sich bei Fichte und Ahorn zwar an, konnte statistisch aber nicht abgesichert werden.

Eine Differenzierung der Keimlingsprozent könnte lediglich auf die erhöhte Bodentemperatur auf den aufgelichteten Parzellen zurückzuführen sein, nicht jedoch auf die erhöhte Lichtzufuhr. Nach LARCHER (1984) ist nämlich die Keimung der Forstpflanzen nicht vom Licht, sondern von der Temperatur abhängig. Es könnte aber auch sein, daß die gewählte Aufnahmehethodik eine Differenzierung nur vortäuscht. Selbst bei den kurzen, 14tägigen Aufnahmeintervallen ist nicht ausgeschlossen, daß unter den dichten Beständen zwischen zwei Aufnahmetermine Samen gekeimt und Keimlinge wieder verschwunden sind und so das Keimlingsprozent hier etwas niedrig ausfiel.

Auf allen überschrmtten Parzellen - selbst dort, wo das Samenpotential durch die Eingriffe schon deutlich reduziert war - sind also erstaunlich viele Keimlinge registriert worden. Lediglich auf der Kahlfläche führte das niedrige Samenpotential zu vergleichsweise wenigen Keimlingen; allerdings saften sich auch hier, mit Ausnahme der Buche, alle Baumarten in Mengen an, die auf Dauer eine Walderhaltung gewährleisten würden. Die hohen Keimlingszahlen auf den überschrmtten Parzellen zeigen, daß sich der Boden in einem hervorragenden Zustand befindet und eine Verbesserung des Keimbettes im Wege einer Bodenbearbeitung sicherlich nicht von Nöten ist.

Das weitere Schicksal der aufgelaufenen Keimlinge im Versuchszeitraum geht aus Abb. 30 sowie aus den Spalten (6) und (7) der Tab. 33 hervor. Bereits im Keimjahr verschwindet ein Großteil der Keimlinge wieder. Nach den Untersuchungen von MOSANDL und AAS (1986) sind Pilze maßgeblich am Absterbeprozess im ersten Jahr beteiligt (s. Abb. 20). Auf der sehr dicht überschrmtten Kontrollparzelle 2.0 sind alle Fichtenkeimlinge bereits im Keimjahr wieder ausgefallen (s. Abb. 30). Nur sehr wenige Fichten des Keimjahres 1978 haben auf

der nicht ganz so dichten Kontrollparzelle 1.0 bis zum Herbst 1986 überlebt (2%). Der schwache Schirmhieb hat immerhin 23% der Fichtenkeimlinge das Überleben ermöglicht. Die besten Bedingungen fanden die Fichten jedoch auf der stark aufgelichteten Parzelle 2.2; etwa die Hälfte aller aufgelaufenen Keimlinge hat die Jahre bis 1986 überdauert. Auf dem Kahlhieb waren die Überlebenschancen schon wieder ungünstiger; nur mehr 12% der Fichtenkeimlinge haben überlebt. Im Herbst 1986 sind also die höchsten Pflanzenzahlen der Fichte des Keimjahres 1978 dort anzutreffen, wo auch die besten Überlebenschancen gegeben waren: auf der Parzelle 2.2 (und dies, obwohl hier das Samenpotential gegenüber den dichter überschrmtten Parzellen deutlich reduziert war).

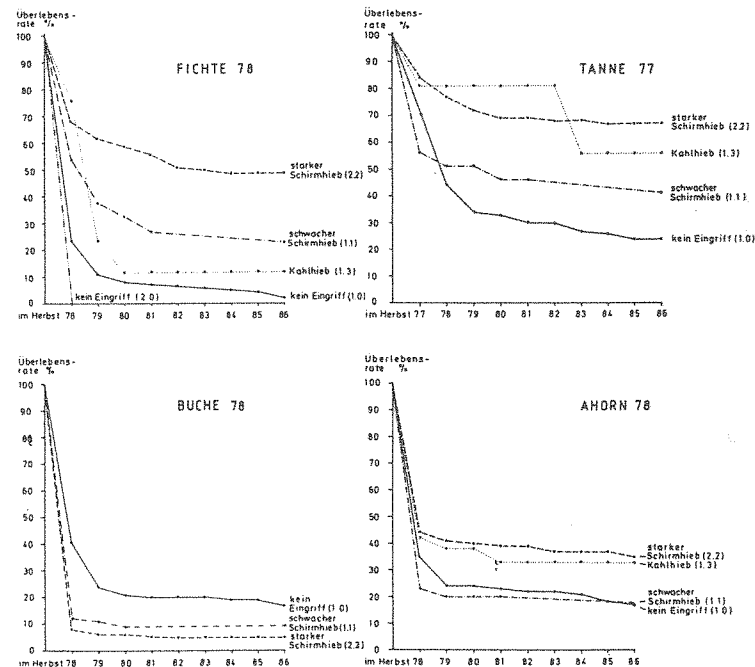


Abb. 30 : Die Überlebensraten auf unterschiedlich überschrmtten Parzellen im Versuchszeitraum, dargestellt an ausgewählten Keimjahrgängen der Baumarten Fichte, Tanne, Buche und Ahorn (siehe hierzu auch Tab. 33).
100 % : Gesamtzahl aufgelaufener Keimlinge .

Auch die Tannen- und Ahornkeimlinge hatten die besten Überlebenschancen auf der stark aufgelockerten Parzelle 2.2, wobei die Tanne mit 67% ein noch höheres Überlebensprozent als die Fichte aufwies und der Ahorn sich durch ein wesentlich niedrigeres Überlebensprozent als Fichte und Tanne auszeichnete (35%). Auch bei Tanne und Ahorn führten die höchsten Überlebensprozente zu den größten Pflanzendichten.

Die Buche scheint eine Ausnahme zu machen: Das höchste Überlebensprozent und die meisten Pflanzen sind im Herbst 1986 auf der Kontrollparzelle 1.0 anzutreffen. Am Zustandekommen dieses Ergebnisses ist jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit die Überschirmung erst in zweiter Linie beteiligt. In erster Linie dürfte sich hier die in Folge der Buchenmast im Jahr 1978 aufgetretene Mäusegradation (s. BÄUMLER und HOHENADL, 1980, BÄUMLER; 1981) ausgewirkt haben. Wie in Kap. 4 gezeigt (s. Abb. 19), nahm die Mäusedichte mit der Auflichtung zu. Auf den aufgelichteten Parzellen wurden die Bucheckern und später die aufgelaufenen Buchenkeimlinge besonders stark dezimiert. Für diese Deutung spricht, daß die Differenzierung der Überlebensraten bereits im Herbst 1978 gegeben war (s. Abb. 30) und daß als besonders häufige Abgangsursache von Buchenkeimlingen im Jahr 1979 Mäusefraß registriert wurde (v.a. die Rötelmäuse scheinen sich durch ihren Verschwendungsfraß besonders hervorgetan zu haben, s. BÄUMLER und HOHENADL, 1980). Es steht sogar zu vermuten, daß auch die Ahornkeimlinge auf den aufgelichteten Parzellen durch den Mäusefraß in Mitleidenschaft gezogen wurden und sich so die gegenüber Fichte und Tanne niedrigeren Überlebensraten erklären lassen.

Auf der Kahlfläche haben Tanne und Ahorn nicht ganz so hohe Überlebensprozente wie auf der stark aufgelichteten Parzelle; allerdings kommen sie mit den Kahlflächenbedingungen weit besser zurecht als die Fichte. Tanne und Ahorn zeichnen sich auch dadurch aus, daß sie im Gegensatz zu Fichte und Buche den starken Schirmdruck auf der sehr dichten Parzelle 2.0 überstehen können. Fichte und Buche werden hier vollständig ausgedunkelt.

Auf der nicht ganz so dichten Parzelle 1.0 sind die Überlebenschancen von Tanne, Buche und Ahorn nahezu gleich; sie liegen bei etwa

20%. Eine so hohe Überlebensrate erreicht die Fichte dagegen erst auf dem schwachen Schirmhieb. Unter dieser Schirmstellung ist die Tanne der Fichte immer noch deutlich überlegen: Die Überlebensrate der Tanne ist hier doppelt so hoch wie die der Fichte. Die Überlebensraten von Buche und Ahorn dürften auf dem schwachen Schirmhieb durch den Mäusefraß wiederum verfälscht und zu niedrig ausgefallen sein.

Nach den in Tab. 33 und Abb. 30 mitgeteilten Befunden wird es wohl für jede Baumart eine eigene Optimumfunktion zwischen Überlebensrate und Überschirmungsgrad geben. Das Optimum wird mit großer Wahrscheinlichkeit bei allen Baumarten stets im Bereich des stark aufgelockerten Schirmes angesiedelt sein. Allerdings ist nicht anzunehmen, daß dieses Optimum statisch ist; es wird sich vielmehr mit fortschreitender Vegetationsentwicklung in den Bereich des nur leicht aufgelockerten Schirmes verlagern.

Alle Keimjahrgänge auf ausgewählten Versuchspartzen

Ist die Entwicklung der Dichte von Naturverjüngungspflanzen, die aus einem Samenjahr hervorgegangen sind, noch einigermaßen überschaubar, so wird es schon schwieriger, wenn mehrere Samenjahre zusammen kommen. Am Beispiel von jeweils zwei verschieden überschirmten Parzellen im Kalkalpin (1.0 und 2.2) und im Flysch (10.0 und 10.2) soll versucht werden, die Entwicklung der gesamten, im Versuchszeitraum entstandenen Naturverjüngung zu überblicken. Dabei wird an die in Kap. 6 mitgeteilten Samendichten angeknüpft.

Als Anknüpfungspunkt wäre sicherlich die Zahl der aufgelaufenen Keimlinge, so wie sie in Tab. 33 dargestellt wurde, besonders geeignet gewesen. Die Erhebung der Keimlingszahlen in 14tägigen Aufnahmeintervallen ist aber mit einem derartig gewaltigen Arbeitsaufwand verbunden, so daß es nicht möglich war, diese Keimlingszahlen während des gesamten Versuchszeitraumes zu ermitteln. Jedoch konnten in jedem Jahr im Herbst die Zugänge an Keimlingen registriert werden. Diese Zugänge sind, wie der Abb. 33 zu entnehmen ist, bereits nach der Überschirmung differenziert (im Extremfall, wie bei der Fichte auf Parzelle 2.0, werden überhaupt keine Zugänge verzeichnet, weil alle Keimlinge bereits im Keimjahr wieder ausgefal-

len sind). Trotzdem kann über die Zugänge die Verbindung zu den Samen hergestellt werden.

In Tab. 34 sind die im Herbst registrierten Zugänge an Keimlingen im Versuchszeitraum auf den vier ausgewählten Versuchspartellen aufgeführt. Bezieht man diese Zugänge auf die keimfähigen Samen (Vollkörner), so ergibt sich das ebenfalls in Tab. 34 angegebene Pflanzenprozent. Schon ein Blick auf die Summenzeile der Tab. 34 zeigt etwas von dem gigantischen Ausmaß des Forschungsprojektes "Bergmischwald". Alle Baumarten zusammen genommen, sind im Versuchszeitraum auf der Parzelle 1.0 285 Tsd. neue Pflanzen pro Hektar als Zugänge verzeichnet worden, auf der stark aufgelichteten Parzelle 2.2 waren es über eine halbe Million, auf der Parzelle 10.0 eine dreivierteil Million und auf Parzelle 10.2 nahezu eine Million Pflanzen. Selbst auf Probekreisgröße heruntertransformiert sind dies immer noch 30 bis 90 Pflanzen/qm. Von daher ist es wirklich kaum zu glauben, daß es gelungen ist, auf 96 Probekreisen jeder Parzelle das Schicksal jeder einzelnen dieser, im Versuchszeitraum entstandenen Pflanzen zu verfolgen.*

Wie setzen sich nun diese riesigen Mengen an Keimlingen zusammen? Aus Tab. 34 geht hervor, daß kaum ein Jahr vergangen ist, in dem sich nicht mindestens eine Baumart angesamt hat. In den Zugängen an Keimlingen spiegeln sich die Samenjahre wider. Besonders viele Zugänge an Fichtenkeimlingen brachte das Fichtensamenjahr 1980/81. Im Flysch wurden allein im Herbst 1981 500 bzw. 700 Tsd. neue Fichtenkeimlinge pro Hektar registriert. Aber auch in den Jahren 1977, 1978 und 1983 waren namhafte Mengen an neuen Fichten zu finden.

Größere Mengen an Tannenkeimlingen waren im Jahr 1980 aufgelaufen. Im Folgejahr waren wiederum Tannenkeimlinge zu verzeichnen -mengenmäßig vergleichbar mit den Zugängen im Jahr 1977.

* An dieser Stelle sei nochmals Herrn El Kateb gedankt, der die Konzepte für die schwierige Datenerfassung und Datenorganisation entwickelt hat.

KEIM-JAHR	FICHTE			TANNE			BUCHE			AHORN			ALLE BAUMARTEN*		
	1.0	2.2	10.0	1.0	2.2	10.0	1.0	2.2	10.0	1.0	2.2	10.0	1.0	2.2	10.0
1977	5 (6)	8 (6)	---	14 (6)	21 (23)	---	0	0	---	1 (15)	2 (28)	---	21	37	---
1978	9 (1)	23 (5)	---	1 (15)	0	---	55 (25)	2 (4)	---	31 (19)	29 (29)	---	96	56	---
1979	0	0	---	0	0	---	0	0	---	1 (23)	0	---	1	0	---
1980	0	0	0	24 (-)	41 (64)	193 (27)	0	0	0	16 (66)	125 (84)	1 (68)	41	167	194
1981	24 (14)	39 (26)	503 (12)	13 (4)	21 (15)	5 (5)	0	0	0	1 (24)	5 (122)	2 (-)	38	65	510
1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55 (25)	146 (73)	<1 (-)	56	146	0
1983	1 (1)	7 (5)	6 (1)	3 (11)	13 (31)	7 (5)	0	<1 (12)	1 (48)	0	0	0	4	21	14
1984	0	1 (-)	<1	2 (11)	2 (20)	4 (3)	0	0	0	<1	1 (4)	0	2	3	4
1985	<1	<1	0	4 (22)	2 (17)	11 (13)	4 (12)	20 (12)	15 (26)	12 (11)	25 (30)	<1	20	48	26
1986	0	0	0	0	0	1 (12)	0	0	0	3 (14)	7 (36)	0	6	8	1
VZ**	40 (3)	78 (9)	509 (10)	62 (9)	100 (28)	220 (19)	59 (32)	23 (10)	16 (26)	119 (21)	339 (158)	4 (52)	285	550	749
													2	205	2
													136	136	136

* einschließlich sonstiger Baumarten ** VZ = Versuchszeitraum

Tab. 34: Zugänge an Naturverjüngungspflanzen (Tsd./ha) im Versuchszeitraum auf ausgewählten Versuchspartellen (Parzellenbezeichnung s. Tab. 1). In Klammern ist das Pflanzenprozent angegeben. Zugänge = im Herbst (15.9.) des Keimjahres vorhandene Keimlinge (Mittelwerte von 32 Probekreisen im Zaun). Pflanzenprozent = Zugänge bezogen auf die keimfähigen Samen (Vollkörner), s. Tab. 28b, 29b, 30b und 31b

Das Buchenmastjahr 1977/78 fand zumindest auf der Kontrollparzelle 1.0 seinen Niederschlag in hohen Zugängen an Buchenkeimlingen im Herbst 1978; auch das Jahr 1985 brachte sehr viele Buchenkeimlinge.

Der Ahorn hatte mehrfach im Versuchszeitraum fruktifiziert; fast regelmäßig im Abstand von zwei Jahren tauchten auf den Versuchsflächen in den Kalkalpen größere Mengen an Ahornkeimlingen auf: 1978, 1980, 1982 und 1985.

Die auf die keimfähigen Samen bezogenen Pflanzenprozent (s. Tab. 34) unterscheiden sich deutlich nach den Jahren, der Baumart, dem Überschirmungszustand der Parzelle und der Versuchsfläche.

Bei allen Baumarten gibt es Jahre, in denen die Keimlingsausbeute aus den keimfähigen Samen besonders hoch und andere, in denen sie sehr niedrig ausfällt. Hier dürften neben der Qualität des Saatgutes vor allem Witterungseinflüsse (oder damit verbundene biotische oder abiotische Schadfaktoren) eine ausschlaggebende Rolle spielen. Ohne dem weiter nachgehen zu wollen, kann man sagen, daß für die Fichtenkeimlinge die Keimbedingungen und die Chancen, den Herbst des Keimjahres zu erleben, im Jahr 1981 sehr günstig gewesen sein müssen; in diesem Jahr wurden die höchsten Fichtenpflanzenprozent des Versuchszeitraumes ermittelt. Für Tannen- und Ahornkeimlinge waren die Bedingungen im Jahr 1980 sehr gut. Die Buchenkeimlinge fanden im Mastjahr 1978 nur teilweise gute Verhältnisse vor: Auf der Kontrollparzelle 1.0 fiel das Pflanzenprozent deutlich höher aus als auf der stark aufgelichteten Parzelle 2.2, auf der Mäusefraß das Geschehen stark beeinflusste.

Vergleicht man die Baumarten miteinander, und zwar in Jahren, in denen sie gute Verhältnisse antrafen, dann fällt auf, daß der Ahorn mit Pflanzenprozenten von teilweise über 80 im Jahr 1980 allen anderen Baumarten eindeutig überlegen ist. (Ein Pflanzenprozent von 80 bedeutet, daß aus nahezu jedem Ahornvollkorn ein Keimling entstanden ist, der noch dazu den Herbst des Keimjahres erlebt hat; anders ausgedrückt: Von 5 Ahornvollkörnern sind im Herbst des Keimjahres 4 Ahornkeimlinge zu erwarten). Im Jahr 1980 erreichte auch die Tanne ganz beachtliche Pflanzenprozent: über 60% waren es auf der Parzelle 2.2. Die Fichte brachte es dagegen höchstens auf ein

Pflanzenprozent von 26 (1981, Parz. 2.2). Die höchsten festgestellten Pflanzenprozent der Buchen lagen ebenfalls in dieser Größenordnung (1985, Parz. 10.0; 1978, Parz. 1.0).

Ein Einfluß der Überschirmung ist in allen Jahren und bei allen Baumarten festzustellen; unter den aufgelockerten Schirmen der Parzellen 2.2 und 10.2 war die Keimlingsausbeute stets höher als auf den entsprechend dicht überschirmten Parzellen. Eine Ausnahme machen lediglich die 1985 gekeimten Tannen auf beiden Versuchsflächen; vermutlich kommen darin bereits die sich verschlechternden Ansammlungsbedingungen infolge einer sich ausbreitenden Bodenvegetation auf den stark aufgelichteten Parzellen zum Ausdruck (auf beiden locker überschirmten Parzellen ist ab dem Jahr 1981 über die Hälfte des Bodens mit Bodenvegetation bedeckt, s. Tab. 23). Es gibt Anzeichen dafür, daß die Bodenvegetation im Flysch, wo sie sich rascher entwickelt hat als in den Kalkalpen, bereits vor 1985 Einfluß auf die Pflanzenprozent genommen hat; so fiel im Jahr 1983 das Pflanzenprozent der Fichte auf Parzelle 10.2 mit 2% vergleichsweise niedrig aus. Auch die Tanne hat im Jahr 1983 auf der Schirmhiebparzelle 10.2 gemessen am Wert des Jahres 1981 ein niedriges Pflanzenprozent (auf der Kontrollparzelle 10.0 sind in den Jahren 1981 und 1983 die Pflanzenprozent gleich).

Obgleich in der Summenzeile der Tab. 34 sich auch Unterschiede in den Pflanzenprozent nach Versuchsflächen (Kalkalpen - Flysch) abzeichnen, dürften darin nicht unbedingt Standortunterschiede zum Ausdruck kommen. Die Pflanzenprozent in der Summenzeile fallen nämlich im Flysch nur deshalb etwas höher aus, weil hier der Versuchszeitraum kürzer ist und die Jahre 1977 und 1978 mit ihren verhältnismäßig niedrigen Pflanzenprozent nicht in die Berechnung des Mittelwertes eingingen.

Vergleicht man dagegen die Versuchsflächen in Jahren, in denen sowohl in den Kalkalpen wie auch im Flysch Erhebungen stattgefunden haben und reichlich Keimlinge aufgelaufen sind, wie z.B. Fichte 1981 und Tanne 1980, dann stellt man fest, daß die Pflanzenprozent bei der Fichte auf beiden Versuchsflächen sehr gut übereinstimmen; bei der Tanne sind sogar die Flächen im Kalkalpin etwas im Vorteil. Wenn also im Flysch sich im Versuchszeitraum mehr Fichten und Tan-

nen angesamt haben, dann liegt dies nicht in erster Linie an den besseren Bodenverhältnissen, sondern daran, daß mehr Fichten- und Tannensamen gefallen sind. Der Standort wirkt sich eher indirekt über die Bodenvegetation auf die Ansamung aus; auf den unkrautwüchsigen Flyschstandorten verschlechtern sich die Ansamungsbedingungen nach einer stärkeren Auflichtung schneller als im kalkalpinen Bereich.

Was aus den in Tab. 34 aufgeführten Zugängen an Naturverjüngungspflanzen bis zum Herbst 1986 geworden ist, geht aus Tab. 35 hervor. In dieser Tabelle ist neben der Dichte im Herbst 1986 auch das auf die Zugänge bezogene Überlebensprozent angegeben. Die meisten Pflanzen haben auf der Schirmhiebsparzelle 2.2 überlebt: 85% aller im Versuchszeitraum als Zugänge verbuchten Naturverjüngungspflanzen (das sind fast eine halbe Million) sind im Herbst 1986 hier noch anzutreffen. Auf der dicht überschirmten Parzelle 1.0 waren die Überlebenschancen schon deutlich geringer: Nur mehr die Hälfte aller im Versuchszeitraum erfaßten Keimlinge sind am Ende noch vorhanden; allerdings sind dies in absoluten Zahlen immer noch etwa 150 Tsd. Pflanzen/ha.

Auf den Flyschparzellen sind im Herbst 1986 noch 250 bzw. 290 Tsd. aus dem Versuchszeitraum stammende Naturverjüngungspflanzen pro Hektar zu finden; das sind zwar immer noch ungeheuer viele Pflanzen, prozentual betrachtet aber nur mehr ein Drittel der Zugänge. Die gegenüber den kalkalpinen Parzellen niedrigere Überlebensrate auf den Flyschparzellen resultiert daraus, daß im Flysch der Anteil an Fichtenkeimlingen höher ist. Die Fichte hat, wie auch aus Tab. 35 hervorgeht, erheblich niedrigere Überlebensraten als der Ahorn, die Buche oder auch die Tanne. Damit kann aber nicht erklärt werden, warum die Überlebensrate auf der Parzelle 10.2 genauso hoch ausfällt wie auf der Parzelle 10.0.

Die Überlebensraten auf den beiden Kontrollparzellen 1.0 und 10.0 sind - baumartenweise betrachtet - durchaus vergleichbar; d.h., der Schirmdruck hat sich in gleicher Weise im Flysch wie in den Kalkalpen auf das Überleben der Keimlinge ausgewirkt. Bei einem Vergleich der Überlebensprozente der Pflanzen unter den offenen Schirmstellungen 2.2 und 10.2 schneidet die Flyschparzelle regelmäßig

KEIM- JAHR	FICHTE		TANNE		BUCHE		AHORN		ALLE BAUMARTEN*	
	1.0	2.2	1.0	2.2	1.0	2.2	1.0	2.2	1.0	2.2
1977	2 (31)	7 (81)	5 (37)	17 (79)	0	0	0	1 (68)	7	27
1978	1 (10)	16 (71)	1 (100)	0	23 (42)	1 (57)	15 (50)	23 (81)	40	43
1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	13 (55)	35 (86)	0	0	10 (65)	105 (64)	24	140
1981	5 (21)	24 (62)	7 (51)	18 (85)	0	0	1 (100)	4 (82)	13	46
1982	0	0	0	0	0	0	36 (66)	134 (92)	37	134
1983	0	5 (75)	3 (91)	12 (91)	0	<1	0	0	3	18
1984	0	<1	1 (56)	2 (100)	0	0	0	1 (100)	1	3
1985	<1	<1	3 (66)	8 (100)	3 (77)	19 (97)	9 (81)	25 (100)	16	47
1986	0	0	2 (100)	0	0	0	3 (100)	7	6	8
SUMME	8 (20)	53 (68)	36 (58)	86 (86)	26 (45)	21 (93)	76 (64)	301 (89)	147 (52)	466 (85)
					84 (54)	12 (75)	0	3 (83)	1 (67)	265 (53)
							0	0	0	287 (52)

* einschließlich sonstiger Baumarten)
 Tab. 35: Die Dichte der Naturverjüngung (Tsd./ha) zu Versuchsende im Herbst 1986 auf ausgewählten Versuchsparzellen (Parzellen-
 beschreibung s. Tab. 1). In Klammern ist das Überlebensprozent der Pflanzen im Herbst 1986 angegeben)
 Überlebensprozent = Pflanzendichte im Herbst 1986 bezogen auf die Pflanzendichte im Herbst des Keimjahres (= Zugänge)
 s. Tab. 34

schlechter ab. Dies kann eigentlich nur damit zusammenhängen, daß sich die auf der Flyschparzelle 10.2 vorhandene üppige Bodenvegetation negativ auf das Überleben der Keimlinge ausgewirkt hat. Dafür spricht auch, daß sich zu Versuchsbeginn 1980 bei den Tannenkeimlingen noch eine leichte Überlegenheit in den Überlebensraten auf der Schirmhiebparzelle 10.2 gegenüber denen der Kontrollparzelle 10.0 gezeigt hat; im Versuchszeitraum kehrt sich dann allerdings das Verhältnis um.

Im Flysch kann demnach Schirmdruck rasch durch Vegetationsdruck ersetzt werden. Die optimale Überlebensrate wird vermutlich bei einer Schirmstellung gegeben sein, die zwischen der der Kontrollparzelle und der des starken Schirmhiebes liegt. Im kalkalpinen Bereich setzt sich die Bodenvegetation anders zusammen (s. Kap. 5) und sie entwickelt sich auch nicht so rasch wie im Flysch. Von daher liegt hier die optimale Überlebensrate der Pflanzen wesentlich weiter im Bereich des offenen Schirmes.

Stellt man die im Herbst 1986 auf den vier Versuchspartzen anzu-treffende Pflanzendichte graphisch dar, dann ergibt sich die in Abb. 31 wiedergegebene Altersverteilung der Naturverjüngung. Zusätzlich zu den in Tab. 35 aufgeführten Keimjahrgängen sind in die Abb. 31 die älteren, zu Versuchsbeginn bereits vorhandenen Pflanzen mit aufgenommen. Es zeigt sich, daß der starke Schirmhieb im Kalkalpin nicht nur mehr Pflanzen, sondern vor allem auch älteren Pflanzen das Überleben ermöglicht hat. Die fördernde Wirkung des starken Schirmhiebes auf die älteren Pflanzen ist auch im Flysch zu erkennen; allerdings zeichnet sich auch das Ausbleiben von Pflanzen in den letzten drei Jahren auf der Parzelle 10.2 ab.

Die Entwicklung der Gesamtpflanzendichte auf ausgewählten Versuchspartzen

Die zu einem bestimmten Zeitpunkt auf einer Fläche anzutreffende Gesamtpflanzendichte ist zum einen abhängig von den Zugängen an Naturverjüngungspflanzen und zum anderen von den Überlebenschancen, die diese Pflanzen haben. Wie oben beschrieben, werden sowohl die Zugänge als auch die Überlebensraten vom Altholzschirm gelenkt (und sind damit über die Veränderung der Überschirmung steuerbar). Da-

raus läßt sich ableiten, daß auch die Gesamtpflanzendichte von der Überschirmung geprägt sein muß. Aus Abb. 32 geht hervor, daß dies tatsächlich zutrifft. In dieser Abbildung ist die Entwicklung der Gesamtpflanzendichte im Versuchszeitraum auf ausgewählten Versuchspartzen wiedergegeben. Neben den Entwicklungen auf den vier oben aufgeführten Versuchspartzen sind auch die von fünf weiteren Versuchspartzen mit aufgenommen.

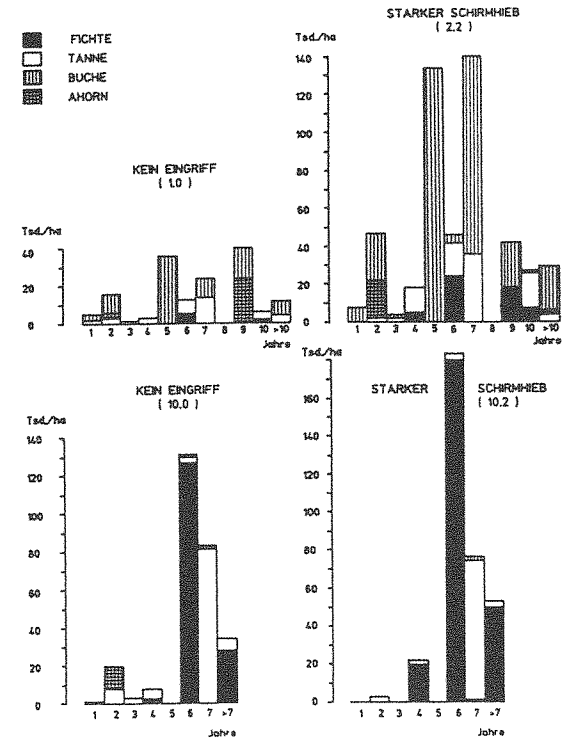


Abb. 31: Die Altersverteilung der Naturverjüngungspflanzen im Herbst 1986 in den Kalkalpen (oben) und im Flysch (unten)

Auf der sehr dichten Versuchspartze 2.0 in den Kalkalpen verhindert der starke Schirmdruck eine Zunahme der Pflanzendichte; hohe Zugänge und niedrige Überlebensraten egalisieren sich. Auch auf der

Kahlhiebsparzelle 1.3 bleibt die Pflanzendichte konstant. Die zum Zeitpunkt des Hiebes vorhandenen Pflanzen bestimmen das Geschehen; noch bevor ein Kahlhieb ausgeführt wird, kann also beurteilt werden, ob Verjüngungsschwierigkeiten zu erwarten sind oder nicht.

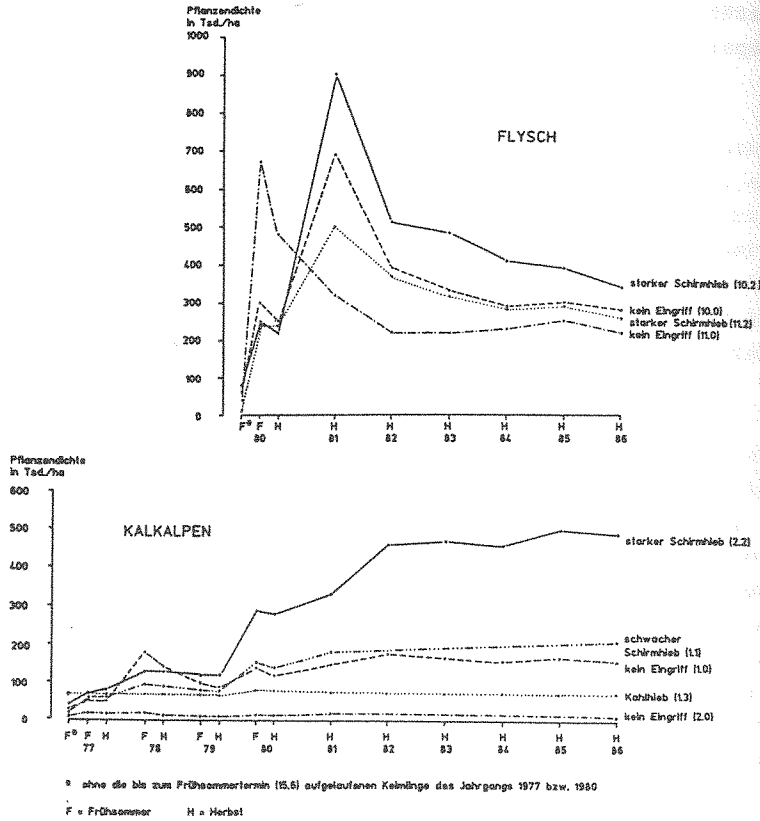


Abb. 32 : Die Entwicklung der Pflanzendichte auf ausgewählten Versuchsparzellen im Flysch (oben) und in den Kalkalpen (unten) im Versuchszeitraum (Mittelwerte von 32 Probekreisen im Zaun)

Auf der Kontrollparzelle 1.0 hat der Ausfall von Alttannen (s. Kap. 3) zu einer Lockerung des Schirmes geführt. Die Pflanzendichte hat sich inzwischen auf die neue Überschirmungssituation eingependelt. Ähnlich ist die Situation auf der Parzelle 1.1, auf der der Schirm-

druck durch einen schwachen Schirmhieb gelockert wurde. Auf der Parzelle 2.2 hat es mehrerer Samenjahre bedurft, bis sich ein neues, an die Überschirmung angepaßtes Niveau der Pflanzendichte eingestellt hat.

Die Pflanzendichten auf allen kalkalpinen Parzellen befinden sich inzwischen im von der Überschirmung bestimmten Fließgleichgewicht. Es entsteht dadurch, vor allem auf den dichter überschirmten Parzellen, ein statischer Eindruck; in Wirklichkeit ist dahinter eine ungeheure, durch riesige Zu- und Abgänge an Pflanzen gekennzeichnete Dynamik verborgen.

Auf den Flyschparzellen haben das Tannensamenjahr 1980 und das Fichtensamenjahr 1981 heftige Ausschläge in der Gesamtpflanzendichte verursacht (von dem Fichtensamenjahr 1983 ist interessanterweise nichts zu spüren). Bisher scheint sich nur die Kontrollparzelle 11.0 auf ein neues Niveau eingependelt zu haben; daß dieses Niveau über dem Ausgangsniveau liegt, hat vermutlich mit der infolge der Waldschäden eingetretenen Verlichtung zu tun (s. Tab. 19). Auf den übrigen drei Parzellen ist ein Entwicklungstrend der Pflanzendichte nach unten zu erkennen. Auf Parzelle 10.0 wird aufgrund des Schirmdrucks die Pflanzendichte noch weiter zurückgehen und auf den Parzellen 10.2 und 11.2 wird die Konkurrenzvegetation den Naturverjüngungspflanzen noch zu schaffen machen. Es ist ohne weiteres denkbar, daß z.B. die Pflanzendichte auf der Parzelle 10.2 schneller abnimmt als auf der Kontrollparzelle 10.0; dann könnte eines Tages die Kontrollparzelle mehr Pflanzen aufweisen als die Parzelle mit starkem Schirmhieb.

Auch das Ausbleiben von Samenjahren nach den Hieben im Flysch hätte dazu führen können, daß eine dichte Bodenvegetation die Ansamung und das Überleben der Naturverjüngungspflanzen stärker begrenzt hätte als der Schirmdruck auf den Kontrollparzellen. Auch dies hätte höhere Pflanzendichten auf den Kontrollparzellen als auf den aufgelichteten Parzellen zur Folge gehabt.

Diese Überlegungen zeigen, wie wichtig es ist, die Dynamik der Überschirmung und der Pflanzendichte im Auge zu behalten. Die Berechnung von Korrelationen zwischen Pflanzendichte und Überschirm-

mung, wie sie bei einmaligen Inventuren gebräuchlich ist, kann demnach zu völlig falschen Schlußfolgerungen führen (s. hierzu auch MOSANDL, 1984).

Die Pflanzendichte zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende auf allen Versuchspartzellen

An ausgewählten Keimjahrgängen und Versuchsflächen wurden die wichtigsten, die Pflanzendichte beeinflussenden Prozesse deutlich. Damit sind die Voraussetzungen für das Verständnis der Entwicklung der Pflanzendichte auf allen 25 Parzellen des Bergmischwaldversuches gegeben. In Tab. 36 ist für jede Parzelle die Dichte der Naturverjüngung zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende jeweils innerhalb und außerhalb des Zaunes aufgeführt. Hier soll zunächst die Dichte innerhalb der Zäune besprochen werden.

Zu Versuchsbeginn sind alle Parzellen relativ baumartenarm. Im wesentlichen sind es Tanne und Ahorn, die sich unter den dichten Altholzschirmen halten konnten (dies deckt sich also mit den in Tab. 33 mitgeteilten Überlebensraten der verschiedenen Baumarten).

Ein sehr guter Indikator für die Überschirmungsdichte ist die Fichte; sie ist nur spärlich vertreten oder fehlt überall dort, wo der Überschirmungsdruck zu Versuchsbeginn sehr groß war. Das muß mit Ausnahme der bereits zu Versuchsbeginn aufgelichteten Parzelle 7.2 auf allen kalkalpinen Versuchspartzellen der Fall gewesen sein. Die Flyschpartzellen weisen dagegen bereits zu Versuchsbeginn eine verhältnismäßig zahlreiche Fichtennaturverjüngung auf (116 Tsd./ha auf Parz. 10.0).

Die reichliche Fichtennaturverjüngung unter dichtem Schirm im Flysch läßt zwei Deutungen zu: Entweder handelt es sich dabei um stark rückläufige Überreste aus einem oder mehreren Fichtensamenjahren, die kurz vor Versuchsbeginn stattgefunden haben oder aber die Flyschstandorte sind in der Lage mehr Fichtennaturverjüngungspflanzen als die kalkalpinen Standorte bei gleicher Überschirmung zu tragen. Im letzten Fall könnte also der bessere Standort den Lichtmangel etwas kompensiert haben. Dieser Deutung scheint entgegen zu stehen, daß bei einem direkten Vergleich der kalkalpinen Parzelle 1.0 mit der Flyschparzelle 10.0 (s. Tab. 34 und 35, Fichte 1981) sich weder die Zugänge (Pflanzenprozent) noch die Überlebensraten der Fichten unterscheiden.

MALDBAU- BEHANDLUNG	PARZ. ZAUN	PFLANZENDICHTE ZU VERSUCHSBEGINN (Tsd./ha) Frühsummer (15.6. JM 1977)(Kalkalpin) bzw. 1980 (Flysch)										PFLANZENDICHTE ZU VERSUCHSENDE (Tsd./ha) Herbst (15.9.) 1986													
		FI	LAE	TA	EIB	BU	AH	VOBE	ESCH	MEBE	UL	MEI	SLH	SUM	FI	LAE	TA	EIB	BU	AH	VOBE	ESCH	MEBE	UL	MEI
KEIN EINGRIFF	1.0 mit	1	<1	7	1	1	1	20	1	<1							36	8	5	27	83	1	1	<1	160
	1.0 ohne			11	7	1	1	20	1	<1							16	4	6	4	5	1	1		103
	2.0 mit			2				3	2	1							4	7	4	4	1	1			11
	2.0 ohne			2				3	1								3	7	6	5	9	1			13
	3.0 mit			3				3	1								2	7	3	2	2				5
	3.0 ohne			3				3	1								2	3	2	2	3				14
	4.0 mit			1				1	<1								5	3	10	15	3	3			28
	5.0 mit			1				1	<1								3	4	8	4	8	1			23
	5.0 ohne			1				1	<1								4	2	4	4	4	1			17
	6.0 mit			2				2	1								5	10	15	15	1	1			208
	6.0 ohne			1				1	2								6	19	34	15	8	1			280
10.0 mit			69				69	156								40	156	106	13	13	2			280	
10.0 ohne			116				116	133								131	133	106	10	10	<1			181	
11.0 mit			27				27	43								23	43	203	10	10	<1			225	
11.0 ohne			26				26	44								23	44	275	1	1				299	
SCHWACHER SCHIRMHIEB	1.1 mit			3			3	18	<1							21	49	40	16	92	2			206	
	1.1 ohne			3			3	30	1							37	38	30	21	166	3			263	
	2.1 mit			3			3	8	3							15	28	29	<1	62	16			146	
STARKER SCHIRMHIEB	2.1 ohne			1			1	4	1							6	21	12	1	2	53	5		115	
	1.2 mit			3			3	24	<1							29	18	51	7	81	1	13		179	
	1.2 ohne			3			3	31	1							39	18	33	<1	33	92	1	11	189	
	2.2 mit			6			6	32	1							41	53	1	90	4	23	321	3	495	
	2.2 ohne			7			7	47	2							58	38	1	34	5	28	369	4	460	
	3.2 mit			4			4	1	1							5	140	20	20	8	22			2	
	3.2 ohne			3			3	11	1							3	109	1	15	10	22			195	
	4.2 mit			3			3	17	1							11	6	11	10	24	91	1		153	
	4.2 ohne			3			3	12	1							8	12	7	8	27	75	1		134	
	5.2 mit			1			1	<1	1							2	42	17	17	19	282	<1			349
LOCHHIEB	5.2 ohne			1			1	4								15	43	15	103	175	<1	14		361	
	6.2 mit			2			2	2	1							8	4	23	20	155		1		183	
	6.2 ohne			2			2	1	1							4	4	4	41	155		1		207	
	7.2 mit			3			3	4	<1							35	7	9	1	16	<1	1		275	
	7.2 ohne			3			3	9	1							27	6	24	9	19	1	1		62	
	10.2 mit			77			77	<1	1							81	251	87	<1	<1	<1	2			<1
	10.2 ohne			59			59	1	1							62	279	66	1	2	<1				350
	11.2 mit			7			7	1	1							8	43	215	1	1	<1				260
	11.2 ohne			13			13	<1	1							18	60	291	9	<1	<1				351
	1.4 mit			2			2	9	1							12	3	9	<1	10	56	2			<1
	2.4 mit			1			1	2	2							2	22	8	6	55	2				<1
8.6 mit			1			1	<1	1							2	15	2	2	4		1			20	
9.6 mit			<1			<1	1	1							2	7	5	4						16	
KAHLHIEB	1.3 mit			4			4	63	1							70	1	5	2	68	1			77	
	1.3 ohne			7			7	36	<1						46	3	3	1	41	1	<1			49	
	2.3 mit			1			1	25	4						50	6	<1	3	1	96	11			<1	
2.3 ohne							<1	3						4	11	4	<1	1	123	5			147		

* ohne die bis zu diesem Zeitpunkt aufgelaufenen Keimlinge aus diesem Jahr
slh: in der Regel Birke, auf Parz. 5.0 und 5.2 Kirsche, auf Parz. 4.2 Aspe

Tab. 36: Die Dichte der Naturverjüngungspflanzen (Tsd./ha) auf den 25 Versuchspartzellen im Zaun und außer Zaun zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende. (Mittelwerte aus jeweils 32 Probekreisen im und außer Zaun) Lochhiebe: Mittelwerte aus 26 Probekreisen i.2.)

Nun kann als sicher gelten, daß inzwischen auf beiden Parzellen die Schwelle im Überschirmungsgrad unterschritten ist, ab der sich Fichtennaturverjüngungspflanzen am Boden halten können (auf der Parzelle 1.0 ist diese Schwelle erst im Laufe des Versuchszeitraumes unterschritten worden). Für eine Klärung des Sachverhaltes müßten Versuchsbestände im Flysch und im Kalkalpin miteinander verglichen werden, die so dicht sind, daß sich keine Fichtennaturverjüngung halten kann. Nur im Kalkalpin gibt es solche Bestände noch; z.B. konnte bislang die Fichte auf Parzelle 2.0 nicht Fuß fassen. Dabei hat hier sicherlich die dichte Buchenstreuaufgabe infolge des hohen Buchenanteils im Altbestand mit dazubeigetragen, eine Fichtenansamung zu verhindern. Diese Anmerkung zeigt, daß eine isolierte Betrachtung des Standorteffekts gar nicht möglich ist.

Neben dem Standort und der Überschirmung müssen also auch die Baumartenzusammensetzung und Bestandesstruktur des Altbestandes in die Überlegung einbezogen werden. Wahrscheinlich sind alle diese Faktoren an der Festlegung der Schwelle beteiligt, ab der Fichtennaturverjüngung auftreten kann.

Noch empfindlicher als die Fichte gegenüber Schirmdruck ist die Lärche. Sie kommt in den dichten Beständen zu Versuchsbeginn praktisch überhaupt nicht vor. Auch der Buche scheint es unter dem geschlossenen Schirm kaum besser zu ergehen als der Fichte; auch sie ist nur spärlich vertreten.

Im Versuchszeitraum hat die Pflanzendichte auf allen Versuchspartzen mehr oder weniger stark zugenommen. Im Herbst 1986 ist un schwer eine Abhängigkeit der Pflanzendichte von der Überschirmung und damit von den waldbaulichen Eingriffen auszumachen (s. Abb. 33). Auf den Kontrollparzellen 2.0, 3.0, 4.0 und 5.0 ist der Überschirmungsgrad noch nicht unterschritten, ab dem sich größere Pflanzenzahlen am Boden halten können (darauf deuten auch die nach wie vor geringen Fichtenanteile hin). Auf der Parzelle 6.0 haben Ahornpflanzen aus den Jahren 1982 und 1985 die Dichte stark anwachsen lassen; es bleibt abzuwarten, ob diese Pflanzen auf Dauer eine Überlebenschance haben. Auf der Kontrollparzelle 1.0 hat der Ausfall von Alttannen zu einer Lockerung des Bestandesschlusses geführt; dies hat sich in einer Zunahme der Pflanzendichte ausgewirkt. Auf den Kontrollparzellen im Flysch ist nicht ausgeschlossen, daß Anfang der 80er Jahre aufgetretene Kronenverlichtungen (infolge von Schneebruch und neuartigen Waldschäden) zu einer nachhaltigen Anhebung der Pflanzendichte geführt haben.

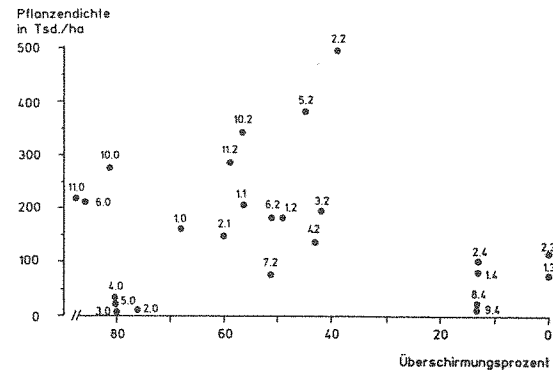


Abb. 33 : Die Pflanzendichte auf allen Versuchspartzen im Herbst 1986 in Abhängigkeit von der Überschirmung zu Versuchsbeginn

Klar zu erkennen ist, daß in allen Versuchsbeständen, in denen waldbauliche Eingriffe vorgenommen wurden, die Überlebenschancen und damit die Dichten der Naturverjüngungspflanzen gestiegen sind. Besonders stark zugenommen haben die Pflanzendichten auf den Parzellen mit starkem Schirmhieb (Parzelle 2.2 und Parzelle 5.2); hier sind es vor allem größere Ahornvorkommen, die die Gesamtpflanzendichte in die Höhe treiben.

Im Bereich der stark aufgelichteten Parzellen fällt die Parzelle 7.2 mit einer vergleichsweise niedrigen Pflanzendichte aus dem Rahmen; dies ist sicherlich darauf zurückzuführen, daß hier die Ansamung mit der Bodenvegetationsentwicklung nicht Schritt halten konnte. (Vermutlich sind nach der Auflichtung, die bereits längere Zeit vor Versuchsbeginn stattgefunden hatte, nicht sogleich Samenjahre eingetreten; es konnte sich damit zeitlich vor der Naturverjüngung eine Bodenvegetation entwickeln, die nunmehr die Ansamung begrenzt - wobei sich interessanterweise wiederum die Fichte als die empfindlichste Baumart erweist).

Eine ähnliche Entwicklung wie auf Parzelle 7.2 ist auch auf den Lochhieben abgelaufen; es konnte sich eine Bodenvegetation ausbreiten, bevor sich Naturverjüngung eingestellt hat (s. hierzu MOSANDL, 1984).

Auf den beiden Kahlhieben ist die Situation nur deshalb nicht noch ungünstiger als auf den Lochhieben, weil hier zum Zeitpunkt des Hiebes bereits eine Naturverjüngung vorhanden war; diese konnte sich über den gesamten Versuchszeitraum halten. Die Kahlhiebsparzelle 2.3 wurde darüber hinaus vom oberhalb gelegenen Altbestand mit Samen versorgt, so daß hier die Pflanzendichte zugenommen hat.

Standortseinflüsse auf die Pflanzendichte sind nur insofern auszumachen, als die höher gelegenen Versuchsflächen 4, 8 und 9 durch besonders niedrige Pflanzendichte auffallen. In größeren Höhenlagen nimmt der Schneeschimmel entscheidend Einfluß auf die Ansamung und begrenzt die Pflanzendichte (s. MOSANDL, 1984). Daneben könnte eine Differenzierung der Dichte der Fichtennaturverjüngung nach der Exposition gegeben sein; die südexponierten Parzellen 1.4, 6.2 und 9.4 zeichnen sich jedenfalls durch sehr niedrige Fichtenanteile aus.

Bemerkenswert an den Zahlen der Tab. 36 erscheint, daß alle, auch seltene Baumarten des Bergmischwaldes in der Verjüngung überaus reichlich vertreten sind. Mehr noch: Viele in der Verjüngung zahlreich vorkommende Baumarten (wie z.B. die Eibe und die Ulme auf der Hauptversuchsfläche, die Esche auf der Nordfläche oder auch die Buche im Flysch) lassen darauf schließen, daß der Bergmischwald ursprünglich noch weit vielfältiger war als er es heute ist.

7.212 Wirkung des Zaunschutzes

Die Pflanzendichte innerhalb und außerhalb der Zäune auf allen Versuchspartellen

In Tab. 36 sind neben den Pflanzendichten innerhalb der Zäune auch diejenigen außerhalb der Zäune aufgeführt. Bei einem Vergleich zeigt sich, daß die Pflanzendichten zu Versuchsbeginn innerhalb und außerhalb der Zäune sehr ähnlich waren. Größere Unterschiede bestanden lediglich auf der Parzelle 10.0, wo sehr viel mehr Fichten außerhalb des Zaunes anzutreffen waren als innerhalb. Auch auf der Kahlhiebsparzelle 2.3 gab es einen deutlichen Unterschied: Außerhalb des Zaunes waren zu Versuchsbeginn weit weniger Ahornpflanzen etabliert als innerhalb.

Im Herbst 1986 sind die Pflanzendichten außerhalb der Zäune zunächst einmal ebenso wie diejenigen innerhalb von der Überschirmung geprägt. Die Dichte der Naturverjüngungspflanzen ist damit in der ersten Verjüngungsphase stärker durch die Überschirmung als durch das Wild bestimmt. Dennoch gibt es Anzeichen dafür, daß das Wild in der Lage ist, die Pflanzendichten ganz erheblich zu reduzieren. So sind die großen Differenzen in der Zahl der Tannen innerhalb und außerhalb der Zäune auf den Parzellen 1.0, 6.0, 10.0, 1.1, 2.1, 1.2, 2.2, 6.2, 7.2 und 10.2 nur durch Wildeinwirkung zu erklären.

Die Überlebensraten innerhalb und außerhalb der Zäune

Einen genaueren Einblick in das durch Wildverbiß verursachte Geschehen vermitteln die in Tab. 37 dargestellten Überlebensraten von ausgewählten Keimjahrgängen auf verschiedenen überschrmtten Versuchspartellen. Die im Herbst 1986 festgestellten Überlebensraten der Pflanzen sind auf die im Herbst des Keimjahres registrierten Zugänge an Keimlingen bezogen; dabei wird unterstellt, daß bis zum Herbst des Keimjahres noch kein Totverbiß stattfand. Die Differenz zwischen dem jeweiligen Überlebensprozent innerhalb und außerhalb des Zaunes ergibt eine Schätzung der durch Wildverbiß verursachten Mortalität. Es zeigt sich, daß unter sehr dichtem Schirm (Parz. 2.0) bei keiner Baumart größere Unterschiede in den Überlebensraten innerhalb und außerhalb des Zaunes bestehen (zumindest nicht bei den älteren Pflanzen).

Mit zunehmender Auflichtung beginnen die Überlebensraten im Zaun und außer Zaun auseinander zu klaffen; betroffen sind alle Baumarten. Die größten Diskrepanzen treten aber offensichtlich bei der Tanne auf. Hier sind es vor allem die älteren (und damit die größeren) Pflanzen, die auf den aufgelichteten Parzellen 1.1 und 2.2 außer Zaun erhebliche Verluste hinnehmen mußten.

Berechnet man auf diesen beiden Parzellen über die Mortalität (Überlebensprozent im Zaun - Überlebensprozent außer Zaun) die Anzahl der durch Wildverbiß ausgeschiedenen Pflanzen (Zugänge außer Zaun x Mortalität), so kommt man für alle vier aufgeführten Keimjahrgänge zusammen zu einem Wert von etwa 25 Tsd. Tannen; in nur 10 Jahren sind also auf jeder der beiden Parzellen mindestens 25 Tsd. Tannen dem Totverbiß durch Wild zum Opfer gefallen. Auf der Kahl-

fläche scheinen zumindest die älteren Tannen (Keimjahrgang <1977) nicht mehr ganz so empfindlich gegen Totverbiß zu sein wie unter den aufgelichteten Schirmen; die Mortalität ist hier mit 41% zwar immer noch unerträglich hoch, doch liegt sie um etwa 20%-Punkte unter den entsprechenden, auf den Schirmhiebparzellen festgestellten Werten.

HALDBAUL. BEHANDLUNG (PARZELLE)	ZAUN	FICHTE KEIMJAHRGANG			TANNE KEIMJAHRGANG			BUCHE K.J. 78	AHORN KEIMJAHRGANG			
		77	78	81	<77	77	80		81	<77	78	80
KEIN EINGRIFF (2.0)	mit	0 (5)	---	5 (6)	29 (2)	75 (1)	29 (2)	67 (2)	0 (1)	56 (3)	100 (1)	25 (1)
	ohne	0 (3)	0 (3)	0 (5)	29 (2)	0 (1)	38 (3)	15 (4)	0 (1)	50 (3)	33 (2)	54 (4)
KEIN EINGRIFF (1.0)	mit	31 (5)	10 (9)	21 (24)	55 (7)	37 (14)	55 (24)	51 (13)	42 (55)	38 (20)	50 (31)	65 (16)
	ohne	0 (2)	7 (5)	6 (11)	29 (11)	27 (10)	21 (13)	27 (15)	15 (14)	22 (20)	42 (40)	47 (16)
SCHNACHER SCHIRMHIEB (1.1)	mit	47 (26)	41 (23)	69 (29)	63 (3)	73 (10)	71 (19)	78 (14)	83 (2)	57 (18)	79 (9)	86 (52)
	ohne	26 (25)	34 (28)	40 (40)	0 (3)	20 (18)	36 (28)	42 (15)	67 (1)	45 (30)	53 (12)	77 (124)
STARKER SCHIRMHIEB (2.2)	mit	81 (8)	71 (23)	62 (39)	85 (6)	79 (21)	86 (41)	85 (21)	57 (2)	69 (32)	81 (29)	84 (125)
	ohne	67 (6)	61 (22)	75 (18)	19 (7)	40 (12)	44 (22)	48 (18)	100 (3)	62 (47)	75 (51)	83 (118)
KAHLHIEB (1.3)	mit	50 (1)	17 (2)	33 (1)	77 (4)	75 (1)	33 (2)	---	---	92 (59)	78 (3)	82 (7)
	ohne	---	31 (4)	60 (2)	36 (7)	0 (1)	0 (1)	100 (1)	---	62 (33)	100 (2)	75 (15)

Tab. 37: Die Überlebensprozente der Naturverjüngungspflanzen (ausgewählter Keimjahrgänge) im Herbst 1986 innerhalb und außerhalb des Zaunes auf verschieden überschirmten Versuchspartellen. In Klammern ist die Zahl der Pflanzen (Tsd./ha) im Herbst des Keimjahres angegeben; diese Zahl ist die 100%-Basis für die Überlebensprozente. Für die vor 1977 gekeimten Pflanzen ist der Bezugsstermin der Herbst 1977.

Auch die Fichten leiden dort, wo sie infolge des Überschirmungsdrucks Vitalitätseinbußen hinnehmen müssen (Parz. 1.0 und 1.1) besonders stark unter Totverbiß. Auf der Kahlfläche sind die Überlebensraten außer Zaun dagegen sogar deutlich höher als im Zaun; dies ist folgendermaßen zu erklären: Im Zaun hat sich aufgrund des fehlenden Wildverbisses die Ahornverjüngung vehement entwickeln können. Ältere Ahorne schatten hier den Boden inzwischen wieder ab (s. Tab. 19), worunter die gegen Überschirmung empfindliche Fichte leidet. Außer Zaun fehlt eine höhere Ahornverjüngung und damit der Schirmdruck auf die Fichte.

Totverbiß kommt auch an Buchen und Ahornen vor; besonders hoch ist die verbißbedingte Mortalität der Buche auf der Kontrollparzelle

1.0 (eventuell hat hier aber auch eine Rolle gespielt, daß die Parz. 1.0 außer Zaun etwas dunkler ist als im Zaun). Vom Ahorn sind es besonders die bei Versuchsbeginn bereits vorhandenen älteren Exemplare, die außerhalb des Zaunes dem Totverbiß zum Opfer fallen. Kein oder nur geringer Totverbiß ist überraschenderweise an Buchen und Ahornen auf der starken Schirmhiebparzelle 2.2 festzustellen.

Den in Tab. 37 aufgeführten Überlebensraten liegen nun allerdings unterschiedliche Zeiträume zugrunde. Möchte man diese Überlebensraten vergleichbar machen, dann müssen sie dem Pflanzenalter entsprechend aufgetragen werden. Dies ist in Abb. 34 mit den Überlebensraten von Tannen und Ahornen auf den fünf ausgewählten Versuchspartellen im und außer Zaun geschehen. Als Maßstab, an dem diese Überlebensraten gemessen werden können, wurde der zeitliche Verlauf der Überlebensprozente der älteren Tannen und Ahorne eingezeichnet. Zwei Dinge kommen in der Abb. 34 besonders deutlich zum Ausdruck:

- (1) Der Überlebensprozeß von Tanne und Ahorn verläuft innerhalb der Zäune verhältnismäßig ähnlich (beide Baumarten haben keine Schwierigkeiten bei Freistellung, und beide sind in der Lage, auch größtem Schirmdruck standzuhalten). Außerhalb der Zäune treten jedoch klare Unterschiede zu Tage; ab einer gewissen Öffnung der Kronendaches (etwa ab einer Überschirmung von 60%, Parz. 1.1) verläuft der Überlebensprozeß der Tannen vollständig anders als innerhalb des Zaunes und auch anders als der Überlebensprozeß der Ahorne außerhalb des Zaunes. Die Tannen nehmen außerhalb des Zaunes rapide ab, während die Ahorne sich noch ganz gut behaupten können. Dies bedeutet, daß Tannen ungleich empfindlicher gegen Totverbiß sind als Ahorne.
- (2) Unter Schirm verlaufen die Prozesse in immer gleicher Weise, d.h., es macht keinen großen Unterschied, welcher Keimjahrgang herausgegriffen wird; Überschirmung und Wildverbiß sind weitgehend konstante Faktoren, die sich in immer gleichen Überlebensraten manifestieren. Kennt man in einem Jahr die Zugänge an Pflanzen, dann läßt sich mit Hilfe der Überlebensraten die Entwicklung der Pflanzendichte unter verschiedenen Schirmstellungen innerhalb und außerhalb des Zaunes vorhersagen. Nicht konstant bleiben dagegen die Verhältnisse nach einem Kahlhieb. Nach

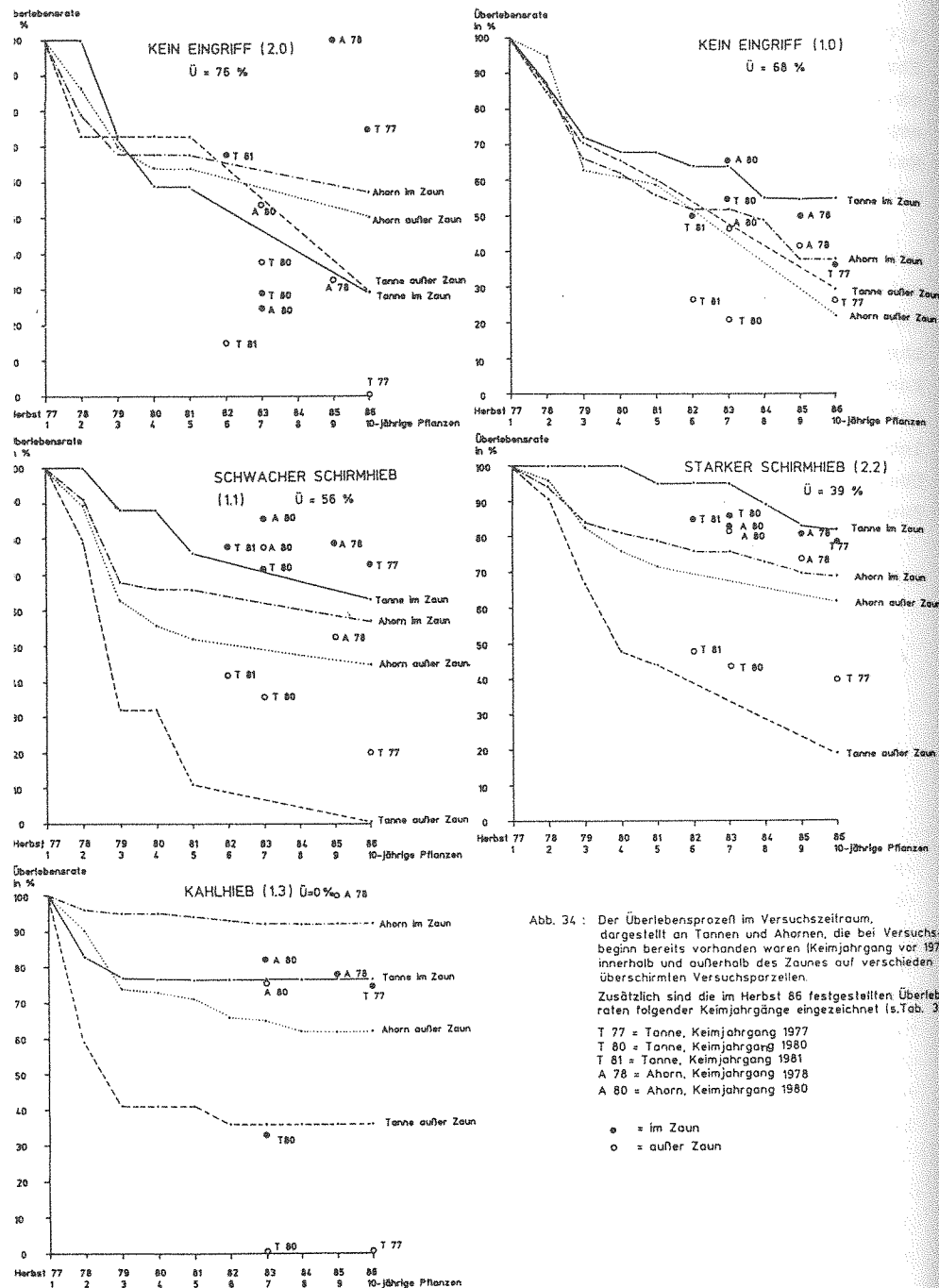


Abb. 34 : Der Überlebensprozent im Versuchszeitraum, dargestellt an Tannen und Ahornen, die bei Versuchsbeginn bereits vorhanden waren (Keimjahrgang vor 1977) innerhalb und außerhalb des Zaunes auf verschieden überschirmten Versuchspartellen.

Zusätzlich sind die im Herbst 86 festgestellten Überlebensraten folgender Keimjahrgänge eingezeichnet (s.Tab. 35):

- T 77 = Tanne, Keimjahrgang 1977
- T 80 = Tanne, Keimjahrgang 1980
- T 81 = Tanne, Keimjahrgang 1981
- A 78 = Ahorn, Keimjahrgang 1978
- A 80 = Ahorn, Keimjahrgang 1980

- = im Zaun
- = außer Zaun

dem Kahlhieb ankommende Pflanzen sind zwar noch dem gleichen Verbißdruck ausgesetzt wie die zum Zeitpunkt des Hiebes bereits vorhandenen, sie müssen aber zusätzlich mit einer sich kräftig entwickelnden Bodenvegetation und auch den älteren Pflanzen konkurrieren; insofern verschlechtern sich die Überlebenschancen für später ankommende Pflanzen rapide (z.B. haben die Tannen des Jahrgangs 1980 im Zaun nur mehr eine Überlebenschance von 33% und außer Zaun überhaupt keine mehr).

Die Entwicklung der Dichte der Tannenverjüngung innerhalb und außerhalb der Zäune

Wie gezeigt, ist die Tanne besonders empfindlich gegen Wildverbiß. An ihr läßt sich deshalb besonders gut demonstrieren, wie sich die Pflanzendichten innerhalb und außerhalb der Zäune im Laufe der Zeit auseinander entwickeln.

In Abb. 35 ist die Entwicklung der Dichte der Tannennaturverjüngung auf verschieden überschirmten Versuchspartellen innerhalb und außerhalb des Zaunes über einen Zeitraum von 10 Jahren dargestellt. Während sich innerhalb der Zäune inzwischen überall ein von der Überschirmung bestimmtes Fließgleichgewicht der Tannendichte herausgebildet hat, ist außerhalb der Zäune lediglich die Situation unter ganz dichtem Schirm als stabil anzusehen. Unter dem geöffneten Kronendach wirkt Wild als Störgröße auf die Dichte der Tannen ein; ein neues, auf Überschirmung und Wildverbiß abgestimmtes Gleichgewicht hat sich allem Anschein nach noch nicht eingestellt. Die Dichten außer Zaun zeigen nach wie vor einen abnehmenden Trend - ein neues stabiles Niveau der Pflanzendichte ist noch nicht auszumachen.

Die Verbißschäden

Außer Zaun überleben nicht nur weniger Pflanzen als im Zaun, sondern die außer Zaun verbleibenden weisen im Gegensatz zu denen im Zaun auch noch gravierende Verbißschäden auf. Wie sich die Verbißsituation auf verschieden überschirmten Partellen außerhalb des Zaunes im Herbst 1986 darstellt, geht aus Tab. 38 hervor.

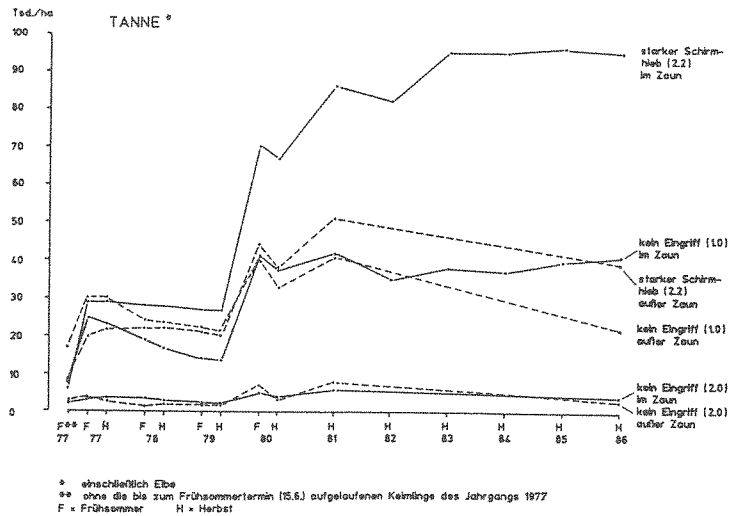


Abb. 35: Die Entwicklung der Dichte der Tannenverjüngung auf verschieden überschirmten Versuchspartellen innerhalb und außerhalb des Zaunes

Danach gibt es verbissene **Fichten** lediglich auf der Kahlfläche, und auch hier ist der Anteil der verbissenen Pflanzen nicht sehr hoch. Keine Verbißschäden sind an Fichten unter Altholzschirm auszumachen. Nachdem sich hier aber - wie oben mitgeteilt - die Überlebensraten im und außer Zaun deutlich unterscheiden (Wildverbiß also eine Rolle spielt), kann dies nur bedeuten, daß Verbiß unter Schirm meist den Tod der jungen Fichten zur Folge hat (auch hier scheint sich die Fichte wieder als eine besonders empfindliche Baumart zu erweisen). Lediglich auf der Kahlfläche führt Verbiß nicht gleich zum Exitus der Fichten.

Ähnlich niedrige Verbißgrade wie die Fichte hat die **Buche**. Nur auf der stark aufgelichteten Parzelle 2.2 waren im Herbst 1986 verbissene Buchen anzutreffen.

Sehr viel stärker verbissen wird der **Ahorn**; dabei ist eine klare Abhängigkeit von der Überschirmung zu erkennen. Unter dichtem Schirm (Parz. 1.0) sind nur 12% aller Ahornpflanzen verbissen, unter den aufgelockerten Schirmen sind es schon deutlich mehr und auf

der Freifläche hat über die Hälfte der Ahorne Verbißschäden. Bei den hohen Ahorndichten (s. Tab. 36) scheint ein Verbißprozent von 50 noch gar nicht so schlimm zu sein. Wenn man jedoch berücksichtigt, daß die älteren und größeren Pflanzen sehr viel stärker verbissen sind als die jüngeren, dann kommt die Tragweite des Wildverbisses zum Vorschein. Bei einem Verbißprozent von über 70 bei den älteren Ahornpflanzen ist jegliche Höhenentwicklung unterbunden.

Maldbauliche Behandlung (Parzelle)	FICHTE Keimjahrgang				TANNE Keimjahrgang				BUCHE Keimjahrg.		AHORN Keimjahrgang				ALLE BAUMARTEN alle Keimjahrg.		
	77	78	81	alle	<77	77	80	81	alle	78	alle	<77	78	80		86	alle
Kein Eingriff (2.0)	--	--	--	--	0	--	0	0	0	--	--	0	--	0	0	0	0
Kein Eingriff (1.0)	--	0	0	0	20	0	0	8	8	0	0	14	19	13	25	12	10
Schwacher Schirmh. (1.1)	0	0	0	0	--	25	33	15	19	0	0	63	40	32	0	28	21
Starker Schirmh. (2.2)	0	0	0	0	75	33	23	11	18	13	3	35	28	18	0	18	15
Kahlhieb (1.3)	--	25	0	10	100	--	--	0	80	--	0	73	67	33	--	51	49

-- = keine Pflanzen vorhanden

Tab. 38: Verbißschäden an der Naturverjüngung (Anteil geschädigter Pflanzen) auf ausgewählten Versuchspartellen im Herbst 1986. (Zugrunde gelegt sind die Erhebungen auf den jeweils 32 Probekreisen außerhalb des Zaunes).

Die **Tanne** leidet noch stärker unter dem Verbißdruck als der Ahorn. Bereits auf der stark aufgelichteten Parzelle sind 75% der älteren Tannen verbissen, auf der Freifläche sind es gar 100%.

7.22 Die Pflanzenhöhe

Ausgewählte Keimjahrgänge

Von den im Jahr 1978 gekeimten Fichten, Buchen und Ahornen sowie von den Tannen aus dem Jahr 1977 ist bereits die Dichteentwicklung auf fünf Versuchspartellen ausführlich beschrieben worden (s. Punkt 7.21). Nunmehr soll auch die auf den fünf Parzellen beobachtete Höhenentwicklung dieser Keimjahrgänge aufgezeigt werden.

In Abb. 36 ist der zeitliche Verlauf des Höhenwachstums bis zum Herbst 1986 dargestellt. Ganz deutlich ist zu erkennen, daß die

Fichten, Tannen und Ahorne nur auf der Freifläche richtig losgewachsen sind. (Buchen aus dem Jahr 1978 waren hier so gut wie nicht vorhanden; deshalb fehlt die sich abhebende Höhenentwicklung der Buche auf der Freifläche). Fichten und Ahorne sind im Herbst 1986 auf der Freifläche über 70 cm hoch, die Tannen über 30 cm.

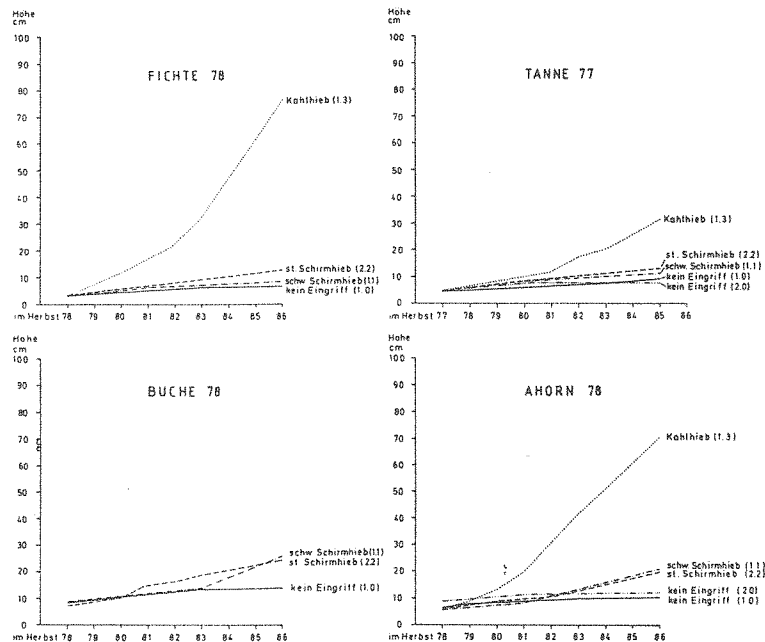


Abb. 36: Die Höhenentwicklung auf unterschiedlich überschirmten Parzellen im Versuchszeitraum, dargestellt an ausgewählten Keimjahren der Baumarten Fichte, Tanne, Buche und Ahorn.

Unter Schirm war das Wachstum dagegen sehr gedämpft - selbst unter dem stark aufgelichteten Schirm blieben bis zum Herbst 1986 alle Baumarten unter 30 cm. Am besten entwickelte sich hier noch die Buche. Sie wurde bis zum Herbst 1986 25 cm hoch. Der Ahorn erreichte etwa 20 cm; Fichte und Tanne waren mit etwa 13 cm ungefähr gleich groß.

Unter sehr dichtem Schirm zeigte keine Baumart mehr eine nennenswerte Höhenentwicklung. Interessant erscheint, daß auch unter dicht-

tem Schirm die Reihenfolge der Baumarten gleich bleibt (z.B. Parz. 1.0: Buche 14 cm, Ahorn 11 cm, Fichte und Tanne unter 10 cm). Der Wuchsvorsprung der Tanne gegenüber der Fichte unter dichtem Schirm ist so minimal, daß er auch mit dem höheren Alter der Tanne erklärt werden kann (die Tannen sind ein Jahr älter als die Fichten).

Es stellt sich nun die Frage, inwieweit die hier ausgewählten Keimjahrgänge typische, unter bestimmten Schirmstellungen immer wiederkehrende Wachstumsverläufe an den Tag gelegt haben. Die Antwort ist in Abb. 37 enthalten: Während unter Schirm (als Beispiel wurde die Parzelle 2.2 herausgegriffen) die Höhenentwicklung in nahezu immer gleicher Weise verläuft, treten auf der Kahlfläche (Parz. 1.3) ganz beträchtliche Unterschiede je nach Keimjahrgang auf. So macht es auf der aufgelichteten Parzelle 2.2 kaum einen Unterschied, ob statt des Ahorns aus dem Keimjahr 1978 der von vor 1977 oder der von 1982 betrachtet wird. Das gleiche gilt für die Tanne; statt des Jahrgangs 1977 hätte ebensogut der Jahrgang vor 1977 oder der von 1980 ausgewählt werden können. Ganz anders auf der Freifläche: Hier ist der Jahrgang von entscheidender Bedeutung. Die älteren Jahrgänge sind wesentlich besser gewachsen als die jüngeren. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die jüngeren Jahrgänge unter den Druck der älteren geraten sind. Eine ähnliche Dämpfung des Wachstums kann aber auch durch die sich kräftig entwickelnde Bodenvegetation herbeigeführt werden. Insbesondere wenn zum Zeitpunkt einer kräftigen Auflichtung (Kahlhieb oder Lochhieb) noch keine Verjüngung am Boden vorhanden ist und die Bodenvegetation einen Wuchsvorsprung erhält, können neue, nach der Auflichtung ankommende Keimlinge in ihrem Wachstum durch die Bodenvegetation stark gebremst werden (s. hierzu auch MOSANDL, 1984).

Die in Abb. 36 dargestellten Höhenwachstumsgänge sind demnach nur auf den überschirmten Parzellen als typische Verläufe anzusehen. Auf der Freifläche sind die Wachstumsabläufe dagegen durch unterschiedliche Überschirmung durch ältere Pflanzen und Bodenvegetation verzerrt. Lediglich die Fichte (nur wenige, nicht bedrängte Exemplare) dürfte in etwa den Wachstumsgang ohne Konkurrenz zeigen. Die Tanne dürfte ohne Konkurrenz der Fichte ebenbürtig sein (einzelne Exemplare sind dies auch) und der Ahorn ist ohne Konkurrenz - wie man an den älteren Pflanzen sehen kann - den Nadelhölzern weit

überlegen. Einzelne ältere Buchen auf der Freifläche legen ein ähnliches Wachstum an den Tag wie der Ahorn.

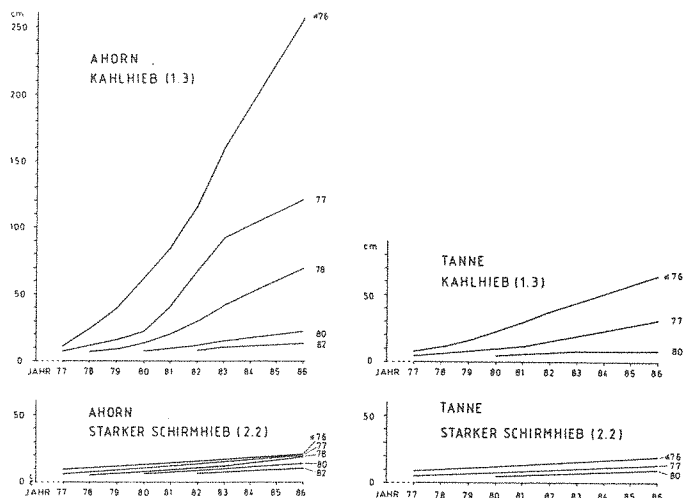


Abb. 37: Die Höhenentwicklung von Tannen und Ahornen verschiedener Keimjahrgänge auf der stark aufgelichteten Parzelle 2.2 und auf der Kahlhiebparcelle 1.3

Die Wuchsrelationen der Baumarten zueinander bleiben demnach im wesentlichen über den gesamten Überschirmungsbereich hinweg gleich. Inwieweit die Wuchsrelationen auf den einzelnen Standorten (Versuchsflächen) gleich bleiben, kann mit Hilfe der in Tab. 39 aufgeführten Zahlen geklärt werden. In dieser Tabelle sind die im Herbst 1986 gemessenen Höhen der eben betrachteten vier Keimjahrgänge (Fichte 78, Tanne 77, Buche 78 und Ahorn 78) sowie von zwei weiteren Keimjahrgängen (Fichte 81, Tanne 80) zusammengestellt. Es werden Angaben zu den Pflanzhöhen innerhalb und außerhalb der Zäune gemacht.

Innerhalb der Zäune zeigt sich unabhängig vom Standort immer das gleiche Bild: Die Pflanzhöhen sind geprägt von der durch die Hiebe eingestellten Überschirmung. Baumartenunterschiede sind überall in gleicher Weise vorhanden; die Buche ist dem Ahorn gegenüber zu meist leicht im Vorteil. Fichte und Tanne sind einander in der erreichten Höhenwuchsleistung weitgehend ähnlich, allerdings sind sie den Laubhölzern deutlich unterlegen. Vor diesem Hintergrund können

standortsunterschiede aufgezeigt werden. Besonders rasch entwickeln sich die Pflanzen auf der Parzelle 3.2. Dies ist nicht auf eine besonders lichte Schirmstellung zurückzuführen, sondern auf den besseren Tieflagenstandort. Dagegen ist das vergleichsweise gute Wachstum auf der Parzelle 4.0 mit der für eine Kontrollparzelle großen Helligkeit am Boden zu erklären (s. Tab. 19).

HALDBAUL. BEHANDLUNG	PARZ.	TANNE 77		FICHTE 78		BUCHE 78		AHORN 78		TANNE 80		FICHTE 81	
		i.Z.	a.Z.	i.Z.	a.Z.	i.Z.	a.Z.	i.Z.	a.Z.	i.Z.	a.Z.	i.Z.	a.Z.
KEIN EINGRIFF	1.0	9.3	7.2	4.7	8.5	13.9	13.1	10.5	10.6	7.1	7.2	6.4	8.1
	2.0	7.3	---	---	---	---	---	11.9	11.3	5.8	6.1	5.9	---
	3.0	---	---	---	---	---	---	---	---	6.5	7.0	3.6	6.1
	4.0	12.3	---	---	---	---	---	13.1	---	10.5	---	---	---
	5.0	10.0	10.3	---	---	---	---	12.4	19.5	7.3	5.0	---	5.8
	6.0	8.2	6.4	---	---	15.3	14.8	12.7	10.2	8.0	6.9	---	---
	10.0	---	---	---	---	---	---	---	---	12.2	10.3	8.4	9.3
11.0	---	---	---	---	---	---	---	---	11.0	10.9	7.0	7.1	
SCHWACHER SCHIRMHIEB	1.1	10.7	9.2	7.9	9.8	26.0	34.8	20.5	14.0	7.9	8.4	7.2	7.6
	2.1	8.6	8.5	6.7	6.4	---	22.0	24.7	14.0	7.3	7.7	6.9	7.0
STARKER SCHIRMHIEB	1.2	10.4	8.0	9.0	11.3	31.0	22.0	21.6	13.3	9.5	7.8	7.7	7.2
	2.2	13.2	9.6	12.2	12.7	24.0	36.0	19.9	15.8	10.4	8.0	8.2	8.8
	3.2	31.0	19.9	30.7	40.7	---	---	50.7	13.2	19.9	15.9	14.2	21.1
	4.2	9.3	12.8	8.2	11.5	16.9	19.1	9.7	10.5	9.0	8.5	4.0	9.3
	5.2	10.1	9.4	12.9	12.3	21.8	20.0	22.2	10.8	9.3	9.4	8.2	9.9
	6.2	14.4	10.3	15.4	8.8	50.4	38.8	20.3	13.9	12.1	9.6	8.6	6.8
	7.2	10.3	8.0	7.4	7.2	---	22.5	12.5	8.8	9.9	8.9	6.6	6.0
10.2	---	---	---	---	---	---	---	---	30.0	16.9	17.2	15.7	
11.2	---	---	---	---	---	---	---	---	20.0	18.5	14.0	12.3	
LOCHHIEB	1.4	15.3	---	15.3	---	77.1	---	63.5	---	9.8	---	13.6	---
	2.4	26.0	---	21.6	---	9.6	---	20.6	---	13.0	---	9.8	---
	8.4	---	---	---	---	---	---	67.3	---	---	---	---	---
	9.4	---	---	---	---	---	---	129.1	---	10.5	---	---	---
KAHLHIEB	1.3	31.3	---	77.0	37.8	---	---	70.4	73.0	8.8	---	13.2	15.7
	2.3	57.3	29.8	29.2	44.8	---	---	108	38.9	10.3	11.0	13.3	13.9

i.Z. = im Zaun; a.Z. = außer Zaun

Tab. 39: Die Höhe (cm) von Naturverjüngungspflanzen ausgewählter Keimjahrgänge auf allen Versuchspartellen im Herbst 1986 innerhalb und außerhalb des Zaunes.

Sehr viel besser als im Kalkalpin wachsen die Pflanzen im Flysch: Während unter lockerem Schirm der Parzelle 10.2 die Tannen aus dem Jahr 1980 bereits 30 cm groß sind, haben sie auf entsprechenden kalkalpinen Partellen eben erst die 10 cm Grenze überschritten.

Vergleichsweise schlecht war das Wachstum auf Parzelle 4.2 (auf der sogar geringere Höhen als auf der Kontrollparzelle 4.0 gemessen wurden). Neben der Höhenlage kann hier nur der schlechte Standort eine Rolle gespielt haben (vgl. Kap. 3 und 5).

Ebenfalls ein gedämpftes Wachstum haben die Pflanzen (v.a. Fichte und Ahorn) auf der Parzelle 7.2 an den Tag gelegt; hier dürfte es die bereits zu Versuchsbeginn vorhandene dichte Bodenvegetation gewesen sein, die das Wachstum gebremst hat.

Außerhalb der Zäune verschieben sich die Wuchsrelationen der Bäume zueinander vielfach ganz beträchtlich. Während die Fichte und Buche nur in Einzelfällen eine Beeinträchtigung ihrer Höhenentwicklung durch Wildverbiß hinnehmen mußten, (z.B. auf der südexponierten Parzelle 6.2), litten die Tannen und Ahorne nahezu überall unter Wildverbiß. Besonders schlimm war es dort, wo Tannen und Ahorne bereits eine etwas größere Höhe erreicht haben, wie z.B. auf den Schirmhiebparzellen 3.2, 6.2, 10.2 und den Kahlhiebparzellen 1.3 und 2.3. Dabei beschönigen die Zahlen der Tab. 39 noch das Bild: Es war nämlich versucht worden, soweit wie möglich auch außerhalb des Zaunes ungeschädigte Exemplare zu finden und deren Höhe zu messen. Wären alle Tannen oder Ahorne eines Keimjahres gemessen worden (also auch alle geschädigten Exemplare), dann wäre der Unterschied zwischen den Pflanzenhöhen im und außer Zaun sicherlich noch sehr viel größer ausgefallen.

Die Pflanzenhöhe zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende auf allen Versuchspartellen

An ausgewählten Keimjahrgängen wurden eben die auf die Pflanzenhöhe Einfluß nehmenden Faktoren Überschirmung, Baumart, Verbiß und Standort besprochen. Damit sind die Voraussetzungen geschaffen für das Verständnis der in Tab. 40 aufgeführten Höhen der Naturverjüngungspflanzen zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende im und außer Zaun aller 25 Versuchspartellen.

In Tab. 40 ist für beide Aufnahmezeitpunkte die Spitzenhöhe der Pflanzen angegeben; diese Spitzenhöhe resultiert daraus, daß auf jedem Probekreis jeweils die höchste Pflanze einer Baumart gemessen und dann ein Mittelwert dieser Pflanzenhöhen von jeweils 32 Probekreisen gebildet wurde.

An den angegebenen Höhen wird erkennbar, daß zu Versuchsbeginn in den dichten Beständen kaum größere Pflanzen anzutreffen waren.

Pflanzenhöhen von über 10 cm hatten nur die Fichten auf den FLYSCHPARZELLEN erreicht. Im KALKALPIN war es regelmäßig die Buche, die dort, wo sie vorkam, bereits die 10 cm Grenze überschritten hatte. Ahornpflanzen über 10 cm waren nur vereinzelt zu finden; lediglich auf der bereits vor Versuchsbeginn aufgelichteten Parzelle 7.2 war die Ahornnaturverjüngung mit 17 cm geringfügig höher.

WALDBAUL. BEHANDLUNG	PARZ.	ZAUN	SPITZENHÖHE ZU VERSUCHSENDE (cm)																
			SPITZENHÖHE ZU VERSUCHSBEGINN (cm)** Herbst 77 bzw. 80				HERBST (15.9.) 1986												
			FI	TA	BU	AH	FI	LAE	TA	EIB	BU	AH	VOBE	ESCH	MEBE	UL	NEI	sLH*	
KEIN EINGRIFF	1.0	mit	7	11	8	7		9	8	15	11	10							
	1.0	ohne	7	16	10	8		8	8	14	12	10	12	20					
	2.0	mit	7		10	6					10	12	16						
	2.0	ohne	6		10						10	10							
	3.0	mit	7				4				7								
	3.0	ohne	7				6				7								
	4.0	mit					3	3			9	11	11						
	4.0	ohne									8	12	11						
	5.0	mit			11						6	7			15				
	5.0	ohne									7	11	10		14				
	6.0	mit	8	5	13	8	11				9	14	13		15	3			
6.0	ohne					5				7	14	11		10	24				
10.0	mit	8	5			12		13		13	8	9							
10.0	ohne	16	8			25		10		23	11	43							
11.0	mit	17	6			20		12			5								
11.0	ohne	10	6			13		12			33								
SCHWACHER SCHIRMHIEB	1.1	mit	6		11	10		10	6	14	25	28		7	15				
	1.1	ohne	8		10	10		8		14	17	24		11	14				
	2.1	mit	7		10	8		8	8	4	29	18		15					
	2.1	ohne	10		11	8		8	9	20	15	10		10					
STARKER SCHIRMHIEB	1.2	mit	6		7	11		11		16	20	51	28		43				
	1.2	ohne	6	18	8	10		12		5	22	18	20		30				
	2.2	mit	9	13	10	13	9	14	26	9	18	22	33		87	13	27		
	2.2	ohne	7		9	14	6	9		19	23	31	6		22				
	3.2	mit	9			34		21			15	32					104		
	3.2	ohne	8			38	11	17			15	13	11				18		
	4.2	mit			7	6	9	8			13	11	4						
	4.2	ohne			10	8	7	8			14	11	4	10			11		
	5.2	mit			8	13		10			14	25	40	50			21		
	5.2	ohne				12		9			16	13	24				29		
	6.2	mit	5	14	9	14		14			47	22			30				
	6.2	ohne	6	11	10	7		9			37	15		14	37		7		
	7.2	mit	11	8	17	13		13			26	17	8	26	87				
	7.2	ohne	10	6	9	12		8			23	11	8	17	10				
10.2	mit	9	6		31		30			80	51	26							
10.2	ohne	6	10		21		18			13	3					79			
11.2	mit	5			16		20			62	8								
11.2	ohne	12	7		19		20			232						108			
LOCHHIEB	1.4	mit			11	12		16	18	43	78	81		19			364		
	2.4	mit				20		12		12	22	10		109			100		
	8.4	mit				6		7			55			38					
	9.4	mit	5			11		12			102								
KAHLHIEB	1.3	mit	8	16	11	35		51		183	249	158							
	1.3	ohne	8		11	42		31		198	64		9	58		32			
	2.3	mit			11	57	31	30	32	201	131					285	293		
	2.3	ohne				28		14	11	15	38	28		52	13	36			

** Zu Versuchsbeginn wurden lediglich die Höhen von Fichte, Tanne, Buche und Ahorn gemessen.
* sLH: in der Regel Birke, auf Parz. 5.0 und 5.2 Kirsche, auf Parz. 4.2 Aspe;

Tab. 40: Die durchschnittliche Spitzenhöhe (cm) der Naturverjüngungspflanzen auf den 25 Versuchspartellen im und außer Zaun zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende (Mittelwerte von jeweils 32 Probekreisen im und außer Zaun) Lochhiebe: Mittelwerte von 26 Probekreisen im Zaun)

Im Herbst 1986 sind die Höhen dann ganz eindeutig nach den genannten Einflußfaktoren differenziert. Unter dichtem Schirm haben sich die Pflanzen kaum in die Höhe bewegt. Fichten und Tannen ist es im Kalkalpin immer noch nicht gelungen, die 10 cm Marke zu überwinden. Im Flysch ist hingegen eine merkliche Höhenzunahme festzustellen (25 cm hoch sind die Fichten auf Parzelle 10.0). Wesentlich besser als das Nadelholz hat sich überall das Laubholz unter dichtem Schirm entwickelt; so gibt es nahezu auf jeder Parzelle mindestens eine Laubholzart (in erster Linie Mehlbeeren, Vogelbeeren, Eschen und Birken), die höher als 15 cm geworden ist.

Durch den schwachen Schirmhieb wurde der Naturverjüngung zumindest eine geringe Höhenentwicklung ermöglicht: mindestens eine Laubholzart hat 20 cm Höhe erreicht oder gar überschritten. Auch auf den stark aufgelichteten Schirmhieb- und Lochhiebparzellen ist es das Laubholz, das besonders von den verbesserten Lichtverhältnissen profitiert hat. In der Regel sind es einzelne Mehlbeeren, Weiden, Birken, Vogelbeeren und im Flysch auch Buchen, die höher als 50 cm geworden sind und damit aus der Bodenvegetation herausragen. Das Nadelholz ist von einigen Ausnahmen abgesehen (Fichte im Flysch und auf Parzelle 3.2) in der dichten Bodenvegetation noch gar nicht zu sehen. Bemerkenswert erscheint das Wachstum der Eibe auf Parzelle 2.2, die dort inzwischen mit 26 cm doppelt so hoch ist wie Fichte und Tanne.

Richtige Bäume stehen im Herbst 1986 auf den beiden Freiflächen: Die Ahornverjüngung ist über 2 m hoch und die Buchenverjüngung ist nicht viel niedriger. Der absolut höchste Ahorn wurde auf der Kahlhiebparzelle mit 4.40 m gemessen (s. MOSANDL und EL KATEB, 1988). Derartige Höhen sind allerdings nur innerhalb des Zaunes zu finden; außerhalb des Zaunes verharrt die Ahornverjüngung infolge des Wildverbisses in Höhe der Bodenvegetation bei 40 bis 60 cm.

Auch unter aufgelockertem Schirm werden die Pflanzen durch Wildverbiß in ihrer Höhenentwicklung stark begrenzt - Buchen und Fichten allerdings weniger als die übrigen Baumarten; lediglich auf den Parzellen 6.2 und 10.2 zeichnet sich auch ein Höhenwachstum beeinflussender Wildverbiß an Fichten ab. An den übrigen Baumarten wird der Verbiß v.a. an den größeren Pflanzen spürbar; an den Vo-

gelbeeren und Eschen auf Parzelle 1.2, an den Eiben und Mehlbeeren auf Parzelle 2.2, an den Ahornen und Weiden auf Parzelle 3.2 an den Ahornen und Eschen auf Parzelle 5.2, an den Mehlbeeren auf Parzelle 7.2 sowie an den Tannen, Ahornen und Vogelbeeren auf Parzelle 10.2. Es ist demnach offensichtlich, daß zwar mit abnehmender Überschirmung die Höhen der Naturverjüngungspflanzen zunehmen, damit aber auch der Verbißdruck steigt und so die Höhenentwicklung begrenzt wird.

7.23 Die Biomasse

Im Herbst 1986 war die Naturverjüngung auf einem Viertel aller Probekreise auf der Hauptversuchsfläche abgeerntet und die Trockengewichte bestimmt worden. Die wichtigsten Resultate dieser Biomasseerhebung sind in den Tab. 41a - d zusammengestellt.

Zwischen dem Trockengewicht der geernteten Gesamtbiomasse (ober- und unterirdische Biomasse) und der Überschirmung ergab sich ein eindeutiger Zusammenhang (Tab. 41a). Unter dichtem Schirm hatte die Naturverjüngung bis zum Herbst 1986 nur wenige Kilogramm an Biomasse akkumuliert: Nur 6 kg/ha waren es auf der sehr dichten Parzelle 2.0 im Zaun. Mit der Öffnung des Kronendachs nahmen die Gewichte dann allerdings rasch zu; in Abhängigkeit von der Eingriffsstärke stiegen die Gewichte von 150 kg bis 650 kg/ha unter den aufgelockerten Schirmen innerhalb der Zäune. Auf der Kahlfläche waren es dann im Zaun beachtliche 11 bis 22 Tonnen Biomasse, die pro Hektar in der Naturverjüngung gespeichert wurden.

Außerhalb der Zäune hatten sich in Abhängigkeit von der Überschirmung bis hin zum starken Schirmhieb noch einigermaßen ähnliche Gewichte angesammelt wie innerhalb der Zäune (obwohl außerhalb des Zauns der Parzelle 2.2 bereits 200 kg/ha gegenüber dem Trockengewicht innerhalb des Zauns fehlten). Auf der Kahlfläche ergab sich dann eine deutliche Diskrepanz zwischen den Gewichten im und außer Zaun: Lediglich eine Tonne Biomasse pro Hektar konnte hier außerhalb der Zäune akkumuliert werden; das sind über 10 bzw. 20 t/ha weniger als innerhalb der Zäune. Nun war es nicht so, daß diese Menge vom Wild abgefressen wurde, sondern eine Biomasseakkumulation in dieser Größenordnung wurde in einem Zeitraum von nur 10 Jahren durch das Wild verhindert.

TEILPARZELLE	KEIN EINGRIFF		SCHWACHER SCHIRMHIEB		STARKER SCHIRMHIEB		KAHLHIEB	
	(2.0)	(1.0)	(2.1)	(1.1)	(1.2)	(2.2)	(2.3)	(1.3)
IM ZAUN	6	40	150	225	327	655	11491	22472
AUSSER ZAUN	4	23	71	275	257	457	876	881
IM ZAUN mit Bodenbearbeit.	2	80	92	264	295	394	5508	3104

Tab. 41a: Die Gesamtbiomasse (Trockengewicht kg/ha) der Naturverjüngungspflanzen auf verschiedenen Überschränkten und unterschiedlich behandelten Teilparzellen im Herbst 1986.

KOMPARTIMENT	KEIN EINGRIFF		SCHWACHER SCHIRMHIEB		STARKER SCHIRMHIEB		KAHLHIEB	
	(2.0)	(1.0)	(2.1)	(1.1)	(1.2)	(2.2)	(2.3)	(1.3)
SPROSS*	2	21	66	84	167	256	6378	14148
BLATT	1	9	22	46	40	122	1048	1796
WURZEL	3	18	62	95	120	277	4065	6528
GESAMT	6	48	150	225	327	655	11491	22472

* Sproß = Schäfte und Äste

Tab. 41b: Die Zusammensetzung der Gesamtbiomasse (Trockengewicht kg/ha) nach Kompartimenten der Naturverjüngungspflanzen auf verschiedenen Überschränkten Parzellen im Herbst 1986 (Teilparzelle im Zaun ohne Bodenbearbeitung):

BAUMART (Keimjahrgang)	KEIN EINGRIFF		SCHWACHER SCHIRMHIEB		STARKER SCHIRMHIEB		KAHLHIEB	
	(2.0)	(1.0)	(2.1)	(1.1)	(1.2)	(2.2)	(2.3)	(1.3)
AHORN (vor 1977)	4	2	51	37	60	105	7940	21448
AHORN (1977 - 1986)	1	20	69	127	85	307	1615	58
TANNE (vor 1977)	0	<1	0	3	4	35	0	333
TANNE (1977 - 1986)	1	6	5	28	68	23	458	0
FICHTE (alle)	0	<1	3	11	4	35	51	0
BUCHEN (alle)	0	14	0	18	9	19	0	0
SONSTIGE (alle)	0	6	22	1	97	133	1227	633
GESAMT (alle)	6	48	150	225	327	655	11491	22472

Tab. 41c: Die Zusammensetzung der Gesamtbiomasse (Trockengewicht kg/ha) nach Baumarten in der Naturverjüngung auf verschiedenen Überschränkten Parzellen im Zaun im Herbst 1986

BAUMART (Keimjahrgang)	KEIN EINGRIFF		SCHWACHER SCHIRMHIEB		STARKER SCHIRMHIEB		KAHLHIEB	
	(2.0)	(1.0)	(2.1)	(1.1)	(1.2)	(2.2)	(2.3)	(1.3)
AHORN (vor 1977)	1	2	16	42	74	55	31	258
AHORN (1977 - 1986)	2	12	47	187	70	309	670	202
TANNE (vor 1977)	0	0	0	0	1	1	0	321
TANNE (1977 - 1986)	0	1	2	8	16	13	2	0
FICHTE (alle)	0	<1	2	4	5	39	43	100
BUCHEN (alle)	0	<1	<1	7	14	11	0	0
SONSTIGE (alle)	1	8	4	27	77	29	130	0
GESAMT (alle)	4	23	71	275	257	457	876	881

Tab. 41d: Die Zusammensetzung der Gesamtbiomasse (Trockengewicht kg/ha) nach Baumarten in der Naturverjüngung auf verschiedenen Überschränkten Parzellen außer Zaun im Herbst 1986.

Auf den bodenbearbeiteten Probekreisen war die Biomasseleistung der Naturverjüngung bis hin zum starken Schirmhieb auf der Parzelle 1.2 durchaus vergleichbar mit derjenigen auf den unbearbeiteten Probekreisen im Zaun. Bei noch stärkerer Auflichtung (Parzelle 2.2 und Kahlhiebparzellen) fiel die Leistung auf den bodenbearbeiteten gegenüber den unbearbeiteten Probekreisen allerdings deutlich ab. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Bodenbearbeitung viele der älteren, bei Versuchsbeginn bereits vorhandenen Naturverjüngungspflanzen beseitigte. Diese älteren Pflanzen haben einen besonders hohen Beitrag zum Aufbau der Biomasse geleistet. Ihre Beseitigung im Zuge der Bodenbearbeitung erwies sich damit als ein schwerer Fehler. Auf den stärker überschränkten Parzellen waren die Auswirkungen der Bodenbearbeitung zwar nicht ganz so gravierend wie unter den offenen Bestandesstellungen; trotzdem war auch hier der Schaden größer als der Nutzen.

Die Zusammensetzung der Gesamtbiomasse der Naturverjüngungspflanzen auf den unbearbeiteten Probekreisen im Zaun geht aus Tab. 41b hervor. Danach entspricht in der Regel die Wurzelbiomasse in etwa der Sproßbiomasse (Schäfte und Äste ohne Blätter). Lediglich auf den Freiflächen ist die Wurzelbiomasse deutlich geringer als die Sproßbiomasse; dies könnte darauf zurückzuführen sein, daß es auf den Kahlfeldern nicht gelungen ist, die weitreichenden Wurzeln der großen Pflanzen vollständig zu ernten.

Die Gewichte der Nadeln und Blätter sind auf allen Parzellen mit Ausnahme der Freiflächen immer etwa halb so hoch wie die Sproß- bzw. Wurzelgewichte; auf den Freiflächen machen die Gewichte der Assimilationsorgane dagegen nur mehr 1/6 bis 1/8 der Sproßgewichte aus. Die Relationen Wurzel : Sproß : Blatt sind auf den Probekreisen außer Zaun und auch auf den bodenbearbeiteten Probekreisen nicht anders als auf den unbearbeiteten Probekreisen im Zaun (ohne daß dies hier nun im einzelnen mit Zahlen belegt wird); Wildverbiß oder auch Bodenbearbeitung verschieben also nicht etwa die Gewichte zugunsten der Wurzeln.

Die Zusammensetzung der Gesamtbiomasse der Naturverjüngungspflanzen nach Baumarten ist in Tab. 41c angegeben (wiederum sind die Probekreise im Zaun zugrunde gelegt). Es ist sofort ersichtlich, daß der

größte Anteil an der Biomasse vom Ahorn gestellt wird und hier v.a. durch die älteren Ahorne, die bei Versuchsbeginn bereits vorhanden waren. So entfallen von den 22 t Biomasse auf der Freifläche 1.3 allein 21 t auf die älteren Ahornpflanzen. Auch unter den Tannen sind es in erster Linie die älteren, bei Versuchsbeginn vorhandenen Pflanzen bzw. kurz nach Versuchsbeginn angekommenen Tannen aus dem Jahr 1977 (z.B. Parz. 2.3), die zur Gesamtbiomasse beitragen. Fichten haben nur auf den stärker aufgelichteten Parzellen eine größere Biomasseleistung erbracht. Die Buche hat ein verhältnismäßig hohes nur vom Ahorn noch übertroffenes Gewicht auf der dichten Parzelle 1.0 erreicht. Stark ins Gewicht fallen nahezu überall die sonstigen Baumarten, v.a. Vogelbeere und Mhlbeere.

Außerhalb der Zäune ist die Zusammensetzung der Biomasse nach Baumarten von der dicht überschirmten Parzelle 2.0 bis hin zur locker überschirmten Parzelle 1.1 durchaus vergleichbar mit derjenigen innerhalb der Zäune (vgl. Tab. 41d und 41c); allerdings sind auch hier die Trockengewichte der Tannen regelmäßig niedriger als innerhalb der Zäune. Gravierende Unterschiede beginnen sich aber erst ab der stark aufgelichteten Parzelle 1.2 abzuzeichnen: Außerhalb des Zauns fehlen auf Parzelle 1.2 bereits 55 kg/ha und auf Parzelle 2.2 45 kg/ha an Tannenbiomasse. Auf Parzelle 2.2 werden darüber hinaus außer Zaun auch noch die älteren Ahornpflanzen und die sonstigen Baumarten vom Wild auf ein niedriges Gewichtsniveau herabgedrückt.

Dramatisch wird die Situation dann auf den Freiflächen. Die Entwicklung der älteren Ahornpflanzen und die der sonstigen Baumarten wird außer Zaun vom Wild nahezu völlig unterbunden. Auf der Freifläche 2.3 haben auch die im Versuchszeitraum angekommenen Tannen außer Zaun deutliche Gewichtseinbußen hinnehmen müssen. Die älteren, auf der Parzelle 1.3 zum Zeitpunkt des Kahlhiebes vorhandenen Tannen konnten dagegen ebensoviel Biomasse akkumulieren wie die Tannen innerhalb des Zauns. Anders als die älteren Tannen im Zaun, deren Wachstum vom überschirmenden Ahorn zwar gebremst, aber nicht unterbunden wird, haben jedoch die Tannen außer Zaun keine Chance in die Höhe zu wachsen (s. Tab. 38 und 39).

An diesen zwar stark verbissenen aber biomassereichen Tannen außerhalb des Zaunes auf der Freifläche 1.3 wird wieder einmal mehr

deutlich, wie bedeutsam für die weitere Entwicklung der Verjüngung der Zustand zum Zeitpunkt des Hiebes ist. Außerhalb des Zauns der Parzelle 1.3 könnte die Situation dadurch gerettet werden, daß nun nach mehr als 10 Jahren die Fläche nachträglich eingezäunt würde. Auf der Parzelle 2.3, auf der sich zum Zeitpunkt des Hiebes keine älteren Pflanzen befanden (zumindest keine Tannen), ist die Situation wesentlich ungünstiger zu beurteilen; nicht einmal eine nachträgliche Zäunung könnte im zukünftigen Bestand einen Tannenanteil sichern.

7.3 Die Steuerung der Naturverjüngung durch waldbauliche Maßnahmen

In Abschnitt 7.2 konnten einige, die Naturverjüngung beeinflussende Faktoren aufgezeigt werden. Damit ist es nunmehr möglich, die Naturverjüngung in das in Abb. 1 wiedergegebene Ökosystemschema einzuordnen. Daran anschließend können aus der Kenntnis der wichtigsten Zusammenhänge heraus die Möglichkeiten einer waldbaulichen Steuerung der Naturverjüngungsprozesse diskutiert werden.

Die Naturverjüngung im Ökosystem Bergmischwald

Es hat sich gezeigt, daß der Standort in verschiedenster Weise auf die Verjüngung Einfluß nimmt und damit der Wirkungspfeil in Abb. 1 in Richtung Naturverjüngung gerechtfertigt ist. So sind die Höhe über NN und die Exposition von Bedeutung für die Pflanzendichte. Mit zunehmender Höhenlage geht infolge von Schneeschimmelbefall (v.a. an den Fichten) die Pflanzendichte zurück. Auf südexponierten Standorten sind es die Sonneneinstrahlung und der Wildverbiß, die v.a. die Dichte der Fichtennaturverjüngung abnehmen lassen.

Auch die auf einigen Standorten sich besonders rasch entwickelnde Bodenvegetation nimmt Einfluß auf die Pflanzendichte; so stehen die vergleichsweise schlechten Ausgangs- und Überlebensbedingungen der Fichten auf den stark aufgelichteten Parzellen im Flysch in ursächlichem Zusammenhang mit der raschen Bodenvegetationsentwicklung auf diesem Standort. Auch die erreichten Pflanzenhöhen der Naturverjüngung sind standortsabhängig; in Tieflagen (Parz. 3.2) und im Flysch verläuft das Höhenwachstum deutlich rascher als auf den übrigen Standorten.

Der **Altbestand** nimmt direkt Einfluß auf die Naturverjüngung über die von ihm ausgestreuten Samen. In der Regel entstehen dort am meisten Keimlinge, wo auch die meisten Samen produziert werden, und das ist in den geschlossenen bis leicht aufgelichteten Altbeständen der Fall.

Biotische Faktoren reduzieren bereits im ersten Jahr die Keimlinge ganz beträchtlich. Unter dichtem Schirm sind v.a. Pilzschäden eine häufige Abgangsursache. In einzelnen Jahren (wie z.B. im Buchenmastjahr 1978) können auch Mäuse die Keimlinge (v.a. Buche und Ahorn) erheblich dezimieren - unter aufgelockertem Schirm sogar noch stärker als unter dichtem Schirm.

Die **mikroklimatischen Verhältnisse** am Boden sind schon in der allerersten Verjüngungsphase bedeutsam für das Überleben und Wachstum der Naturverjüngungspflanzen. Zwar wurde nicht erkennbar inwieweit schon die Keimung selbst von den mikroklimatischen Faktoren gesteuert ist, doch spätestens ab dem Erscheinen der Keimblätter wird das weitere Schicksal der Keimlinge eindeutig von den mikroklimatischen Verhältnissen am Boden bestimmt. Ohne die Wirkungsweise der mikroklimatischen Faktoren (Licht, Wärme und Wasser) im einzelnen belegen zu können, ist doch offensichtlich, daß der gesamte mikroklimatische Faktorenkomplex Einfluß nimmt. Dieser Komplex ist geprägt von der Überschirmung durch den Altbestand (s. Tab. 18) Damit wird es möglich, die Naturverjüngungsprozesse in Abhängigkeit von der Überschirmung zu betrachten.

Die höchsten Pflanzendichten stellen sich dort ein, wo die Überlebenschancen am größten sind, und dies ist zumeist unter stark aufgelockerter Überschirmung der Fall. Die größten Pflanzenhöhen werden dagegen dort erreicht, wo das meiste Licht zur Verfügung steht, also auf den Freiflächen. Auf den Kahlflächen sind die Naturverjüngungspflanzen inzwischen so groß, daß sie ihrerseits wieder das Klima am Boden beeinflussen können (s. Tab. 19); von daher erklärt sich der in Abb. 1 in Richtung Mikroklima weisende Pfeil.

Die **Bodenvegetation**, die ihrerseits wieder vom Mikroklima und vom Standort geprägt ist, bleibt bis zu einem Deckungsgrad von etwa 40% ohne spürbare Auswirkung auf die Naturverjüngung. Bei höheren Dek-

kungsgraden muß mit einem negativen Einfluß gerechnet werden: Die Ansammlungsbedingungen werden schlechter (Samen bleiben in der Bodenvegetation hängen), die Überlebensraten sinken und das Wachstum wird gedämpft. Überall wo sich die Bodenvegetation stärker ausgebreitet hatte, wurden diese negativen Auswirkungen auf die Naturverjüngung sichtbar: auf den Freiflächen 1.3 und 2.3, auf sämtlichen Lochhieben, auf Parzelle 7.2 und auf den locker überschrünten Parzellen im Flysch (10.2 und 11.2). Die Bodenvegetation geriet ihrerseits auf den Freiflächen innerhalb der Zäune unter den Druck der Naturverjüngung - deshalb der in beide Richtungen weisende Pfeil in Abb. 1.

Die **Bodenbearbeitung** drängte nicht nur die Bodenvegetation zurück, sondern beseitigte auch viele der älteren Naturverjüngungspflanzen (v.a. Tannen und Ahorne).

Die **Zäunung** hatte höhere Überlebensraten der Naturverjüngung zur Folge, besonders die Tanne hat von der Zäunung profitiert - sie erreichte innerhalb der Zäune teilweise eine beträchtlich höhere Dichte als außerhalb. Ein Höhenwachstum war den Tannen, aber auch den Ahornen und vielen sonstigen Laubböhlzern nur innerhalb der Zäune möglich.

Wie sich **Zaunschutz unter verschiedenen Überschirmungszuständen** auf die Naturverjüngung ausgewirkt hat, sei in Abb. 38 nochmals zusammenfassend am Beispiel der älteren, bei Versuchsbeginn bereits vorhandenen Tannen auf der Hauptversuchsfläche gezeigt. Dargestellt ist der Zustand am Ende des Versuchszeitraums im Herbst 1986, als die Tannen mehr als 10 Jahre alt waren. Nur im Zaun ist eine Abhängigkeit der Überlebensrate der Tannen von der Überschirmung zu erkennen. Außer Zaun haben nirgends mehr als 35% der Tannen überlebt. Im Zaun weist keine einzige Tanne einen Schaden auf - außerhalb des Zauns sind die Tannen stark verbissen: Mit abnehmender Überschirmung steigt das Schadensprozent auf 100 an. Dies macht deutlich, daß eine ungestörte Höhenentwicklung nur innerhalb des Zauns möglich ist. Mit abnehmender Überschirmung wächst die Diskrepanz zwischen der Pflanzenhöhe im und außer Zaun.

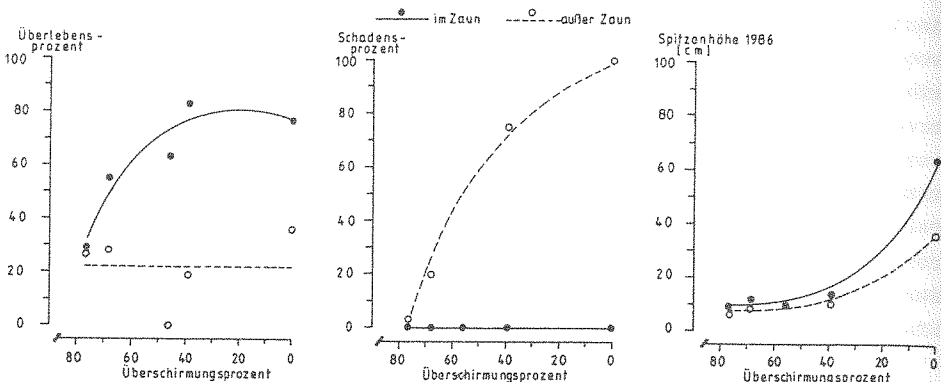


Abb. 38 : Die Wirkung von Zaunschut und Überschirmung auf die älteren, bei Versuchsbeginn 1977 bereits vorhandenen Tannen (Zustand Herbst 1986)

Die Steuerung der Naturverjüngung

Die Kenntnis der Zusammenhänge im Ökosystem Bergmischwald kann sich der Waldbauer zunutze machen, um die Naturverjüngungsprozesse zu steuern. Als Steuerungsinstrumente stehen ihm die Bodenbearbeitung, die Regulierung der Überschirmung und die Zäunung zur Verfügung.

Zur **Bodenbearbeitung** wird der Waldbauer im Bergmischwald wohl kaum greifen müssen. Der Boden ist auch dort für Naturverjüngungspflanzen aufnahmebereit, wo keine Bodenbearbeitung durchgeführt wurde. Hinzu kommt die Gefahr, daß eine Bodenbearbeitung mehr Schaden als Nutzen anrichten kann, wenn dabei ältere wertvolle Naturverjüngungspflanzen beseitigt werden.

Mit der Möglichkeit der **Überschirmungsregulierung** ist dem Waldbauer ein mächtiges Steuerungsinstrument an die Hand gegeben; damit können die Zugänge an Naturverjüngungspflanzen, ihre Überlebenschancen und ihr Wachstum beeinflußt werden.

In einer ersten Verjüngungsphase, dem **Ansamlungsstadium**, wird es darauf ankommen, möglichst vielen Naturverjüngungspflanzen das Fußfassen zu ermöglichen. Dabei ist es hilfreich sich vorzustellen, daß es für jeden Standort ein Ansamlungsoptimum gibt. Auf stark zur Verunkrautung neigenden Böden wird es mehr im Bereich des leicht

aufgelockerten Schirms, auf weniger unkräutwüchsigen Böden mehr im Bereich des stark aufgelockerten Schirms liegen. In zu dichten Beständen kann sich dieses Ansamlungsoptimum nicht einstellen, weil hier infolge des Lichtmangels die Überlebensrate der Naturverjüngungspflanzen zu gering ist; unter stark aufgelichteten Beständen kann es sich ebenfalls nicht einstellen, da hier infolge von Konkurrenz durch die Bodenvegetation die Überlebensrate niedrig ausfällt. Bei extremen Eingriffen (Lochhieb, Kahlhieb) kommt hinzu, daß damit auch das Saatgut deutlich reduziert wird und schon von daher keine hohen Ansamlungsdichten zu erwarten sind.

Ist das Ansamlungsoptimum durch zu kräftige Hiebe erst einmal überschritten worden, dann ist es sinnlos darauf zu warten, daß sich Naturverjüngung einfindet; völlig verfehlt wäre es sie durch eine noch weitere Öffnung des Kronendachs erzielen zu wollen. Hier muß entschieden werden, ob mit der vorhandenen Verjüngung weiter gearbeitet werden kann oder aber es muß sofort gepflanzt werden.

Aus der dichten Bestandesstellung heraus ist die Verjüngung dagegen weitgehend unproblematisch. Bereits unter dichtem Schirm haben sich einige Tannen und Ahorne (dort wo Alteiben vorhanden sind auch Eiben) ansiedeln können. Eine Auflockerung des Schirmes durch die Entnahme weniger Bäume (der Bestand muß dadurch noch gar kein anderes Aussehen bekommen) verhilft den neu ankommenden Keimlingen dazu, sich am Boden halten zu können (eine Räumung in diesem Stadium würde unweigerlich zu Ahorn-Tannenwäldern führen, wenn das Wild dies nicht verhindern würde). In erster Linie stellen sich Tannen, Buchen und v.a. Ahorne ein; auch viele sonstige Laubbaumarten finden zum Überleben ausreichende Bedingungen vor. Schwierigkeiten haben allenfalls die Lärche und die Fichte, sich unter dieser Schirmstellung zu etablieren (zumindest im Kalkalpin).

Ein Übergewicht des Ahorn in diesem Stadium wird sich nur sehr schwer verhindern lassen. Der Ahorn ist hier einfach unschlagbar: Nicht nur, daß er am häufigsten fruktifiziert und die Lebensfähigkeit der Ahornfrüchte sehr hoch ist; aus den meisten lebensfähigen Früchten entstehen darüber hinaus auch tatsächlich Pflanzen, die zudem noch sehr hohe Überlebenschancen haben.

Die schwächste Baumart in diesem Stadium hingegen ist zweifellos die Fichte. Nur aus vergleichsweise wenigen Samen werden Keimlinge, und diese Keimlinge sind auch überaus anfällig gegen zahlreiche Schadfaktoren, wie z.B. Schneeschimmel, Vegetationskonkurrenz, Totverbiß oder auch Schirmdruck. Der Bereich günstiger Ansamungsbedingungen ist deshalb für die Fichte sicherlich am schmalsten: Unter zu dichtem Schirm leidet sie unter dem Schirmdruck, unter etwas zu weit geöffnetem Schirm unter dem Druck der Bodenvegetation. (Von daher ist es wirklich erstaunlich, daß ein Großteil der Jungbestände im Gebirge aus Fichten besteht, s. Altersklassenübersicht nach Bestandesformen in BERNHART, 1988). In wildärmeren Zeiten wäre die Fichte den anderen Baumarten, v.a. Buche, Ahorn und Tanne hoffnungslos unterlegen, und man müßte sich vermutlich Gedanken um ihre Erhaltung machen. Heutzutage verschafft ihr die im Jungpflanzenstadium zu Tage tretende relativ geringe Attraktivität für Wild einen derartigen Wettbewerbsvorteil, daß keine waldbaulichen Maßnahmen zur Förderung der Fichte ergriffen werden müssen.

Im Ansamungsstadium wird es in vielen Fällen noch nicht notwendig sein, von der Zäunung Gebrauch zu machen. Man muß dann allerdings ein gewisses Maß an Verbiß in Kauf nehmen - auch an Totverbiß, der bereits in diesem Stadium auftritt.

Totverbiß kann in diesem Stadium nur schwer aus dem Vorkommen von geschädigten Pflanzen geschätzt werden. Es kann nämlich Totverbiß vorliegen, ohne daß verbissene Pflanzen zu finden sind; von daher sind die von EIBERLE, 1989 angegebenen Beziehungen zwischen dem Anteil verbissener Pflanzen und der Mortalität eher als zu optimistisch einzustufen.

Aus der Erkenntnis heraus, daß es nicht möglich ist, den gesamten Wald einzuzäunen, wird man diese nur leicht aufgelockerten Bestandesstellungen, in denen die Pflanzendichte weit stärker von der Überschirmung als vom Wild bestimmt ist, dem Wild zugänglich halten.

Eine Zäunung oder eine andere Ausschaltung des Wildeinflusses ist jedoch im nächsten Stadium, dem Lichtungsstadium unbedingt erforderlich. Nachdem sich ein Fließgleichgewichtszustand zwischen Pflanzendichte und Überschirmung eingestellt hat (das Ansamungsop-

timum dürfte im Bergmischwald nach etwa 10 Jahren erreicht sein), muß den Pflanzen die Möglichkeit geboten werden in die Höhe zu wachsen. Dies geschieht durch eine kräftige Durchbrechung des Kronendachs (durch einen sehr starken Schirmhieb dort, wo es die Stabilität des Altbestandes zuläßt oder durch einen Femelhieb).

Die zum Zeitpunkt der Auflichtung am Boden befindlichen Naturverjüngungspflanzen (in der Regel werden alle im Altbestand vorhandenen Baumarten und noch einige mehr in der Verjüngung vertreten sein) werden den künftigen Bestand bilden. Kurz nach einem Buchensamenjahr werden mehr Buchen nach einem Tannensamenjahr mehr Tannen darin zu finden sein. Die Tanne wird dabei vielfach im Vorteil sein, nicht weil sie unter dichterem Schirm rascher gewachsen ist als die anderen Baumarten, sondern weil sie einen zeitlichen Vorsprung hat. Dies gilt jedoch alles nur für den Fall, daß die Naturverjüngungspflanzen in dieser Phase gegen Wildverbiß geschützt sind. Mit einer stärkeren Öffnung des Kronendachs nimmt nämlich unweigerlich der Verbißdruck zu und begrenzt das Höhenwachstum der Pflanzen (selbst größere Pflanzendichten können vom Wild niedergehalten werden, wie die eigenen Versuchsergebnisse und die von LISS, 1988a und 1989 zeigen).

Es gibt demnach kein waldbauliches Verfahren, das Höhenzuwachs an den Pflanzen ermöglicht, ohne daß gleichzeitig die Verbißbelastung zunimmt. Schon von daher ist einsichtig, daß eine Lösung des Wildproblems nicht von einem waldbaulichen Verjüngungsverfahren erwartet werden kann. Der Waldbau kann zwar dafür sorgen, daß sich möglichst viele Naturverjüngungspflanzen einfinden (wobei dies natürlich wieder zu einer Erhöhung der Wildpopulation führen kann, weil damit die auf dem Faktor Nahrung beruhende Umweltkapazität steigt, s. FELDNER, 1987); ein Aufwachsen dieser Verjüngung ist aber nur möglich, wenn zumindest in der Lichtungsphase der Wilddruck stark vermindert wird. Dies kann durch eine intensive Bejagung in dieser Phase oder aber durch Zaunbau (in dafür geeignetem Gelände) erreicht werden. Auf jeden Fall muß in der Höhenlage bis etwa 1000 m über NN ein Zeitraum von 10 bis 20 Jahren überbrückt werden, in dem die Pflanzen dem Wildverbiß weitgehend entzogen sind (das ist mit einer Zaungeneration machbar).

Damit dürfte es möglich sein, in einem Verjüngungszeitraum von 20 bis 30 Jahren die Naturverjüngungspflanzen aus dem Gefährdungsbe- reich zu bringen. Danach könnte allenfalls noch die üppige Ahorn- verjüngung Probleme bereiten, die aber im Zuge eines ersten Läute- rungseingriffs einfach zu beheben wären.

8. DIE AUSWIRKUNGEN DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE AUF DIE KUNSTVERJÜNGUNG

Als vierter Untersuchungsgegenstand im Forschungsprojekt Bergmisch- wald ist in Abb. 1 - neben dem Altbestand, der Bodenvegetation und der Naturverjüngung - die Kunstverjüngung aufgeführt. Dieser Teil des Forschungsprojektes hat sich als so bedeutsam erwiesen, daß er bereits nach fünfjähriger Laufzeit des Versuchs eine eigenständige Darstellung erfahren hat (GROSSE, 1984). Auch die abschließende Be- wertung der Kunstverjüngung nach 10 jähriger Laufzeit des Versuchs soll einer eigenen Arbeit vorbehalten bleiben (BRUNNER, o.J.). An dieser Stelle sei deshalb nur ganz kurz auf diesen wichtigen Be- standteil des Forschungsprojektes hingewiesen.

Die auf allen Versuchsparzellen angelegten Anpflanzungen von Fich- te, Tanne, Lärche, Buche und Ahorn (Versuchsanlage s. GROSSE, 1983) sind überall hervorragend angewachsen. Sie haben, wie aus Tab. 42 hervorgeht, nach 10 Vegetationsperioden Höhen erreicht, die die Hö- hen der Naturverjüngungspflanzen in der Regel weit übertreffen (vgl. Tab. 40). Dennoch wird auch an den gepflanzten Bäumen die das Höhenwachstum stark dämpfende Wirkung der Überschirmung deutlich. Höhen von über 1 m wurden unter Schirm nur in Ausnahmefällen er- reicht, wie etwa von Buche und Ahorn im Flysch (hier waren zu Ver- suchsbeginn allerdings besonders große Pflanzen ausgebracht wor- den). Auch auf der Parzelle 2.2 konnten Fichten, Lärchen und Buchen an lichtbegünstigten Stellen die 1 m - Marke überschreiten; auf Parzelle 3.2 gelang dies den Tannen und Lärchen.

Auf den Lochhieben sind die Baumarten nur dort über 1 m groß gewor- den, wo sie günstige Positionen in der Lochmitte einnahmen (s. hierzu MOSANDL, 1984). Deutlich größere Höhen haben alle Baumarten nur bei vollem Lichtgenuß auf der Freifläche erreicht. Hier sind inzwischen die größten Exemplare aller Baumarten dem Äser des Wil- des entwachsen (s. MOSANDL und EL KATEB, 1988).

Die Wuchsrelationen der gepflanzten Bäume sind denen der Naturver- jüngungspflanzen durchaus vergleichbar. Auch die gepflanzten Fich- ten wachsen unter allen Überschirmungsverhältnissen ähnlich wie die gepflanzten Tannen (auftretende Unterschiede wie z.B. auf den Loch-

hieben oder auf der Parz. 2.2 sind nicht baumartenspezifisch, sondern auf besonders günstige oder ungünstige Positionen auf den Parzellen zurückzuführen). Die Ahorne sind zumeist größer geworden als die Fichten und Tannen. Die Buchen erreichen oder übertreffen im Herbst 1986 die Höhen der Ahorne nur in wenigen Fällen; hier ist allerdings anzumerken, daß es sich bei den im Kalkalpin gepflanzten Buchen um Wildlinge handelte, die das Leistungsvermögen der Buche nicht voll zum Ausdruck bringen konnten. Was Buchen leisten können zeigen jedoch die erreichten Höhen der vitalen Pflanzen im Flysch. Die Lärchen sind überall dort, wo sie nicht ausgefallen sind und unter günstigen Lichtbedingungen zu stehen kamen, den anderen Baumarten davongewachsen.

WALDBAUL. BEHANDLUNG	PARZ.	FICHTE	TANNE	LÄRCH	BUCH	AHORN
KEIN EINGRIFF	1.0	47	48	--	35	42
	2.0	45	49	--	35	65
	3.0	--	39	--	32	--
	4.0	38	40	--	26	45
	5.0	--	38	--	17	64
	6.0	47	44	--	30	--
	10.0	36	35	--	124	120
	11.0	27	32	--	104	101
SCHWACHER SCHIRMHIEB	1.1	56	61	60	80	56
	2.1	52	54	46	44	62
STARKER SCHIRMHIEB	1.2	62	64	71	55	95
	2.2	122	74	164	109	86
	3.2	79	103	108	88	96
	4.2	44	53	59	19	45
	5.2	60	60	75	55	63
	6.2	79	74	78	64	68
	7.2	52	47	59	50	64
	10.2	81	61	70	188	143
11.2	79	67	174	175	117	
LOCHHIEB	1.4	53	121	113	140	100
	2.4	115	161	61	59	136
	8.4	66	98	59	55	121
	9.4	65	98	88	57	193
KAHLHIEB	1.3	121	127	346	179	132
	2.3	174	118	243	122	194

Tab. 42: Die mittleren Höhen (cm) der gepflanzten Baumarten auf den 25 Versuchspartellen im Herbst 1986. (Mittelwerte aus jeweils etwa 20 Einzelmessungen).

Höhen (cm) zu Versuchsbeginn 1977 im Kalkalpin; in Klammern: 1980 im Flysch;

- Fichte 34 (30)
- Tanne 33 (23)
- Lärche 24 (48)
- Buche 32 (87)
- Ahorn 39 (84)

So sind zwar die Wuchsrelationen in Kunst- und Naturverjüngung ähnlich, nicht jedoch die bis zum Herbst 1986 erreichten Höhen. Die gepflanzten Bäume haben den bereits zu Versuchsbeginn bestehenden Wuchsvorsprung gegenüber der Naturverjüngung noch beträchtlich ausbauen können. Die Kunstverjüngung wird damit zum Maßstab, an dem die Naturverjüngung gemessen werden kann. Derzeit dürfte die Kunstverjüngung auf allen Parzellen (mit Ausnahme der Kahlhiebsparzellen) auf einem Stand sein, wie ihn die Naturverjüngung frühestens in 10 Jahren erreichen wird. Schon von daher wird deutlich, daß die Pflanzung ein überaus wirksames waldbauliches Steuerungsinstrument darstellt, und als Alternative zur Naturverjüngung in Frage kommt. Sie ist sicherlich immer dann angebracht, wenn es gilt besonders schwierige Verjüngungssituationen zu meistern oder Verjüngungszeiträume zu verkürzen.

9. BEURTEILUNG DER WALDBAULICHEN EINGRIFFE HINSICHTLICH DER ÖKOLOGISCHEN KRITERIEN PRODUKTIVITÄT, STABILITÄT UND SUKZESSION

In einer grundlegenden Abhandlung über den Waldbau und das Ökosystem hat BURSCHHEL (1982) verschiedene waldbauliche Eingriffe in Wäldern hinsichtlich der ökologischen Kriterien Produktivität, Stabilität und Sukzession bewertet. Unter diesen Gesichtspunkten sollen nun im folgenden Abschnitt auch die im Bergmischwald ausgeführten waldbaulichen Maßnahmen betrachtet werden.

Produktion

Die Produktivität des Ökosystems Bergmischwald kann mit den in der Forstwirtschaft gebräuchlichen Maßeinheiten wie Vorratsfestmeter oder Erntefestmeter nur unzureichend beschrieben werden. Dazu sind Gewichtseinheiten, wie sie auch von ELLENBERG et al. (1986) verwendet wurden, schon eher geeignet. In Tab. 43 wird deshalb der Versuch unternommen mit Hilfe der erhobenen oder geschätzten Trockengewichte ein ungefähres Bild von der jährlichen oberirdischen Produktion im Ökosystem Bergmischwald zu entwerfen. Dabei kann lediglich der Teil der Produktion, der in der Biomasse festgelegt wird, nicht jedoch der, der veratmet wird, quantifiziert werden. Doch schon diese einfachen Biomassewerte der Tab. 43 vermitteln einen Eindruck von der Größenordnung der einzelnen Komponenten und von dem Maß der Beeinflussbarkeit durch waldbauliche Maßnahmen.

Geprägt werden die Zugänge an Biomasse im Ökosystem Bergmischwald durch den Altbestandszuwachs, der sich zu etwa gleichen Teilen aus dem Zuwachs an Holz und dem Zuwachs an Blättern und Reisig zusammensetzt. Verglichen damit ist die jährliche Biomasseakkumulation in der Naturverjüngung zumindest unter Schirm schon beinahe zu vernachlässigen. Lediglich auf der Freifläche -und hier wiederum nur im Zaun - werden von den Naturverjüngungspflanzen nennenswerte Produktionsleistungen erbracht. Es ist aber absehbar, daß hier in Kürze die Biomasseakkumulation der Naturverjüngung die des Altbestandes übersteigen wird.

Die Diskrepanz zwischen der Produktion der Naturverjüngung im Zaun und außer Zaun wird dann noch größer werden; derzeit wird außer

Zaun durch das Wild pro Jahr eine Produktionsleistung der Naturverjüngungspflanzen von rd. 1.5 t/ha verhindert. Dies entspricht in etwa den 1.4 t/ha an Bodenvegetationsmasse, die pro Jahr außerhalb des Zaunes mehr produziert werden als innerhalb des Zaunes. Die Biomasseproduktion im und außer Zaun ist somit nahezu gleich - verschieden sind nur die Komponenten: im Zaun wird Naturverjüngungsbiomasse und außer Zaun Bodenvegetationsbiomasse produziert. Dies gilt jedoch nur für die Freifläche.

WALDBAULICHE BEHANDLUNG DES ALTBESTANDES	KEIN EINGRIFF (1.0)	SCHIRMHER (1.1)	STARKER SCHIRMHIEB		KAHLHIEB	
			(1.2)	(2.2)	i. Zaun (1.3)	a. Zaun (1.3)
1) Altbestandszuwachs (Holz)	+2449	+2202	+2364	+1899	0	0
2) Altbestandszuwachs (Blätter)	+2659	+2168	+1817	+1569	+191	+191
3) Samen u. Früchte	+16	+10	+14	+10	+1	+1
4) Naturverjüngung	+3	+13	+21	+38	+1594	+60
5) Bodenvegetation	+20	+486	+532	+778	+834	+2214
I Summe 1) - 5)	+5147	+4879	+4748	+4294	+2620	+2466
6) ausscheidender Altbestand	-1881	-294	-483	-324	0	0
7) Streu	-2659	-2168	-1817	-1569	-191	-191
8) Bodenvegetation	-20	-486	-532	-778	-834	-2214
II Summe 6) - 8)	-4560	-2948	-2832	-2671	-1025	-2405
Differenz I - II	+587	+1931	+1916	+1623	+1595	+61

Tab. 43: Oberirdische Biomasseflüsse im Ökosystem Bergmischwald (kg/ha und a⁻¹); Zugänge sind mit +, Abgänge mit - gekennzeichnet;

- zu 1) Jährlicher Zuwachs an Vorratsfestmeter Derbholz (Horizontalflächenwerte der Tab. 14 überführt in Hangflächenwerte und umgerechnet in Gewichtseinheiten unter der Annahme einer durchschnittlichen Raumdichte von 400 kg/VfmD)
- zu 2) Es wird unterstellt, daß die Produktion an Nadel- und Blatt- und Feinreisigmasse in etwa der Streumenge entspricht; Mittel der Streumengen des ersten Jahrfünfts (s. Tab. 26a)
- zu 3) Mittel der Samen und Früchte des ersten Jahrfünfts (s. Tab. 26b)
- zu 4) Oberirdische Biomasse der Naturverjüngung im Jahr 1986 (s. Tab. 41) geteilt durch 10 Jahre; es wird eine lineare Entwicklung der Biomasse der Naturverjüngung unterstellt;
- zu 5) Biomasse der Bodenvegetation im Herbst 1986 (s. Tab. 25); es wird angenommen, daß sich die Bodenvegetation nach 10 Jahren auf die Schirmverhältnisse eingestellt hat und konstant bleibt. Die Produktionsleistung der Bodenvegetation, die überwiegend aus Hemikryptophyten besteht, wird in Höhe ihrer Biomasse angesetzt (obwohl sie in Wirklichkeit niedriger ist);
- zu 6) Vorrat des jährlich ausscheidenden Bestandes in Vorratsfestmetern Derbholz (Horizontalflächenwerte der Tab. 13 überführt in Hangflächenwerte und umgerechnet in Gewichtseinheiten unter der Annahme einer durchschnittlichen Raumdichte von 400 kg/VfmD);
- zu 7) Mittel der Streumengen des ersten Jahrfünfts (s. Tab. 26a)
- zu 8) Biomasse der Bodenvegetation im Jahr 1986 (s. Tab. 25); es wird angenommen, daß die gesamte Biomasse alljährlich abstirbt. Vernachlässigt wird der Teil der Produktion, der veratmet wird (s. hierzu BURSCHHEL und HUSS, 1987).

Unter Schirm ist unabhängig von der Zäunung (Werte außer Zaun sind in Tab. 43 nicht aufgeführt) die Produktionsleistung der Bodenvegetation stets größer als die der Naturverjüngung. Am geringsten ist der Unterschied in der Produktionsleistung auf der dicht beschirmten Parzelle 1.0; hier sind beide Produzenten nicht in der Lage größere Biomassemenigen zu erzeugen. Schon bei leichter Auflichtung gelingt der Bodenvegetation eine deutlich höhere Substanzproduktion als der Naturverjüngung. Unter allen aufgelockerten Schirmen (Parz. 1.1, 1.2 und 2.2) produziert die Bodenvegetation über 20 mal mehr als die Naturverjüngung.

Die jährlichen **Abgänge an Biomasse** (und damit die Zugänge zur toten organischen Substanz) werden in erster Linie durch den Streufall bestimmt. Daneben spielt der Ausscheidungsprozeß an Altbäumen eine wichtige Rolle: Die ausscheidende Biomasse an Altbestandsbäumen ist infolge von Konkurrenzdruck im dichten Bestand am höchsten. In den stark aufgelichteten Beständen kann Sturmwurf zu erhöhten Abgängen führen und so den Zugang zur toten organischen Substanz vergrößern. Auch über die jährlich absterbende Bodenvegetation erhält die tote Biomasse ganz erheblichen Zuwachs.

Bilanziert man die Zu- und Abgänge an Biomasse, dann ergibt sich ein klares Bild: Die Nettoproduktion (d.h. der jährliche Zugewinn an lebender organischer Biomasse) ist in den nur leicht aufgelichteten Beständen am höchsten. Am schlechtesten schneidet die ungezäunte Kahlfläche ab, auf der nahezu kein Vorratsaufbau an Biomasse stattfindet. Unter dem Gesichtspunkt der höchsten Zunahme an lebender Biomasse sind demnach die schwachen Schirmhiebe als besonders günstig einzustufen.

Die höchste Vorratszunahme ist nicht gleichzusetzen mit dem höchsten Volumenzuwachs. Wie PREUHLER (1989) zeigen konnte, werden in Bergmischwaldaltbeständen die höchsten Volumenzuwächse in dichten Beständen geleistet, in denen die Grundflächen im Bereich der maximalen (natürlichen) Grundflächenhaltung liegen. Dennoch hält auch PREUHLER schwache Schirmhiebe, die nur geringe Einbußen beim Volumenzuwachs zur Folge haben, in Bergmischwaldaltbeständen für vertretbar.

Auf einer Parzelle, und zwar auf der Freifläche innerhalb des Zaunes, werden sich die in Tab. 43 skizzierten Biomasseflüsse in nächster Zeit entscheidend verändern: Die Naturverjüngung wird hier ganz beträchtlich zunehmen und die Bodenvegetation noch weiter zurückdrängen; die Akkumulation an Biomasse wird dann deutlich höher ausfallen als auf der Parzelle mit schwachem Schirmhieb, d.h. die höchste Produktion findet dann auf lange Zeit auf dieser Fläche statt. Damit dieser hohe Zuwachs im Jugendstadium nicht zu sehr das waldbauliche Handeln bestimmt, ist es zweckmäßig, auch den Wert des Zuwachses in die Betrachtung einzubeziehen (wie dies z.B. KENK, 1988 bei der Beurteilung des Schirmkeilschlags nach EBERHARD getan hat). Werden Wertkriterien in Ansatz gebracht, dann dürften schwache Schirmhiebe, die einen langsamen Verjüngungsfortschritt zur Folge haben, sicherlich am besten abschneiden (s. hierzu KENK, 1988).

Stabilität

In seinen fundierten Beiträgen zur Stabilität von Waldökosystemen hat THOMASIUS (1988 a und b) verschiedene Kriterien, die ein stabiles Waldökosystem kennzeichnen, herausgestellt. Das Waldökosystem muß sich danach in einem Gleichgewichtszustand befinden. Dieser Gleichgewichtszustand ist dann erreicht, wenn der Quotient aus Zuwachs und Elimination an Biomasse um einen Mittelwert oszilliert. Dazu ist es notwendig, daß sich das Waldökosystem im Klimaxstadium befindet, eine den Umweltbedingungen adäquate Artenstruktur vorhanden ist sowie eine größere Differenzierung der Bäume in verschiedene Alters- und Entwicklungsphasen gegeben ist.

Von den derzeit in Europa vorhandenen Wäldern (von wenigen Urwaldresten abgesehen), dürfte der Bergmischwald diesen Anforderungen noch am ehesten nahe kommen. Er befindet sich auf einem hohen, gegenüber einem natürlichen Waldökosystem jedoch abgesenkten Vorratsniveau, ist aus standortsgemäßen Klimaxbaumarten zusammengesetzt und hat eine weite Alters- und Durchmesserspanne. Dieses naturnahe Ökosystem ist demnach für die Überprüfung von Stabilitätsüberlegungen hervorragend geeignet.

Die Stabilität eines Systems wird im allgemeinen über seine Reaktion auf bestimmte Einwirkungen (Störungen) beschrieben. Dabei wird unterschieden zwischen der Fähigkeit des Systems bei außergewöhnlichen Belastungen im Gleichgewichtszustand zu verharren (Widerstandsfähigkeit im Streßbereich) und der Fähigkeit nach verlorenem Gleichgewichtszustand diesen wiederherzustellen (Regenerationsfähigkeit). Als außergewöhnliche Belastungen können im Bergmischwald die waldbaulichen Hiebe, die aufgetretenen Stürme und der hohe Verbißdruck angesehen werden.

Die Widerstandsfähigkeit des Systems konnte sich gegenüber den Einwirkungen von Stürmen und Wildverbiß unter Beweis stellen (nicht jedoch gegenüber den waldbaulichen Eingriffen). Stürme, insbesondere Föhnstürme sind im Gebirge nichts außergewöhnliches; von daher war zu erwarten, daß sich die naturnahen Bergwälder auf diesen seit langer Zeit wirksamen Umweltfaktor eingestellt hatten. In der Tat wurden in den geschlossenen Altbeständen nirgends Sturmwürfe beobachtet. Probleme mit Sturmwürfen gab es nur dort, wo waldbauliche Eingriffe an das Stützgefüge der Bestände rührten (Entnahme von Bäumen aus der Oberschicht). Dies zeigt, daß nicht nur naturferne Kunstforsten, sondern auch naturnahe Bergmischwälder durch waldbauliche Eingriffe in ihrer Stabilität beeinträchtigt werden können.

Gegenüber dem Verbißdruck erwies sich das System als nicht widerstandsfähig. Überall - auch unter dem Schirm intakter Bergmischwälder, dort wo die Lichtverhältnisse ein bescheidenes Höhenwachstum der Naturverjüngungspflanzen zulassen - ist selbst in sehr langen Zeiträumen ein Aufwachsen der Bergmischwaldverjüngung infolge des Wildverbisses nicht möglich.

Die Regenerationsfähigkeit des Systems konnte sich gegenüber den außergewöhnlichen Belastungen durch waldbauliche Hiebe, Stürme und Wildverbiß beweisen. In Abb. 39 sind die Reaktionen des Ökosystems Bergmischwald auf diese Einwirkungen dargestellt. Der unbehandelte Bestand auf Parzelle 1.0 befindet sich zumindest annäherungsweise im Fließgleichgewicht und kann damit als Maßstab für die Entwicklung auf den übrigen Parzellen verwendet werden.

auf- und abbauende Prozesse gleichen sich im dichten Bestand weit-

gehend aus (auf lange Sicht würde selbstverständlich die leicht ansteigende Tendenz zu einem höheren Vorrat führen). Die Schirmhiebe haben das Vorratsniveau deutlich abgesenkt. Während nun aber die Bestände auf den Parzellen 1.1 und 1.2 ihre Regenerationsfähigkeit unter Beweis stellen, indem sie das ursprüngliche Vorratsniveau wieder zu erreichen versuchen, verharrt der Bestand auf Parzelle 3.2 auf seinem niedrigen Niveau. Dies ist darauf zurückzuführen, daß der sehr starke waldbauliche Eingriff das Stützgefüge des Bestandes getroffen hat und in der Folge Sturmwürfe den Zuwachs egalisiert haben. Selbst wenn man annimmt, daß keine weiteren Sturmwürfe mehr auftreten und ein Zusammenbruch des Bestandes auf Parzelle 3.2 nicht zu befürchten ist, wird man den Eingriff auf dieser Parz. doch als stärker stabilitätsmindernd einstufen müssen als etwa die Eingriffe auf den Parzellen 1.1 und 1.2. Sehr starke Eingriffe bergen demnach das Risiko in sich, daß es zu Sturmwürfen und im Extremfall zum Zusammenbruch des Ökosystems kommt; danach sind sehr lange Zeiträume erforderlich bis sich das Ökosystem wieder regeneriert hat.

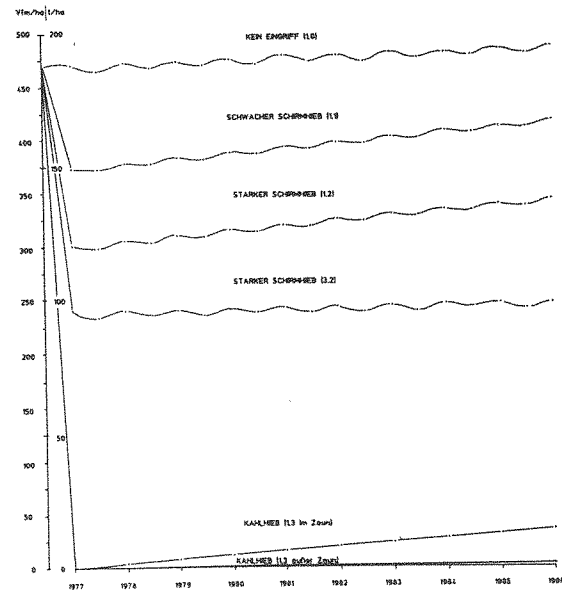


Abb. 39. Die Akkumulation von Baumholz nach verschiedenen starken waldbaulichen Eingriffen im Bergmischwald (Angaben pro ha Kronfläche; Umrechnungsfaktoren s. Tab. 4; Mittelwerte aus Tab. 42 und Tab. 13.)

Derzeit ist zudem zu befürchten, daß eine Regeneration nach völligem Zusammenbruch nicht mehr möglich ist. Dies zeigt die Entwicklung auf der Kahlhiebparzelle außer Zaun. Der Kahlhieb verursachte die schwerste Störung des Ökosystems; die Auf- und Abbauprozesse wurden dadurch entkoppelt. Außer Zaun findet nun infolge des starken Verbisses der Naturverjüngungspflanzen keine Regeneration mehr statt. Nur bei Verminderung des Verbißdruckes ist das System in der Lage sich zu erholen und auf lange Sicht einen neuen Bergmischwald aufzubauen. Außer Zaun entsteht ein Wald, der auf den neuen Umweltfaktor Wild abgestimmt ist. Dieser Waldtyp entspricht jedoch nicht mehr der ursprünglichen Klimaxgesellschaft; er ist arten- und strukturärmer. Damit fehlen ihm viele der ursprünglichen stark vernetzten Rückkoppelungsmechanismen (s. THOMASIUS, 1988 b). Dadurch ist er letztendlich weniger stabil und anfälliger gegenüber Schadeinwirkungen.

Sukzession

Störungen im Ökosystem bieten verschiedenen Pflanzen Entfaltungsmöglichkeiten. Dabei kommt es vielfach zu einer charakteristischen zeitlich Abfolge von Pflanzengesellschaften; so schafft z.B. eine extreme Störung wie der Kahlhieb die Voraussetzungen für eine sekundäre Sukzession.

Im Bergmischwaldprojekt war auf allen Parzellen innerhalb der Zäune zu beobachten, daß das Ökosystem Bergmischwald bei jeglicher Störung das Bestreben hat, möglichst rasch in den Ausgangszustand zurückzukehren. Dies geht schon aus der enormen Verjüngungsbereitschaft der Altbestände (s. Kap. 6) hervor. Eine nur leichte Auflichtung - sei sie natürlich oder durch einen schwachen Schirmhieb herbeigeführt - ermöglicht einer Vielzahl von Naturverjüngungspflanzen das Überleben. Gleichzeitig wird einer mannigfaltigen Bodenvegetation Raum zur Entwicklung geboten, wobei eine übermächtige, die Naturverjüngung gefährdende Ausbreitung durch die Überschirmung verhindert wird. Schreitet die Auflichtung dann voran, erhalten die Naturverjüngungspflanzen soviel Licht, daß sie nicht nur überleben, sondern auch in die Höhe wachsen können. In diesem Stadium erhält auch die Fichte eine größere Chance sich zu etablieren und sich an einem künftigen Bergmischwald zu beteiligen.

Es deutet jedoch einiges darauf hin, daß dort, wo viele Mischbaumarten (v.a. Eibe) zum Zeitpunkt einer stärkeren Schlußdurchbrechung bereits am Boden vorhanden sind, die natürliche Entwicklung hin zu fichtenärmeren Bergmischwäldern verläuft. Allenfalls im Flysch, wo derzeit nur wenige Mischbaumarten im Altbestand vertreten sind oder aber auf größeren, verjüngungsfreien Kahlflächen im Kalkalpin, auf denen sich kurz nach der Entstehung Fichten ansamen, können größere Fichtenkomplexe entstehen.

Es zeigt sich also, daß nahezu alle denkbaren Entwicklungen im Bergmischwald auf direktem Wege wieder zum Bergmischwald führen; selbst auf Kahlflächen ist das Durchlaufen eines Vorwaldstadiums infolge des frühzeitigen Auftretens der Klimaxbaumarten praktisch ausgeschlossen.

Die überall vorgefundenen guten Keimbedingungen für Naturverjüngungspflanzen machen auch deutlich, daß eine Bodenbearbeitung nicht notwendig ist, um die Sukzession in Richtung Bergmischwaldverjüngung voranzutreiben. Durch die Pflanzung von Bergmischwaldarten kann jedoch die Entwicklung z.T. ganz erheblich beschleunigt werden.

Außerhalb der Zäune ist die Erhaltung des Bergmischwaldes überall in Gefahr. Der stark selektiv wirkende Verbiß bringt eine ganze Reihe von Baumarten um die Chance am künftigen Bestand beteiligt zu sein, wie z.B. die Eibe, die Tanne, den Ahorn, die Ulme, die Esche, die Mehlbeere und die Vogelbeere. Bergmischwälder werden demnach abgelöst durch Wälder, in denen weniger verbißempfindliche Baumarten dominieren.

10. DIE BEWERTUNG DES FORSCHUNGSPROJEKTES BERGMISCHWALD

Die ökologisch ausgerichtete Betrachtungsweise im Forschungsprojekt Bergmischwald hat zu einigen Erkenntnissen von allgemeiner Bedeutung geführt. Altes forstliches Wissen konnte bestätigt, neues ökologisches Wissen hinzugewonnen und zukünftiges Wissen vorbereitet werden.

Das alte forstliche Wissen, das in den empirisch hergeleiteten Waldbauverfahren steckt, konnte im Bergmischwaldprojekt wissenschaftlich untermauert werden. So finden die im Femelschlag enthaltenen Ideen Karl GAYERS (1898) ihre Bestätigung in den Versuchsergebnissen (s. hierzu auch MOSANDL, 1984). Auch die von Arnold ENGLER (1900) für die Naturverjüngung aufgestellten waldbau-technischen Grundsätze, wie z.B. der folgende, können nach 10-jährigen Untersuchungen unterstrichen werden:

" Wesentlich ist, daß der Übergang vom strengen Schlusse zur Lichtstellung sich allmählich und nicht sprunghaft vollzieht und daß der Kronenschirm erst nach erfolgter Besamung eine stärkere, andauernde Unterbrechung erfährt." (Hervorhebung durch ENGLER, der Verf.).

Auch die an ENGLER anknüpfenden Vorstellungen von LEIBUNDGUT (1981) zur Verjüngung aus der Pflege heraus lassen sich mit den Versuchsergebnissen gut in Einklang bringen.

Mit Hilfe der im Bergmischwaldprojekt erhobenen Zahlen kann also empirisches Wissen über waldbauliche Verjüngungsverfahren auf seinen Wahrheitsgehalt hin überprüft werden. Eine vergleichbare Möglichkeit eröffnet bislang nur das von KENK (1988) zusammengestellte Zahlenmaterial eines von 1927 bis 1983 im Nordschwarzwald beobachteten Versuchs zur natürlichen Verjüngung eines Kiefern-Tannen-Bestandes mittels Schirmkeilschlag nach EBERHARD.

Beide Versuche, sowohl der im Nordschwarzwald als auch der im Bergmischwald tragen damit zu einem besseren Verständnis der waldbaulichen Verjüngungsverfahren bei, machen Fehlschläge der Verfahren erklärbar und lassen eine Trennung der in ihnen enthaltenen waldbau-

lichen Ideen von den daraus entstandenen waldbaulichen Ideologien zu.

Darüber hinaus wurde im Forschungsprojekt Bergmischwald auch neues ökologisches Wissen hinzugewonnen. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit ermöglichte es einige Vernetzungen im Ökosystem Bergmischwald aufzuzeigen (s. Abb. 1), wie z.B. die Auswirkung der Buchenmast auf die Mäusepopulation (BÄUMLER und HOHENADL, 1980) oder die Rolle der Pilze im Verjüngungsgeschehen (MOSANDL und AAS, 1986). Auch konnte die Auswirkung der Überschirmung auf die mikroklimatischen Verhältnisse und deren zentrale Bedeutung für die gesamte Dynamik im Bergmischwald herausgearbeitet werden.

Daneben gelang es zumindest ansatzweise die oberirdischen Biomasseflüsse zu quantifizieren (s. Tab. 43). Auch wurde deutlich, daß von allen stabilitätsmindernden Faktoren (Sturm, starke waldbauliche Eingriffe bis hin zum Kahlhieb, Wildverbiß und neuartige Waldschäden) derzeit nur ein einziger Faktor in der Lage ist die Existenz des Ökosystems Bergmischwald in Frage zu stellen, nämlich der Wildverbiß.

All diese Erkenntnisse geben nun zwar wesentliche Eigenschaften und Entwicklungstendenzen des Ökosystems Bergmischwald wieder, doch bleibt das entworfene Bild verglichen mit dem tatsächlichen Ökosystem eigenartig starr. Dies mag daran liegen, daß das Ökosystem nur sehr unvollständig erfaßt wurde. Hier ist allerdings zu bedenken, daß bereits dieser grobe Ansatz (der sich zudem nur auf einige wenige Vorläufer stützen konnte, wie z.B. die richtungsweisende Arbeit von OTT, 1966) an die Grenzen von Mensch und Maschine (Großrechner) stieß. Auf jeden Fall wird diesem zwar groben, dafür aber auf einem breiten Datenmaterial basierendem Bild der Vorzug gegeben gegenüber einem eleganten, dafür aber wenig aussagefähigen Computer-Simulationsmodell (s. hierzu auch ELLENBERG et al., 1986). Daß derartige Modelle keinesfalls bessere Ergebnisse liefern können, kommt in den deutlichen Worten von Joseph WEIZENBAUM (1978) zum Ausdruck: "Die Arbeit mit Computermodellen gleicht ... der Polaroidphotographie: es ist sehr schwer, die Überzeugung aufrechtzuerhalten, man habe eine großartige Photographie gemacht, wenn man das Gegenbeispiel in Händen hält."

Auch zukünftige ökologische Studien in Waldökosystemen werden von den Erkenntnissen im Forschungsprojekt Bergmischwald profitieren können, denn sie werden ebenfalls mit Dauerversuchsflächen und langen Beobachtungszeiträumen arbeiten müssen. Nur so ist es nämlich möglich, verlässliche Aussagen über langfristige Prozesse in Wäldern zu bekommen. Bestehende Versuchsflächen wie die im Bergmischwald, sollten demnach noch möglichst lange unter Beobachtung bleiben.

In neuen Waldökosystemprojekten sollte die waldbauliche Komponente stärker als bisher berücksichtigt werden. Wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden konnte, sind alle ökologischen Kriterien wie Produktivität, Stabilität und Sukzession ganz entscheidend durch die waldbaulichen Eingriffe geprägt und damit steuerbar. Eine geschickte Nutzung der Selbstregulationsmechanismen der Natur (der "gratis wirkenden Naturkräfte" wie sie THOMASIUS, 1988 a nennt) erlaubt die Erhaltung eines Ökosystems. Dazu bedarf es allerdings einer Betrachtung, die nicht eine statische Konservierung, sondern eine dynamische Erneuerung des Ökosystems vor Augen hat. Hier sind die Forstleute aufgerufen ihr großes Wissen über die Nachhaltigkeit von Wäldern in die Ökosystemforschung einzubringen.

Erst die Steuerung von Waldökosystemen mit waldbaulichen Mitteln wird vielfach das Verständnis für die Funktionsweise der Systeme eröffnen und damit auch ihre Verletzlichkeit erkennbar werden lassen. Dabei sollte nicht vergessen werden, daß letztendlich die Wissenschaft der Ökologie aus der Erkenntnis der Verletzlichkeit der Natur entstanden ist (JONAS, 1984).

11. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Untersuchung (Kap. 1) war es, die ökologischen Auswirkungen von waldbaulichen Maßnahmen zur Einleitung und Förderung der Verjüngung im Ökosystem Bergmischwald abzuschätzen; denn nur die Kenntnis dieser Auswirkungen ermöglicht einen effizienten Einsatz der waldbaulichen Mittel zur Steuerung des Ökosystems. Vier waldbauliche Steuerungsinstrumente (die Veränderung des Auflichtungsgrades, die Zäunung, die Bodenbearbeitung und die Pflanzung) sollten auf ihre Brauchbarkeit hin überprüft werden.

Dazu war im Bergmischwald der Chiemgauer Alpen eine aus 25 Versuchspartellen bestehende Versuchsanlage (Kap. 2) eingerichtet worden. 21 Versuchspartellen wurden im Herbst 1976 in den Kalkalpen im Bereich des Forstamtes Ruhpolding angelegt; weitere vier Partellen wurden im Herbst 1979 im Flyschbereich des Forstamtes Siegsdorf geschaffen. Die auf den Partellen stockenden Bergmischwaldaltbestände wurden zu Versuchsbeginn folgenden unterschiedlichen waldbaulichen Behandlungen unterzogen:

- 8 Partellen: ohne Eingriff
- 2 - " - : schwacher Schirmhieb (30% der Grundfläche wurden entnommen)
- 9 - " - : starker Schirmhieb (50 % der Grundfläche wurden entnommen)
- 4 - " - : Lochhieb (Aushieb eines kreisrunden Lochs mit 30 m Durchmesser)
- 2 - " - : Kahlhieb (100% der Grundfläche wurden entnommen)

Die Partellen standen 10 Jahre (im Kalkalpin) bzw. 7 Jahre lang (im Flysch) bis zum Herbst 1986 unter Beobachtung.

Die zu Versuchsbeginn ausgeführten Hiebe hatten auch noch in der Folgezeit Auswirkungen auf die Altbestände (Kap. 3) . So waren die Ausfälle und die Zuwächse ganz klar von der durch die waldbaulichen Eingriffe geschaffenen Ausgangslage bestimmt. Dies ermöglicht es, die Altbestandsdynamik mit waldbaulichen Mitteln zu steuern. Die Ausfälle im Altbestand können durch schwache Schirmhiebe minimiert werden. Schwache Eingriffe fördern das Überleben der wertvollen

Tannenunter- und Zwischenständer, die im dichten Bestand infolge von Konkurrenz in großer Zahl abgehen. Sie gefährden außerdem die Stabilität des Bestandes bei weitem nicht so wie starke Schirmhiebe, die hohe Ausfälle durch Sturmwurf nach sich ziehen können.

Eine weitere Möglichkeit der waldbaulichen Einflußnahme stellt die Lenkung des Zuwachses dar. In dichten Beständen verteilt sich der Zuwachs auf eine Vielzahl von Bäumen; durch eine Reduktion der Bestandeglieder kann nahezu der gleiche Zuwachs auf wesentlich weniger, dafür aber wertvollere Stämme gelenkt werden. Dies führt zu einer Wirtschaftsweise, die sich an der oberen Leistungsgrenze von Einzelbäumen orientiert, gleichzeitig aber Stabilitätsgesichtspunkte nicht außer acht läßt.

Die waldbaulichen Eingriffe in die Altbestände haben die Überschirmung teilweise ganz beträchtlich reduziert und damit einen Wandel der ökologischen Faktoren (Kap. 4) bewirkt. Nicht nur die mikroklimatischen Verhältnisse am Boden, sondern auch der Humuszustand und die Lebensbedingungen für Mäuse und Pilze wurden durch die Auflichtung entscheidend verändert.

Auswirkungen auf die Bodenvegetation (Kap. 5) hatten alle vier durchgeführten waldbaulichen Maßnahmen: Sowohl die Veränderungen des Auflichtungsgrades als auch die Bodenbearbeitung, die Zäunung und die Pflanzung nahmen Einfluß auf die Entwicklung der Bodenvegetation und damit auch auf den von der Bodenvegetation auf die Naturverjüngung ausgeübten Konkurrenzdruck. Die aus der Bodenvegetation hergeleitete pflanzensoziologische Einheit (Waldgesellschaft) konnte den Standort unabhängig vom Auflichtungsgrad des Altbestandes zuverlässig charakterisieren. Darüber hinaus war die Bodenvegetation in der Lage auch sehr feine Unterschiede im Standort und in der Überschirmung anzuzeigen. Durch eine leichte Auflichtung konnte die Artenvielfalt der Bodenvegetation ganz erheblich gesteigert werden.

Auf den Streufall (Kap. 6) haben sich eine Reihe von waldbaulich nicht steuerbaren Faktoren ausgewirkt. In erster Linie waren es Witterungseinflüsse (Hagel, Schnee), die erhöhte Streumengen zur Folge hatten. Daneben war die Streumenge jedoch ganz entscheidend

von der waldbaulichen Behandlung des Altbestandes bestimmt. In gleichem Maße wie der Überschirmungsgrad abgesenkt wurde, wurde auch die Streuproduktion reduziert. Die in der Streu enthaltenen Samen und Früchte nahmen jedoch nicht linear mit dem Überschirmungsgrad ab. Dies war darauf zurückzuführen, daß umlichtete Bäume stärker und häufiger fruktifizierten als Bäume im dichten Bestand; damit konnte in leicht aufgelichteten Beständen die geringere Anzahl an Samenträgern gegenüber den dichten Beständen kompensiert oder gar überkompensiert werden.

Erst bei starken Eingriffen in den Altbestand ging das Saatgut deutlich zurück; aber auch hier wurden in nur 10 Jahren soviel hochwertige Samen und Früchte ausgestreut, daß diese Saatgutmenge - nach den früher üblichen Vorstellungen über den Saatgutbedarf bei künstlicher Saat - ausgereicht hätte, um mehrfach einen Bergmischwald zu begründen. Es ist also auch bei stärkeren Eingriffen nicht zu befürchten, daß das Saatgut zum begrenzenden Faktor für die Naturverjüngung wird.

Im Hinblick auf ein möglichst hohes und vielfältiges Samenangebot sind in Bergmischwaldaltbeständen jedoch schwache Schirmhiebe als wesentlich vorteilhafter einzustufen.

Die Naturverjüngung (Kap. 7) reagierte sehr stark auf die getroffenen waldbaulichen Maßnahmen, auf die Veränderung des Auflichtungsgrades, auf die Bodenbearbeitung und auf die Zäunung. Die Kenntnis der Auswirkungen dieser Eingriffe versetzt den Waldbauer in die Lage die Naturverjüngungsprozesse zu steuern. Eine Bodenbearbeitung wird dabei in den seltensten Fällen erforderlich sein; auf allen Versuchsflächen waren hervorragende Ansamungsbedingungen für Naturverjüngungspflanzen gegeben. Die Bodenbearbeitung wirkte sich hier eher schädlich aus, indem sie die wertvollen älteren Naturverjüngungspflanzen sehr stark dezimierte.

Die Überschirmungsregulierung sollte so vorgenommen werden, daß die Naturverjüngungspflanzen zwei Verjüngungsphasen, eine Ansamungsphase und danach eine Lichtungsphase durchlaufen können. In der ersten Verjüngungsphase, die durch einen schwachen Schirmhieb eingeleitet werden kann, falls sie sich nicht schon natürlich eingestellt hat,

kommt es darauf an möglichst vielen Pflanzen das Überleben zu ermöglichen. In dieser Phase ist die Ansamung noch nicht durch die Bodenvegetation behindert. In erster Linie sind es Tannen, Ahorne, Buchen und sonstige Laubhölzer, die sich in diesem Stadium einstellen. Die Fichte hat hier vielfach noch Schwierigkeiten sich zu behaupten. Ein Zaunschutz wird trotz spürbaren Verbisses (auch Totverbisses) in der Regel in diesem Stadium noch nicht erforderlich sein.

Im anschließenden Lichtungsstadium, das durch eine kräftige Durchbrechung des Kronenschlusses im Altbestand herbeigeführt wird, soll den Pflanzen ein Aufwachsen ermöglicht werden; dazu ist jedoch Zaunschutz oder eine weitgehende Ausschaltung des Wildverbisses unbedingt erforderlich. Unter dieser Voraussetzung dürfte es in großen Teilen des Bergmischwaldareals möglich sein, in einem Verjüngungszeitraum von ca. 30 Jahren (10 Jahre Ansamungsstadium und 20 Jahre Lichtungsstadium) eine gesicherte Verjüngung zu erzielen.

Mit der Pflanzung (Kap. 8) ist es möglich den Versuchszeitraum noch weiter zu verkürzen. Das etwa 10jährige Ansamungsstadium, das die Naturverjüngung braucht, kann damit übersprungen werden.

Die waldbaulichen Eingriffe können hinsichtlich der **ökologischen Kriterien Produktivität, Stabilität und Sukzession (Kap. 9)** wie folgt beurteilt werden: Unter den Gesichtspunkten der Produktivität und Stabilität schneiden schwache Schirmhiebe zur Einleitung der Verjüngung am besten ab. Auch unter dem Aspekt der Sukzession erweisen sich leichte Auflichtungen als vorteilhaft. Eine Bodenbearbeitung ist nicht notwendig, um die Sukzession in Richtung Waldverjüngung voranzutreiben. Durch die Pflanzung kann sie jedoch ganz erheblich beschleunigt werden. Unbedingt notwendig ist sowohl für die Naturverjüngung als auch für die Pflanzung ein Schutz vor Wildverbiß; nur innerhalb der Zäune entsteht wieder Bergmischwald - außerhalb der Zäune entwickelt sich ein artenärmerer und damit auch instabilerer Wald, der an den Umweltfaktor Wildverbiß angepaßt ist.

In einer **Bewertung des Forschungsprojektes Bergmischwald (Kap. 10)** kommt zum Ausdruck, daß die Versuchsanlage im Bergmischwald geeignet war, altes empirisch gewonnenes Wissen zu bestätigen und neues

ökologisches Wissen hinzu zugewinnen. Auch zukünftige, ökologisch verlässliche Aussagen werden sich nur auf Dauerbeobachtungsflächen und in interdisziplinären Projekten erarbeiten lassen. Dabei müssen waldbauliche Gesichtspunkte aufgrund des überragenden Einflusses von waldbaulichen Maßnahmen auf Waldökosysteme besondere Berücksichtigung finden.

12. LITERATURVERZEICHNIS

12.1 Im Rahmen des Bergmischwaldprojektes entstandene Schriften

- AAS, G. (1984): Vorkommen und Bedeutung von Keimlingspilzen in der natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 78 S.
- BÄUMLER, W. (1981): Zur Verbreitung, Ernährung und Populationsdynamik der Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*) und der Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*) in einem Waldgebiet der Bayerischen Alpen. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 54: 49-53.
- BÄUMLER, W., HOHENADL W. (1980): Über den Einfluß alpiner Kleinsäuger auf die Verjüngung in einem Bergmischwald der Chiemgauer Alpen. Forstw. Cbl. 99: 207-221.
- BENRA, G. (1989): Der Einfluß der Waldweide auf die Bodenvegetation im Bergmischwald. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 56 S.
- BERTHOLD, J. (1980): Schnee im Bergmischwald. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 83 S.
- BINDER, F. (1982): Das Ankommen und die Entwicklung der Naturverjüngung im Bergmischwald bei dichter Bodenvegetation. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 77 S.
- BRUNNER, A. (o.J.): Die Entwicklung von gepflanzten Bäumen im Bergmischwald. Diss. Forstw. Fak. der Univ. München. (in Vorbereitung)
- BURSCHEL, P., MOSANDL, R. (1981): Nachwuchsprobleme im Bergwald [Regeneration of mountain forests poses problems]. Mitt. der Deutschen Forschungsgem. 3/81: 6-9 (Reports of the DFG 3/81: 6-9)
- BURSCHEL, P., EL KATEB, H., HUSS, J., MOSANDL, R., (1985): Die Verjüngung im Bergmischwald. Forstw. Cbl. 104: 65-100.
- EL KATEB, H. (1990): Die Biomasse von Naturverjüngungspflanzen im Bergmischwald. Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Univ. München. (in Vorbereitung)
- FEULNER, T. (1979): Der Einfluß alpiner Kleinsäuger auf die Verjüngung in einem Bergmischwald bei Ruhpolding. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München.
- FROSSE, H.-U. (1983): Untersuchungen zur künstlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. Forstl. Forschungsber. München 55: 206 S.
- HILLENBRAND, V. (1986): Wirkung unterschiedlicher Überschirmung auf Einzelbaumparameter von fünf Baumarten im Bergmischwald unter besonderer Berücksichtigung der Biomasseproduktion. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 198 S.
- HOHENADL, W. (1981): Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. Erste Ergebnisse eines Forschungsprojektes in den ostbayerischen Kalkalpen. Diss. Forstw. Fak. der Univ. München. 197 S.

- HUHN, S. (1979): Wachstumsreaktionen gepflanzter Fichten, Tannen, Buchen, Ahorne und Lärchen bei unterschiedlich starker Überschirmung und Höhenlage im Bergmischwald. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 96 S.
- KIRCHES, E. (1987): Genökologische Untersuchung an der Naturverjüngung eines Bergmischwaldes der ostbayerischen Kalkalpen. Diplomarbeit Mathematisch-Naturwiss. Fak. der Univ. Bonn. 100 S.
- KOTRU, R. (1985): Die Entwicklung der Bodenvegetation unter den verschiedenen Überschirmungsvarianten im Bergmischwald. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 73 S.
- van LAAR, A. (1980): Quantitative studies of natural regeneration in the mountain forests of Bavaria. Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Univ. München (ed.). 110 S.
- LISS, B.-M. (1988a): Versuche zur Waldweide - der Einfluß von Weidevieh und Wild auf Verjüngung, Bodenvegetation und Boden im Bergmischwald der ostbayerischen Kalkalpen. Forstl. Forschungsber. München 87: 221 S.
- LISS, B.-M. (1988b): Der Einfluß von Weidevieh und Wild auf die natürliche und künstliche Verjüngung im Bergmischwald der ostbayerischen Kalkalpen. Forstw. Cbl. 107: 14-25
- LISS, B.-M. (1988c): Verjüngungsprobleme im Bergmischwald unter dem Einfluß von Weidevieh und Vieh. Wildbiologische Gesellschaft München (ed). Mitt. aus der Wildforschung 91.
- LISS, B.-M. (1989): Die Wirkung der Weide auf den Bergwald. Ergebnisse mehrjähriger Untersuchungen. Forstl. Forschungsber. München 99: 120 S.
- LOY, S. (1989): Das Ankommen und die Entwicklung von Keimlingen der Baumarten Fichte, Tanne und Bergahorn auf durch Waldweide verdichteten Böden. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 78 S.
- MAYER, He. (1978): Mikroklimatische Verhältnisse im Bergmischwald bei verschiedenen Schlagverfahren. Schweiz. Meteor. Zentralanstalt 40: 113-116
- MAYER, He. (1979): Mikroklimatische Untersuchungen im ostbayerischen Bergmischwald. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B, 26: 247-262
- MAYER, He. (1980): Schnee im ostbayerischen Bergmischwald unter verschiedenen Überschirmungen. Proc. XVI. Kongr. Alpine Meteorologie. S. 249-254
- MAYER, He. (1981): Globalstrahlung im ostbayerischen Bergmischwald unter verschiedenen Überschirmungen. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B, 2: 283-292

- MISHRA, V.K. (1982): Genesis and classification of soils derived from Hauptdolomit (Dolomite) in Kalkalpen and effects of soil type and humus form on some features of forest natural regeneration. Diss. Forstw. Fak. der Univ. München. 165 S.
- MOSANDL, R. (1984): Löcherhiebe im Bergmischwald. Ein waldbauökologischer Beitrag zur Femelschlagverjüngung in den Chiemgauer Alpen. Forstl. Forschungsber. München 61. 317 S.
- MOSANDL, R., AAS, G. (1986): Vorkommen und Bedeutung von Keimlingspilzen im Bergmischwald der ostbayerischen Kalkalpen. Forst- und Holzwirt 41: 471-475
- MOSANDL, R., EL KATEB, H. (1988): Die Verjüngung gemischter Bergwälder. Praktische Konsequenzen aus 10 jähriger Untersuchungsarbeit. Forstw. Cbl. 107: 2-13
- SCHÖRRY, R. (1980): Bodenformen und Ansammlungserfolg im Bergmischwaldprojekt Ruhpolding. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 82 S.
- STÖLB, W. (1978): Das Vorkommen von Mäusen in einem Bergmischwald und deren Einfluß auf die Verjüngung der Haupt Holzarten. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 73.
- STRAKA, G. (1989): Entwicklung von Pflanzungen im Bergmischwald unter dem Einfluß von Wild und Weidevieh. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 114 S.
- UEBELHÖR, K. (1979): Die Reaktionen der Bodenvegetation auf unterschiedlich starke Überschirmung im Bergmischwald bei Ruhpolding. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 92 S.
- VELTSISTAS, T. (1980): Untersuchungen über die natürliche Verjüngung im Bergmischwald. Die Fruktifikation 1976/77 und 1977/78 auf Versuchsflächen im Forstamt Ruhpolding. Diss. Forstw. Fak. der Univ. München. 130 S.
- WILKE, B.M., MISHRA, V.K., REHFUESS, K.E. (1984): Clay mineralogy of a soil sequence in slope deposits derived from Hauptdolomit (Dolomite) in the Bavarian Alps. Geoderma 32: 103-116
- ZWIRGLMAIER, G. (1977): Waldbauliche Charakterisierung von Eingriffen in Altbestände des Bergmischwaldes. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 115 S.

12.2 In den Kapiteln 1 - 10 erwähnte Schriften

- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (ed.) (1989): Bericht über den Zustand der TIROLER BÖDEN 1988. Innsbruck: Amt der Tiroler Landesregierung. 198 S.
- BÄUMLER, W. (1981): Zur Verbreitung, Ernährung und Populationsdynamik der Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*) und der Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*) in einem Waldgebiet der Bayerischen Alpen. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 54: 49-53.
- BÄUMLER, W., HOHENADL W. (1980): Über den Einfluß alpiner Kleinsäuger auf die Verjüngung in einem Bergmischwald der Chiemgauer Alpen. Forstw. Cbl. 99: 207-221.
- BERNHART, A. (1988): Waldentwicklung, Verjüngung und Wildverbiß im oberbayerischen Bergwald. Schweiz. Z. Forstwes. 139: 463-484
- BERTHOLD, J. (1980): Schnee im Bergmischwald. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 83 S.
- BINDER, F. (1982): Das Ankommen und die Entwicklung der Naturverjüngung im Bergmischwald bei dichter Bodenvegetation. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 77 S.
- BORMAN, F.H., LIKENS, G.E. (1979): Pattern and process in a forested ecosystem. New York - Heidelberg - Berlin: Springer. 253 S.
- BRECHTEL, H.M. (1962): Methodische Beiträge zur Ökologie der Überschirmung und Auflichtung einschichtiger Waldbestände. Schriftenr. Landesforstverw. Baden-Württ. 14: 94 S.
- v.BÜLOW, G. (1962): Die Sudwälder von Reichenhall. Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns 33: 316 S.
- BURSCHEL, P. (1982): Der Waldbau und das Ökosystem. In: Waldwirtschaft und Naturhaushalt. Schriftenr. des Deutschen Rates für Landespflege 40: 916-925
- BURSCHEL, P., EL KATEB, H., HUSS, J., MOSANDL, R., (1985): Die Verjüngung im Bergmischwald. Forstw. Cbl. 104: 65-100.
- BURSCHEL, P., HUSS, J. (1987): Grundriß des Waldbaus. Hamburg - Berlin: Parey. 352 S.
- DENGLER, A. (1944): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Berlin: Springer. 596 S.
- DROSTE HÜLSHOFF, B. (1969): Struktur und Biomasse eines Fichtenbestandes auf Grund einer Dimensionsanalyse an oberirdischen Baumorganen. Diss. Forstw. Fak. der Univ. München. 209 S.
- EBER, W. (1972): Über das Lichtklima von Wäldern bei Göttingen und seinen Einfluß auf die Bodenvegetation. Scripta Geobotanica 3: 150 S.

- BERLE, K. (1989): Über den Einfluß des Wildverbisses auf die Mortalität von jungen Waldbäumen in der oberen Montanstufe. Schweiz. Z. Forstwes. 140: 1031-1042
- BLER, A. (1900): Wirtschaftsprincipien für die natürliche Verjüngung der Waldungen mit besonderer Berücksichtigung der verschiedenen Standortverhältnisse der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes.: 264-274, 300-310
- LENBERG, H. (1982): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. (3. Aufl.). Stuttgart: Ulmer. 989 S.
- LENBERG, H., KLÖTZLI, F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. 48. 388-930
- LENBERG, H., MAYER, R., SCHAUERMANN, J. (ed.) (1986): Ökosystemforschung. Ergebnisse des Sollingprojekts 1966-1986. Stuttgart: Ulmer. 507 S.
- LDNER, R. (1987): Wildbewirtschaftung aus wildbiologischer Sicht. In: Wildschäden und Äsungsverbesserung. Bayer. Staatsmin. für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. S. 85-91
- LER, K. (1898): Der Waldbau. (4. Aufl.) Berlin. Parey. 626 S.
- OSSE, H.-U. (1983): Untersuchungen zur künstlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. Forstl. Forschungsber. München 55: 206 S.
- ER, W. (1982): Was erwarten Naturschutz und Landschaftspflege von der Waldwirtschaft? In: Waldwirtschaft und Naturhaushalt. Schriftenr. des Deutschen Rates für Landespflege 40: 962-966
- ENADL, W. (1981): Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. Erste Ergebnisse eines Forschungsprojektes in den ostbayerischen Kalkalpen. Diss. Forstw. Fak. der Univ. München. 197 S.
- ER, W. (1981): Vergleichende Untersuchungen zur Ermittlung der Kronenschirmfläche in einem südbayerischen Stieleichen-Hainbuchen-Bestand. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 112 S.
- IS, J. (1987): Starkholz - Produktionsziel des klassischen mitteleuropäischen waldbaues? Holz-Zentralblatt 113: 1241-1243, 1376, 1378, 1406
- ERN. VEREINIGUNG FÜR SAATGUTPRÜFUNG (ed). (1976): Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. Seed Sci. u. Technol. 4: 357-409, 411-550.
- IANN, K. (1974): Höhenmessung mittels BLUME-LEISS-Höhenmesser bei variabler Entfernung zum Meßbaum. Forstw. Cbl. 93: 86-91
- IAS, H. (1984): Das Prinzip Verantwortung. Suhrkamp Taschenbuch 1085: 426 S.

- KENK, G. (1988): Der Volumen- und Wertzuwachs im Stadium der natürlichen Verjüngung eines Kiefern-Tannen-Bestandes durch den Schirmschlag in Langenbrand/Nordschwarzwald. Allg. Forst. und J. Ztg. 159: 154-164
- KNUCHEL, H. (1944): Über Bestandeskarten und Bestandesprofile. Schweiz. Z. für Forstwes. 95: 373-383.
- KOTRU, R. (1985): Die Entwicklung der Bodenvegetation unter den verschiedenen Überschirmungsvarianten im Bergmischwald. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 73 S.
- KUIPER, L.C. (1988): The structure of natural Douglas-fir forests in Western Washington and western Oregon. Agricultural University Washington Papers 88-5: 47 S.
- van LAAR, A. (1979): Biometrische Methoden in der Forstwissenschaft. Teil I und II. Forstl. Forschungsber. München 44/I+II: 702 S.
- van LAAR, A. (1980): Quantitative studies of natural regeneration in the mountain forests of Bavaria. Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Univ. München (ed.). 110 S.
- LARCHER, W. (1984): Ökologie der Pflanzen. Stuttgart: Ulmer. 403 S.
- LEIBUNDGUT, H. (1981): Die natürliche Waldverjüngung. Bern - Stuttgart: Haupt. 107 S.
- LISS, B.-M. (1988a): Versuche zur Waldweide - der Einfluß von Weidewieh und Wild auf Verjüngung, Bodenvegetation und Boden im Bergmischwald der ostbayerischen Kalkalpen. Forstl. Forschungsber. München 87: 221 S.
- LISS, B.-M. (1989): Die Wirkung der Weide auf den Bergwald. Ergebnisse mehrjähriger Untersuchungen. Forstl. Forschungsber. München 99: 120 S.
- LÖFFLER, J. (1988): Gefährden die Immissionen die Fortpflanzung unserer Wälder? Allg. Forstzeitschrift 43: 916-918
- v.LÜPKE, B. (1982): Versuche zur Einbringung von Lärche und Eiche in Buchenbestände. Schriftenr. Forstl. Fak. der Univ. Göttingen 74: 123 S.
- MAGIN, R. (1959): Struktur und Leistung mehrschichtiger Mischwälder in den bayerischen Alpen. Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns 30: 161 S.
- MAYER, H. (1963): Tannenreiche Wälder am Nordabfall der mittleren Ostalpen. München - Basel - Wien: BLV. 259 S.
- MAYER, H. (1974): Wälder des Ostalpenraumes. Stuttgart: Fischer. 344 S
- MAYER, He. (1979): Mikroklimatische Untersuchungen im ostbayerischen Bergmischwald. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B, 26: 247-262

- AYER, He. (1981): Globalstrahlung im ostbayerischen Bergmischwald unter verschiedenen Übershirmungen. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B, 2: 283-292
- ITSCHERLICH, G., KÜNSTLE, E., LANG, W. (1967): Ein Beitrag zur Frage der Beleuchtungsstärke im Bestande. Allg. Forst- und J. Ztg. 138: 213-223.
- OSANDL, R. (1984): Löcherhiebe im Bergmischwald. Ein waldbauökologischer Beitrag zur Femelschlagverjüngung in den Chiemgauer Alpen. Forstl. Forschungsber. München 61. 317 S.
- OSANDL, R., AAS, G. (1986): Vorkommen und Bedeutung von Keimlingspilzen im Bergmischwald der ostbayerischen Kalkalpen. Forst- und Holzwirt 41: 471-475
- OSANDL, R., EL KATEB, H. (1988): Die Verjüngung gemischter Bergwälder. Praktische Konsequenzen aus 10 jähriger Untersuchungsarbeit. Forstw. Cbl. 107: 2-13
- TT, E. (1966): Über den Einfluß der Durchforstung auf ökologische Faktoren. Diss. ETH Zürich. 96 S.
- ITTERLE, A. (1988): Waldbauliche Analyse und Behandlungsmaßnahmen von anthropogen beeinflussten subalpinen Fichten- sowie Lärchen - Zirbenwäldern im Villgratental/Osttirol. Diss. Univ. für Bodenkultur Wien. 225 S.
- REUHSLE, T. (1979): Extragskundliche Merkmale oberbayerischer Bergmischwald - Verjüngungsbestände auf kalkalpinen Standorten im Forstamt Kreuth. Forstl. Forschungsber. München 45: 372 S.
- REUHSLE, T. (1989): Die Entwicklung von Oberstand und Naturverjüngung in Bergmischwald - Verjüngungsbeständen des Forstamtes Kreuth. Centralbl. für das ges. Forstwesen 106: 23-54
- EININGER, H. (1987): Zielstärken - Nutzung. Wien: Österreichischer Agrarverlag. 163 S.
- ÖHLE, H. (1982): Struktur und Wachstum von Stieleichen-Mischbeständen auf grundwasserbeeinflussten Standorten in den Auwaldgebieten Südbayerns. Forstl. Forschungsber. München 51: 178 S.
- OHMEDER, E. (1972): Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Hamburg - Berlin: Parey. 273 S.
- SAS INSTITUTE INC. (1985): SAS User's Guide: Basics + Statistics. Version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- CHÖRRY, R. (1980): Bodenformen und Ansamungserfolg im Bergmischwaldprojekt Ruhpolding. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 82 S.
- FUMPF, C. (1870): Anleitung zum Waldbau. Berlin: Parey. 398 S.

- THOMASIUS, H. (1988a): Sukzession, Produktivität und Stabilität natürlicher und künstlicher Waldökosysteme. Arch. Nat.schutz Landsch.forsch. 28: 3-21.
- THOMASIUS, H. (1988b): Stabilität natürlicher und künstlicher Waldökosysteme sowie deren Beeinflußbarkeit durch forstwirtschaftliche Maßnahmen. Allg. Forstzeitschrift: 1037-1043, 1064-1068.
- UEBELHÖR, K. (1979): Die Reaktionen der Bodenvegetation auf unterschiedlich starke Übershirmung im Bergmischwald bei Ruhpolding. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 92 S.
- VELTSISTAS, T. (1980): Untersuchungen über die natürliche Verjüngung im Bergmischwald. Die Fruktifikation 1976/77 und 1977/78 auf Versuchsflächen im Forstamt Ruhpolding. Diss. Forstw. Fak. der Univ. München. 130 S.
- WEIZENBAUM, J. (1978): Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 274. 369 S.
- ZWIRGLMAIER, G. (1977): Waldbauliche Charakterisierung von Eingriffen in Altbestände des Bergmischwaldes. Diplomarbeit Forstw. Fak. der Univ. München. 115 S.

. VERZEICHNIS DER TABELLEN UND ABBILDUNGEN	
BELLEN	Seite
b. 1: Kurzbeschreibung der 11 Versuchsflächen und 25 Versuchspartellen des Bergmischwaldversuchs	6
b. 2: Die für die Auswertung des Altbestandes verwendeten EDV - Programme	13
b. 3: Der Überschirmungsgrad der 25 Versuchspartellen zu verschiedenen Aufnahmezeitpunkten	19
b. 4: Die Höhen der Oberschichtbäume auf 23 Versuchspartellen zu den beiden Aufnahmezeitpunkten (1976/79 und 1986)	27
b. 5: Die Entwicklung der Stammzahlen (N/ha) auf den 25 Versuchspartellen im Versuchszeitraum	32
b. 6: Die Entwicklung der Stammzahlen auf ausgewählten Versuchspartellen im Versuchszeitraum, aufgeschlüsselt nach drei Höhenschichten	34
b. 7: Mittlerer Brusthöhendurchmesser zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende sowie mittlerer jährlicher Durchmesserzuwachs von Bäumen der Oberschicht auf den 23 Versuchspartellen	37
b. 8: Die in den Regressionsanalysen verwendeten Variablen	43
b. 9a: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Durchmesserzuwachses (id) auf 23 Versuchspartellen (ohne Kronenvariablen)	44
b. 9b: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Durchmesserzuwachses auf acht Partellen des Hauptversuchs (mit Kronenvariablen)	44
b. 10: Die Entwicklung der Grundflächen (qm/ha) auf den 25 Versuchspartellen im Versuchszeitraum	48
b. 11: Die Bestandesgrundflächenzuwächse im Versuchszeitraum	50
b. 12a: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Grundflächenzuwachses (ig) auf 23 Versuchspartellen (ohne Kronenvariablen)	51
b. 12b: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Grundflächenzuwachses auf acht Partellen des Hauptversuchs (mit Kronenvariablen)	51
b. 13: Die Entwicklung des Vorrats (Vfm/ha) auf den 25 Versuchspartellen im Versuchszeitraum	55

Tab. 14: Der jährliche Volumenzuwachs in der Ober-, Mittel- und Unterschicht	61
Tab. 15a: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Volumenzuwachses (iv) auf 23 Versuchspartellen (ohne Kronenvariablen)	63
Tab. 15b: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Volumenzuwachses auf acht Partellen des Hauptversuchs (mit Kronenvariablen)	63
Tab. 16: H/D-Werte von Fichten, Tannen und Buchen in der Oberschicht von 23 Versuchsbeständen zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende	72
Tab. 17: Die Blattverlustprozente von Bäumen der Ober-, Mittel- und Unterschicht auf 23 Versuchspartellen	74
Tab. 18: Die mikroklimatischen Verhältnisse im Bergmischwald nach unterschiedlicher waldbaulicher Behandlung	81
Tab. 19: Die relativen Beleuchtungsstärken auf den 25 Versuchspartellen zu verschiedenen Aufnahmezeitpunkten	85
Tab. 20: Der Flächenanteil (%) der Humusformen Mull und Moder auf den verschiedenen überschirmten Versuchspartellen vier Jahre nach dem Eingriff	88
Tab. 21: Mittlere Reaktionszahlen nach ELLENBERG auf der Hauptversuchsfläche	99
Tab. 22: Die Artenzahlen der Bodenvegetation pro qm zu Versuchsende 1986 auf der Hauptversuchsfläche	102
Tab. 23: Die Entwicklung der Bodenvegetation (Bedeckungsprozente) im Versuchszeitraum auf den 25 Versuchspartellen	103
Tab. 24: Die Bedeckungsgrade der Bodenvegetation im Herbst 1986 auf der Hauptversuchsfläche getrennt nach Naturverjüngung und übriger Bodenvegetation	106
Tab. 25: Die Biomasse (Trockengewicht kg/ha) der Bodenvegetation (ohne Naturverjüngung) im Herbst 1986 auf der Hauptversuchsfläche	108
Tab. 26a: Die Streuproduktion (ohne Samen und Früchte) auf ausgewählten Versuchspartellen im Versuchszeitraum	120
Tab. 26b: Die Samen- und Früchteproduktion auf ausgewählten Versuchspartellen im Versuchszeitraum	120
Tab. 27: Die Zusammensetzung der Streu auf ausgewählten Versuchspartellen (Trockengewicht kg/ha)	124

Tab.28a: Das Gewicht der Fichtensamen (Trockengewicht kg/ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchspartzellen	128
Tab.28b: Die Anzahl der Fichtensamen (Tsd./ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchspartzellen	128
Tab.29a: Das Gewicht der Tannensamen (Trockengewicht kg/ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchspartzellen	137
Tab.29b: Die Anzahl der Tannensamen (Tsd./ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchspartzellen	137
Tab.30a: Das Gewicht der Bucheckern (Trockengewicht kg/ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchspartzellen	144
Tab.30b: Die Anzahl der Bucheckern (Tsd./ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchspartzellen	144
Tab.31a: Das Gewicht der Ahornfrüchte (Trockengewicht kg/ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchspartzellen	148
Tab.31b: Die Anzahl der Ahornfrüchte (Tsd./ha) in verschiedenen Jahren auf ausgewählten Versuchspartzellen	148
Tab. 32: Die Auswirkungen der waldbaulichen Eingriffe auf den Streufall	154
Tab. 33: Der Verlauf des Verjüngungsprozesses auf unterschiedlich überschrümtten Partzellen im Versuchszeitraum, dargestellt an ausgewählten Keimjährgängen der Baumarten Fichte, Tanne, Buche, Ahorn	159
Tab. 34: Zugänge an Naturverjüngungspflanzen (Tsd./ha) im Versuchszeitraum auf ausgewählten Versuchspartzellen	165
Tab. 35: Die Dichte der Naturverjüngung (Tsd./ha) zu Versuchsende auf ausgewählten Versuchspartzellen	169
Tab. 36: Die Dichte der Naturverjüngungspflanzen (Tsd./ha) auf den 25 Versuchspartzellen im und außer Zaun zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende	175
Tab. 37: Die Überlebensprozente der Naturverjüngungspflanzen (ausgewählter Keimjährgänge) im Herbst 1986 innerhalb und außerhalb des Zauns auf verschiedenen überschrümtten Versuchspartzellen	180
Tab. 38: Verbißschäden an der Naturverjüngung (Anteil geschädigter Pflanzen) auf ausgewählten Versuchspartzellen	185
Tab. 39: Die Höhe (cm) von Naturverjüngungspflanzen ausgewählter Keimjährgänge auf allen Versuchspartzellen im Herbst 1986	189

Tab. 40: Die durchschnittliche Spitzenhöhe (cm) der Naturverjüngungspflanzen auf den 25 Versuchspartzellen im und außer Zaun zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende	191
Tab.41a: Die Gesamtbiomasse (Trockengewicht kg/ha) der Naturverjüngungspflanzen auf verschiedenen überschrümtten und unterschiedlich behandelten Partzellen im Herbst 1986	194
Tab.41b: Die Zusammensetzung der Gesamtbiomasse (Trockengewicht kg/ha) nach Kompartimenten der Naturverjüngungspflanzen auf verschiedenen überschrümtten Partzellen im Herbst 1986	194
Tab.41c: Die Zusammensetzung der Gesamtbiomasse (Trockengewicht kg/ha) nach Baumarten in der Naturverjüngung auf verschiedenen überschrümtten Partzellen im Zaun im Herbst 1986	194
Tab.41d: Die Zusammensetzung der Gesamtbiomasse (Trockengewicht kg/ha) nach Baumarten in der Naturverjüngung auf verschiedenen überschrümtten Partzellen außer Zaun im Herbst 1986	194
Tab. 42: Die mittleren Höhen (cm) der gepflanzten Baumarten auf den 25 Versuchspartzellen im Herbst 1986	206
Tab. 43: Oberirdische Biomasseflüsse im Ökosystem Bergmischwald (kg/ha und a)	209
Tab.44a: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Durchmesserzuwachses auf 23 Versuchspartzellen (ohne Kronenvariablen)	239
Tab.44b: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Durchmesserzuwachses auf acht Partzellen des Hauptversuchs (mit Kronenvariablen)	239
Tab.45a: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Grundflächenzuwachses auf 23 Versuchspartzellen (ohne Kronenvariablen)	240
Tab.45b: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Grundflächenzuwachses auf acht Partzellen des Hauptversuchs (mit Kronenvariablen)	240
Tab.46a: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Volumenzuwachses auf 23 Versuchspartzellen (ohne Kronenvariablen)	241
Tab.46b: Die besten 1-4 Variablenmodelle zur Beschreibung des jährlichen Volumenzuwachses auf acht Partzellen des Hauptversuchs (mit Kronenvariablen)	241
Tab. 47: Die Vegetationsaufnahme im Sommer 1986	242

BBILDUNGEN

	Seite
bb. 1: Das Ökosystem Bergmischwald	3
bb. 2: Die geographische Lage der 11 Versuchsflächen	5
bb. 3: Die Anordnung der 10 Versuchspartzen auf der Hauptversuchsfläche	7
bb. 4: Die Versuchsanordnung auf der Kernfläche der Partzen: Kontrolle, schwacher und starker Schirmhieb, Kahlhieb	8
ob. 5: Die Versuchsanordnung auf der Kernfläche der Lochhiebpartzen	8
ob. 6: Alter (in Stockhöhe) und Brusthöhendurchmesser von Bäumen auf vier Versuchspartzen	16
ob. 7: Die Altersverteilung auf der Hauptversuchsfläche	18
ob. 8a: Kronenkarte der Partzele 1.0 (kein Eingriff)	21
ob. 8b: Kronenkarte der Partzele 2.0 (kein Eingriff)	21
ob. 8c: Kronenkarte der Partzele 1.1 (schwacher Schirmhieb)	22
ob. 8d: Kronenkarte der Partzele 2.1 (schwacher Schirmhieb)	22
ob. 8e: Kronenkarte der Partzele 1.2 (starker Schirmhieb)	23
ob. 8f: Kronenkarte der Partzele 2.2 (starker Schirmhieb)	23
ob. 8g: Kronenkarte der Partzele 1.4 (Lochhieb)	24
ob. 8h: Kronenkarte der Partzele 2.4 (Lochhieb)	24
ob. 9a: Bestandesaufrisse der Versuchspartzen am Unterhang der Hauptversuchsfläche	29
ob. 9b: Bestandesaufrisse der Versuchspartzen am Oberhang der Hauptversuchsfläche	30
ob. 10: Anzahl im Versuchszeitraum ausgeschiedener Bäume in Abhängigkeit von der Ausgangsbaumzahl	33
ob. 11: Die Durchmesserverteilung auf der Partzele schwacher Schirmhieb (1.1) zu Versuchsbeginn 1976	36
ob. 12: Der Durchmesserzuwachs auf der Hauptversuchsfläche	46
ob. 13: Der Grundflächenzuwachs auf der Hauptversuchsfläche	53
ob. 14: Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit vom Ausgangsvorrat	56

Abb. 15: Der Vorrat des ausgeschiedenen Bestandes (oben) und die Zunahme des Vorrates (unten) in Abhängigkeit vom Ausgangsvorrat	58
Abb. 16: Der Volumenzuwachs auf der Hauptversuchsfläche	65
Abb. 17a: Laufender jährlicher Zuwachs der Fichte	67
Abb. 17b: Laufender jährlicher Zuwachs der Tanne	68
Abb. 17c: Laufender jährlicher Zuwachs der Buche	69
Abb. 17d: Laufender jährlicher Zuwachs des Ahorns	70
Abb. 18: Der Zusammenhang zwischen der relativen Beleuchtungsstärke und dem Überschirmungsgrad	83
Abb. 19: Die Abhängigkeit der Mäusedichte vom Auflichtungsgrad des Waldes	89
Abb. 20: Durch Pilze verursachte Ausfälle an Keimlingen auf einer dicht und einer locker überschirmten Partzele	90
Abb. 21: Ökogramm der Waldgesellschaften auf den 25 Versuchspartzen	95
Abb. 22: Die Sukzession einiger dominierender Pflanzenarten auf der Kahlhiebpartzele 1.3	100
Abb. 23: Die Artenzahl in der Krautschicht (ohne Bäume und Sträucher) auf den 25 Versuchspartzen zu verschiedenen Aufnahmezeitpunkten	101
Abb. 24: Die Streuproduktion auf der Hauptversuchsfläche in Abhängigkeit von der Überschirmung (x_2) und der im dichten Bestand (Partz. 1.0) gefallenen Streumenge (x_1)	121
Abb. 25: Die Produktion an Fichtensamen (Tsd./ha) pro qm Fichtenaltbestandsgrundfläche in Abhängigkeit vom Beschirmungsgrad	130
Abb. 26: Zusammenhang zwischen dem Vollkornanteil und dem Tausendkorngewicht von Fichtensamen	135
Abb. 27: Zusammenhang zwischen dem Vollkornanteil und dem Tausendkorngewicht von Tannensamen	142
Abb. 28: Zusammenhang zwischen dem Vollkornanteil und dem Tausendkorngewicht von Bucheckern	146
Abb. 29: Zusammenhang zwischen dem Vollkornanteil und dem Tausendkorngewicht der Ahornfrüchte	151
Abb. 30: Die Überlebensraten auf unterschiedlich überschirmten Partzen im Versuchszeitraum, dargestellt an ausgewählten Keimjährgängen der Baumarten Fichte, Tanne, Buche und Ahorn	161

VERSUCHSPARZELLE	Die Zeigerwerte der Bodenpflanzen nach ELLENBERG (1982).																									
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2	7.2	8.4	9.4	10.0	10.2	11.0	11.2	
ÜBERSCHNITTSGRAD 1986	68	56	49	0	75	76	60	39	0	83	80	42	80	43	80	45	86	51	51	60	54	83	54	87	58	
<i>Nedera helix</i>																										
<i>Hepatica nobilis</i>																										
<i>Hieracium sponcyllum</i>																										
<i>Hieracium pilosella</i>																										
<i>Hieracium pilosella</i>																										
<i>Homogyne alpina</i>																										
<i>Hypericum hirsutum</i>																										
<i>Hypericum montanum</i>																										
<i>Hypericum perforatum</i>																										
<i>Xanthoxylum sylvaticum</i>																										
<i>Lasium paludosum</i>																										
<i>Lamium spec.</i>																										
<i>Lathyrus pratensis</i>																										
<i>Lilium martagon</i>																										
<i>Linaria vulgaris</i>																										
<i>Linum catharticum</i>																										
<i>Listera ovata</i>																										
<i>Luzula sibirica</i>																										
<i>Lythrum salicaria</i>																										
<i>Maianthemum bifolium</i>																										
<i>Melampyrum pratense</i>																										
<i>Melandrium rubrum</i>																										
<i>Mentha aquatica</i>																										
<i>Mercurialis perennis</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										
<i>Myrica sibirica</i>																										

VERSUCHSPARZELLE	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2	7.2	8.4	9.4	10.0	10.2	11.0	11.2	Die Zeigerwerte der Bodenpflanzen nach ELLENBERG (1982).	
	68	56	49	0	75	76	60	39	0	85	80	42	80	43	80	45	86	51	51	60	54	85	54	87	58		
<i>Poa nemoralis</i>	r	+	+	+2	+	+	+	r.2		r																5	
<i>Sesleria veris</i>																										7	
FARNARTEN																											
<i>Asplenium trichomanes</i>								r.1		r																5	
<i>Asplenium viride</i>																										3	
<i>Athyrium distentifolium</i>																										3	
<i>Athyrium filix-femina</i>	r	r	+	+1	+			+1		+	r															5	
<i>Adiantum spicatum</i>																										2	
<i>Adiantum species</i>																										3	
<i>Dryopteris filix mas</i>	r	+	+		r			r.1		+	r	1.1														3	
<i>Dryopteris filix mas</i>																										3	
<i>Equisetum palustre</i>																										3	
<i>Equisetum silvaticum</i>																										3	
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>																										3	
<i>Gymnocarpium robertianum</i>																										7	
<i>Polypodium vulgare</i>																										2	
<i>Polypodium vulgare</i>																										3	
<i>Polypodium vulgare</i>																										3	
<i>Polystichum leucophaea</i>																										3	
<i>Thelypteris limbosperma</i>																										3	
<i>Thelypteris phegopteris</i>																										2	
MOOSSARTEN																											
<i>Atrichum undulatum</i>																										4	
<i>Atrichum undulatum</i>																										4	
<i>Ctenidium willdenowii</i>																										3	
<i>Ctenidium willdenowii</i>																										3	
<i>Dicranella heteromalla</i>																										3	
<i>Dicranella heteromalla</i>																										3	
<i>Dicranodontium denudatum</i>																										3	
<i>Dicranum scoparium</i>																										3	
<i>Fissidens taxifolius</i>																										3	
<i>Fissidens taxifolius</i>																										3	
<i>Hookeria lucens</i>																										3	
<i>Hookeria lucens</i>																										3	
<i>Lycopodium obscurum</i>																										3	
<i>Lycopodium obscurum</i>																										3	
<i>Lycopodium selago</i>																										3	
<i>Marchantia polymorpha</i>																										3	
<i>Marchantia polymorpha</i>																										3	
<i>Mnium affine</i>																										3	
<i>Mnium affine</i>																										3	
<i>Mnium undulatum</i>																										3	
<i>Plagiochila asplenoides</i>																										3	
<i>Plagiochila asplenoides</i>																										3	
<i>Plagiothecium undulatum</i>																										3	
<i>Plagiothecium undulatum</i>																										3	
<i>Platydictyon schreberei</i>																										3	
<i>Rhytidium leptum</i>																										3	
<i>Rhytididictyon triquetrum</i>																										3	
<i>Rhytididictyon triquetrum</i>																										3	
<i>Tortella tortuosa</i>																										3	
<i>Tortella tortuosa</i>																										3	
<i>Thuidium tamariscinum</i>																										3	
<i>Thuidium tamariscinum</i>																										3	

Tab. 47 (Fortsetzung): Die Vegetationsaufnahme im Sommer 1986