

Naturally regenerated plants therefore have only a good chance to develop on gaps if they are already established when the felling operation is carried out and have grown in height before competing ground vegetation is there. But such situations may be the exception.

Therefore, group cutting normally requires immediate artificial regeneration, which can be carried out with all tree species which make up the mountain forests. Protection by fences has to be considered a must as long as the deer population has not been reduced to a tolerable level.

All knowledge concerning regeneration-ecological features of group cutting can also be applied to gaps caused e. g. by storm or the "new type of forest damages".

### Literatur

- BAUMGARTNER, A., 1960: Die Lufttemperatur als Standortfaktor am Großen Falkenstein (Bayer. Wald). Forstw. Cbl., 286-297.
- BÄUMLER, W.; HOHENADL, W., 1980: Über den Einfluß alpiner Kleinsäuger auf die Verjüngung in einem Bergmischwald der Chiemgauer Alpen. Forstw. Cbl., 207-221.
- BURSCHEL, P., 1975: Schalenwildbestände und Leistungsfähigkeit des Waldes als Problem der Forst- und Holzwirtschaft aus der Sicht des Waldbaus. AFZ, 214-221.
- BURSCHEL, P.; LÖW, H.; METTIN, Chr., 1977: Waldbauliche Untersuchungen in den Hochlagen des Werdenfeller Landes. Forschungsber. Forstl. Forschungsanst. München, 37.
- BINDER, F., 1982: Das Ankommen und die Entwicklung der Naturverjüngung im Bergmischwald bei dichter Bodenvegetation. Dipl. Arb. Lehrstuhl f. Waldbau u. Forsteinr. Univ. München.
- GROSSE, H. U., 1983: Untersuchungen zur künstlichen Verjüngung des Bergmischwaldes - Ergebnisse eines Forschungsprojektes in den ostbayerischen Kalkalpen. Schriftenr. Forstw. Fak. Bayer. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanst. München, Nr. 55.
- HOHENADL, W., 1981: Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. Diss. Univ. München.
- 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. Univ. München.
- MOSANDL, R., 1984: Löcherhiebe im Bergmischwald. Schriftenr. Forstw. Fak. Bayer. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanst. München, Nr. 61.
- MÜLLER-USING, B., 1973: Untersuchungen über die Verjüngung von *Nothofagus alpina* und ihrer wichtigsten Begleitbaumarten in der chilenischen Anden- und Küstenkordillere. Diss. Univ. München.
- PUMPENMEIER, K., 1976: Untersuchungen über natürliche Tannen-Fichtenverjüngung im Aretin'schen Forst Haidenburg. Dipl. Arb. Forstw. Fak. Univ. München.
- SCHREYER, G.; RAUSCH, V., 1976: Der Schutzwald in der Bergregion Miesbach. Maschinengesch. Bericht. München.
- TURNER, H., 1961: Die Niederschlags- und Schneeverhältnisse. In: Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe. Mitt. a. d. Forstl. Bundesversuchsanst. 59. Mariabrunn, 265-315.
- UEBELHÖR, K., 1979: Die Reaktion der Bodenvegetation auf unterschiedlich starke Überschirmung im Bergmischwald bei Ruhpolding. Dipl. Arb. Lehrst. f. Waldbau u. Forsteinr. Univ. München.
- VAN LAAR, A., 1980: Quantitative studies of natural regeneration in the mountain forests of Bavaria. Unveröffentl. Lehrst. f. Waldbau u. Forsteinr. Univ. München.
- VELTSISTAS, Th., 1982: Untersuchungen über die natürliche Verjüngung im Bergmischwald. Diss. Univ. München.

Anschrift der Autoren: Prof. Dr. P. BURSCHEL, H. EL KATEB, J. HUSS, R. MOSANDL, Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München, Amalienstraße 52, D-8000 München 40

## Die Verjüngung im Bergmischwald<sup>1</sup>

Erste Ergebnisse einer Untersuchung in den ostbayerischen Kalkalpen

VON P. BURSCHEL, H. EL KATEB, J. HUSS, R. MOSANDL

### 1 Einleitung und Versuchsbeschreibung

Die Forstwirtschaft hat im Gebirgsraum Schwierigkeiten, die aus Fichten, Tannen, Buchen und Ahornen bestehende natürliche Waldbestockung zu erhalten. Das ist inzwischen durch zahlreiche Untersuchungen zahlenmäßig belegt (BURSCHEL 1975; SCHREYER u. RAUSCH 1976; BURSCHEL et al. 1977).

Als Beitrag zur Lösung des Problems wurde eine umfangreiche waldbauliche Versuchsanlage geschaffen, die es ermöglichen soll, den gesamten mit der Waldverjüngung im Bergwald zusammenhängenden Fragenkomplex zu beantworten<sup>2</sup>.



Abb. 1. Lageplan der 11 Versuchsflächen zur Erforschung der Verjüngungsvorgänge im Bergmischwald in den Forstämtern Ruhpolding und Siegsdorf

Fig. 1. Map showing location of 11 research areas for the investigation of regeneration processes in mixed mountain forests; forest districts of Ruhpolding and Siegsdorf

<sup>1</sup> Erweiterte Fassung der von P. BURSCHEL, J. HUSS und R. MOSANDL auf der Forstlichen Hochschulwoche 1984 gehaltenen Vorträge.

<sup>2</sup> Die Verwirklichung des Forschungsvorhabens war nur durch große finanzielle und personelle Unterstützung durch die Bayerische Staatsforstverwaltung und die Deutsche Forschungsgemeinschaft möglich, wofür an dieser Stelle gedankt sei.

In den montanen Lagen der ostbayerischen Alpen wurden dazu mit Vertretern der Bayerischen Staatsforstverwaltung elf repräsentative Bestände auf verschiedenen Böden, Expositionen und in unterschiedlichen Höhenlagen ausgewählt. Neun dieser Bestände liegen im Kalkalpin des Forstamtes Ruhpolding und zwei im Flysch des Forstamtes Siegsdorf. Ihre geographische Lage geht aus Abbildung 1 hervor, die standörtlichen Daten lassen sich Tabelle 1 entnehmen.

Die ausgewählten Bestände enthalten immer Fichten und Tannen sowie meist auch Buchen, alle Arten allerdings in sehr wechselnden Anteilen. Gelegentlich sind außerdem Lärchen und Ahorne vertreten.

In jeden Bestand wurde eine Versuchsfläche eingelegt, die sich aus mehreren Parzellen als Untersuchungseinheiten zusammensetzt. Jede Parzelle ist mit Umfassungstreifen 0,5 ha groß und repräsentiert einen der folgenden waldbaulichen Eingriffe:

- (0) Unbehandelt: Kein Eingriff in den Altholzschirm  
 (1) Schwacher Schirmhieb: Entnahme von etwa 30 % des Volumens  
 (2) Starker Schirmhieb: Entnahme von etwa 50 % des Volumens  
 (3) Kahlhieb: Schaffung einer Freifläche von 0,5–1,0 ha  
 (4) Lochhieb: Aufhieb eines runden Lochs mit einem Durchmesser von etwa 30 m

Nur ein Bestand war allerdings groß genug, um alle Varianten – möglichst noch mit Wiederholungen – darin unterzubringen. In den meisten Fällen konnte neben einem unbehandelt belassenen Teil nur je eine weitere Behandlung – meist der starke Schirmhieb – realisiert werden.

Tabelle 1

Standörtliche Charakteristika der Versuchsflächen  
Site characteristics of the experimental areas

Versuchsfläche	Geologie	Höhenlage m ü. NN	Hang- richtung	Hang- neigung	Bodentyp
1 + 2		910–950	NW	20°–25°	Braunerde bis Braunerde-terrafusca aus Hauptdolomit oder Hauptdolomithangschutt
3		800	NW	12°–19°	Lehmrendzina über Wettersteinkalk
4		1250	NW	26°–28°	Lehmrendzina bis Braunerde aus Hauptdolomit
5	Kalkalpin	900	N	31°	Lehmrendzina bis Terra fusca aus Hauptdolomithangschutt
6		900	S	22°–27°	Lehmrendzina bis Terra fusca aus Hauptdolomithangschutt
7		900	NW	12°	Lehmrendzina aus Hauptdolomit
8		1250	W	24°	Terra fusca aus Plattenkalk
9		1200	S	22°	Pelosol aus Cenoman
10	Flysch	810	N	3°–8°	Durchschlammte Braunerde aus Flyschsandstein
11		980	N	2°	Durchschlammte Podsol-Braunerde aus Flyschsandstein

Tabelle 2

Kenndaten der Versuchsbestände nach den Hiebsmaßnahmen im Herbst 1976  
Data of the experimental stands (autumn 1976, after cutting)

Parz. Nr.	Waldbaulicher Eingriff	Alter Jahre	Oberhöhe Fi	Beschirmungsgrad %	Grundfläche m <sup>2</sup>	Baumartenanteile nach der Grundfläche				
						Fi	Ta	Bu	Ah	Lä
1.0	Unbehandelt		27.5	68	42.0	33	32	19	11	5
1.1	Schwacher Schirmhieb	120	30.6	56	30.6	44	34	14	8	0
1.2	Starker Schirmhieb		30.6	49	24.5	32	35	23	10	0
1.4	Lochhieb I		27.1	–	25.0	34	17	45	4	0
2.0	Unbehandelt		21.8	76	34.8	43	16	40	1	0
2.1	Schwacher Schirmhieb	120	23.9	60	26.0	49	30	14	6	1
2.2	Starker Schirmhieb		27.7	39	19.6	13	67	15	5	0
2.4	Lochhieb II		23.4	–	29.6	44	20	35	0	1
3.0	Unbehandelt	115	27.9	80	50.7	81	11	8	0	0
3.2	Starker Schirmhieb		27.1	42	27.1	55	30	11	4	0
4.0	Unbehandelt	120–280	30.0	80	40.3	24	15	33	1	27
4.2	Starker Schirmhieb		24.8	43	16.2	56	20	16	2	6
5.0	Unbehandelt	115	25.9	80	48.4	80	6	14	0	0
5.2	Starker Schirmhieb		27.6	45	22.7	58	11	13	8	10
6.0	Unbehandelt	180	26.5	86	44.0	22	30	35	13	0
6.2	Starker Schirmhieb		23.4	51	19.7	43	33	17	7	0
7.2	Vergraster Weidewald	145	28.2	51	25.4	58	37	2	0	3
8.4	Lochhieb IV	120	35.6	–	37.2	96	3	1	0	0
9.4	Lochhieb III	135	29.9	–	30.6	94	3	3	0	0
10.0	Unbehandelt	140	sehr gute	83	46.5	77	17	6	0	0
10.2	Starker Schirmhieb			54	27.5	73	19	2	0	6
11.0	Unbehandelt	150	Ertragsklassen	86	62.4	56	44	0	0	0
11.2	Starker Schirmhieb			58	32.4	43	56	1	0	0

Jede Schirmbehandlungsvariante wurde (mit Ausnahme der Lochhiebs) auf Flächen von 70×70 m (0,5 ha) ausgeführt. Knapp 0,4 ha davon waren Umfassungstreifen. Für die eigentlichen Untersuchungen blieb mithin eine Parzelle im Zentrum mit einer Fläche von 33×33 m (0,1 ha) übrig. <sup>2</sup>/<sub>3</sub> davon wiederum wurden gezäunt.

Auf jeder Parzelle sind folgende Versuchseinrichtungen geschaffen worden (s. Abb. 2).

- (1) Aufnahmeeinheiten für Samenfall und Naturverjüngung
  - 30 Samenfänge
  - 64 Probekreise im Zaun, davon 32 mit Bodenbearbeitung,
  - 32 Probekreise außerhalb des Zauns, ohne Bodenbearbeitung
- (2) Aufnahmeeinheiten für die künstliche Verjüngung; Pflanzung von je 160 Tannen, Fichten, Lärchen, Buchen, Ahornen auf Kleinparzellen
- (3) Stellplatz für meteorologische Meßgeräte

Das Grundmuster der Lochhiebparzellen weicht hiervon ab und kann Abbildung 3 entnommen werden.

Die Versuchsflächen im Kalkalpin wurden im Herbst 1976 bzw. Frühjahr 1977 (Pflanzung) und die im Flysch 1979/80 angelegt. Die hier mitgeteilten Resultate beziehen sich auf Beobachtungszeiträume zwischen 4 und 8 Jahren, wobei die Beobachtungsdauer in jedem einzelnen Fall angegeben wird.

Eine umfassende Darstellung der Ergebnisse ist nach Abschluß der ersten zehnjährigen Periode Ende 1986 geplant.

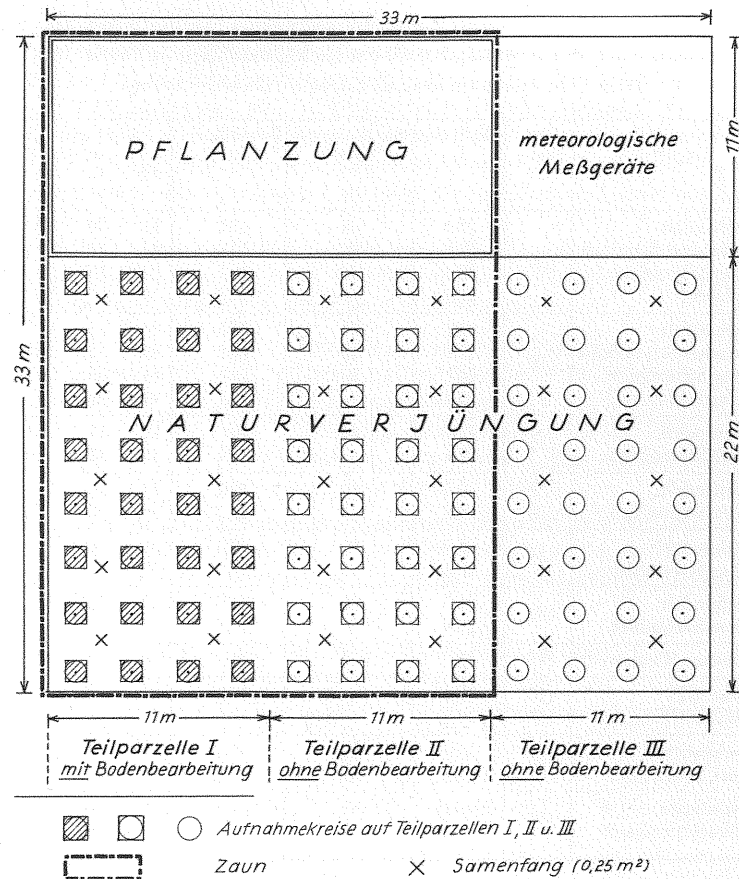


Abb. 2. Das Grundmuster der Versuchspartellen: Kontrolle, schwacher Schirmhieb, starker Schirmhieb, Kahlhieb (ohne Umfassungstreifen)

Fig. 2. Design of plots (control, light and heavy shelterwood felling, clearcutting)

## 2 Die natürliche Verjüngung im Bergwald

### 2.1 Die Samenproduktion

Voraussetzung für die natürliche Verjüngung ist die Samenproduktion der Altbestände. Die Samen und Früchte der Bäume stellen das Verjüngungspotential dar, dessen Ausnutzung Sache des Waldbaus ist. Die Ermittlung ihrer Dichten war deshalb ein wichtiges Ziel der Untersuchung. Die Ergebnisse, die dazu auf den Versuchspartellen mit längerfristiger Beobachtungsdauer erarbeitet worden sind, können aus den Tabellen 3 und 4 entnommen werden.

Aus den Befunden können drei wichtige Schlüsse gezogen werden:

- Die Häufigkeit der Fruktifikation ist von Baumart zu Baumart sehr verschieden. Im Beobachtungszeitraum von jetzt 8 Jahren hat die Buche nur einmal keimfähige Früchte produziert, während Tanne und Fichte im gleichen Zeitraum viermal in nennenswertem Ausmaß Samen bilden konnten. Der Ahorn verhält sich insofern ähnlich wie die beiden Koniferen, als auch er in kurzen Intervallen verlässlich Samen trägt.

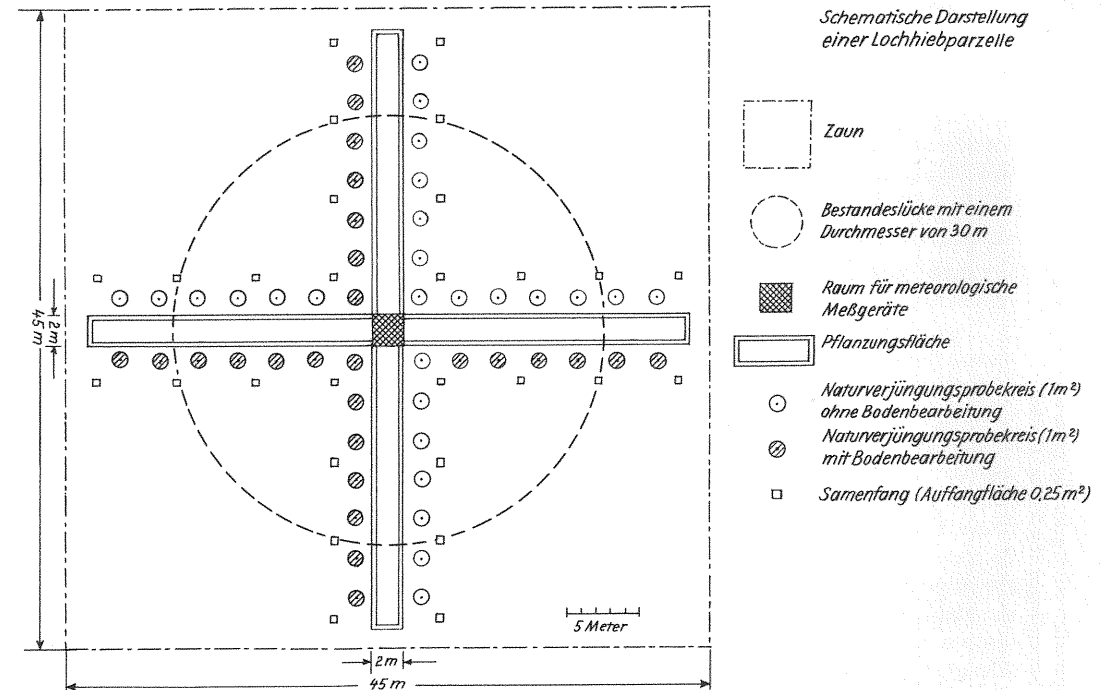


Abb. 3. Das Grundmuster der Versuchsparzelle: Lochhieb

Fig. 3. Design of group-felling plots

- Die Dichte der keimfähigen Samen und Früchte am Boden schwankt von Baumart zu Baumart, von Jahr zu Jahr und von Parzelle zu Parzelle in einem sehr weiten Rahmen. Dabei zeichnet sich ab, daß die Bestände auf dem Flysch ein deutlich höheres Verjüngungspotential auszubilden in der Lage sind als die tiefer im Gebirge im eigentlichen Kalkalpin stockenden. Ein Zusammenhang zwischen der Höhenlage der Untersuchungsbestände im Gelände und der Stärke der Fruchtbildung ist für den Bereich zwischen 800 und 1200 m N. N. dagegen nicht erkennbar geworden.

Das erste Fazit unserer Zwischenbilanz lautet danach folgendermaßen: Die Althölzer des Bergmischwaldes befinden sich in verjüngungsbereitem Zustand. Nahezu jährlich kommt es an mindestens einer der beteiligten Baumarten zur Bildung von Samen oder Früchten. Dabei fruktifizieren Fichte, Tanne und Ahorn offenbar ziemlich verlässlich in kurzen Intervallen, während die Buche in deutlich längeren Abständen fruchtet.

### 2.2 Die Entwicklung der Naturverjüngung

#### 2.2.1 Die Pflanzendichte

Eine Naturverjüngung muß folgende Voraussetzungen erfüllen, um waldbaulich akzeptabel zu sein:

- Die Zahl der jungen Pflanzen pro Flächeneinheit muß so groß sein, daß ein neuer Bestand daraus hervorgehen kann.
- Die Verjüngung muß flächendeckend ankommen.

Die Dichte der keimfähigen Samen auf den Versuchspartzen mit regelmäßig geleerten Samenfängen  
(Mittelwerte, berechnet aus jeweils 30 Samenfängen von 0,25 m<sup>2</sup> Größe)

Density of viable seeds (seeds / m<sup>2</sup>) for spruce and fir on plots with continuously controlled seed traps (averages, calculated from 30 seed traps, 0,25 m<sup>2</sup> each)

Parzelle Nr. <sup>1</sup>	Fichte, Stck./m <sup>2</sup>					Σ	Tanne, Stck./m <sup>2</sup>					Σ							
	76/77	77/78	78/79	79/80	80/81		81/82	82/83	76/77	77/78	78/79		79/80	80/81	81/82	82/83			
1.0	9	83	0	0	18	<1	17	24	<1	0	7	33	0	3					
1.1	45	76	<1	0	27	nicht weiter		6	0	0	8	10	nicht weiter						
1.2	26	52	0	0	42			16	<1	0	7	31							
1.3	5	6	0	0	3	beobachtet		1	0	0	1	1	beobachtet						
2.2	13	43	<1	0	15	<1	13	9	0	0	6	14	0	4					
10.0	Versuchsbeginn					<1	436	1	82	Versuchsbeginn					71	11	0	13	95
10.2	1979					0	308	1	218	1979					182	129	nicht weiter	3	40
11.0						0	89	nicht weiter							110	88	beobachtet		
11.2						0	35	beobachtet											

<sup>1</sup>0 = geschlossen; <sup>1</sup>1 = schwacher Schirmhieb; <sup>2</sup>2 = starker Schirmhieb; <sup>3</sup>3 = Kahlhieb

Tabelle 4

Die Dichte der keimfähigen Samen auf den Versuchspartzen mit regelmäßig geleerten Samenfängen  
(Mittelwerte, berechnet aus 30 je 0,25 m<sup>2</sup> großen Samenfängen)

Density of viable seeds (seeds / m<sup>2</sup>) for beech and maple on plots with continuously controlled seed traps (averages, calculated from 30 seed traps, 0,25 m<sup>2</sup> each)

Parzelle Nr. <sup>1</sup>	Buche, Stck./m <sup>2</sup>					Σ	Ahorn, Stck./m <sup>2</sup>					Σ						
	76/77	77/78	78/79	79/80	80/81		81/82	82/83	76/77	77/78	78/79		79/80	80/81	81/82	82/83		
1.0	0	22	0	0	0	0	0	<1	16	<1	2	<1	22	0				
1.1	0	14	0	0	0	nicht weiter		<1	7	<1	13	0	nicht weiter					
1.2	0	16	0	0	0			0	3	1	9	<1						
1.3	0	<1	0	0	0	beobachtet		<1	1	0	2	0	beobachtet					
2.2	0	6	0	0	0	<1		1	10	<1	15	<1	20	0				
6.0	0	72	nicht beobachtet	0	0			<1	26	nicht beobachtet			32	0				
6.2	0	25		1	0			0	8				25	0				
10.0	Versuchsbeginn					0	0	0	<1	Versuchsbeginn					<1	<1		
11.0	1979					0	0	nicht weiter		1979					0	0	nicht weiter	
11.2						0	0	beobachtet							0	0	beobachtet	

<sup>1</sup>0 = geschlossen; <sup>1</sup>1 = schwacher Schirmhieb; <sup>2</sup>2 = starker Schirmhieb; <sup>3</sup>3 = Kahlhieb

Tabelle 5

Die auf Versuchspartzen nach sechsjähriger Beobachtungsdauer ermittelten Pflanzendichten, tausend Stück pro Hektar

Regeneration density (thsd. p. ha.) after 6 (Kalkalpin) and 5 (Flysch) years resp. on all research plots

Parzelle <sup>1</sup>	Kalkalpin 1976-1981										Flysch 1979-1983										
	1.0	1.1	2.2	1.3	2.0	2.1	1.2	2.3	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2	7.2	10.0	10.2	11.0	11.2
Fichte	30	55	65	2	6	52	43	7	44	191	2	11	15	118	3	18	16	215	376	25	54
Tanne	42	41	86	6	6	32	60	6	5	16	9	13	10	21	37	42	81	106	103	194	267
Buche	28	2	3	2	<1	0	1	0	0	0	<1	7	1	2	56	21	1	-	-	-	-
Ahorn	47	73	179	66	6	47	74	96	1	6	8	31	10	360	84	102	12	-	-	-	-
Σ	147	171	333	76	18	131	178	109	50	213	19	62	36	501	180	183	110	321	479	219	321

<sup>1</sup>0 = geschlossen; <sup>1</sup>1 = schwacher Schirmhieb; <sup>2</sup>2 = starker Schirmhieb; <sup>3</sup>3 = Kahlhieb

- Alle Baumarten, die den zukünftigen Bestand bilden sollen, müssen auch in der Verjüngung angemessen vertreten sein.

Es gilt deshalb im folgenden darzustellen, ob diese Forderungen erfüllt worden sind und welche natürlichen und waldbaulichen Faktoren darauf einwirken.

2.2.1.1 Dichte und waldbaulicher Zustand der Bestände  
In Tabellen 5 und 6 ist nach Baumarten getrennt zusammengestellt, in welcher Dichte sich Naturverjüngung auf den Versuchspartzen eingestellt hat.

Auch in geschlossenen Althölzern sind danach dauernd erhebliche Mengen an Verjüngungspflanzen vorhanden. Im Beobachtungszeitraum lagen diese Grunddichten zwischen 15 000 und 500 000 je Hektar. Zwar sind daran alle Baumarten beteiligt, jedoch fällt es offenbar der Fichte schwerer als den anderen Baumarten, sich im geschlossenen Bestand zu halten. Man kann sich danach den Bergwald als eine Vegetationsform vorstellen, die ständig in der Lage ist, auf eine Verstärkung des Lichteinfalls am Boden, z. B. durch Ausfall von Altbäumen, mit unverzüglich beginnender Entwicklung von bereitstehenden Verjüngungspflanzen zu reagieren.

Fazit Nummer zwei lautet danach: Der Bergwald ist ständig verjüngungsbereit. Auch in geschlossenen Altbeständen finden sich permanent Verjüngungspflanzen aller beteiligten Baumarten in großer Dichte am Boden.

Nach diesen Befunden ist es folgerichtig, daß waldbauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Beleuchtungsverhältnisse am Boden die Lebensbedingungen der Verjüngungspflanzen ganz entscheidend verbessern. Eine Betrachtung der Verjüngungsdichten auf den in Schirmstellung gebrachten Parzellen läßt denn auch erkennen, daß das tatsächlich auf geradezu spektakuläre Weise der Fall ist. Diese Wirkung kommt dadurch zustande, daß zum einen die Samenzufuhr von Altbäumen weiter vonstatten geht (s. Tab. 3 und 4) und zum anderen die Überlebenswahrscheinlichkeit der daraus hervorgehenden Jungpflanzen sich wesentlich verbessert. Das ist hinsichtlich der Pflanzendichten aus Tabellen 5 und 6 zu entnehmen. Es wird aber ganz besonders deutlich, wenn dazu in den Tabellen 7 und 8 am Beispiel von Fichte und Tanne noch die Überlebensprozente der einmal angekommenen Jungpflanzen betrachtet werden.

Nur folgerichtig ist dann, daß auch die Pflanzenprozente, also das Verhältnis zwischen der Dichte der keimfähigen Samen und der daraus hervorgegangenen Pflanzendichte, diesen Zusammenhang wider-

spiegeln. Das ist in Tabelle 9 zusammengestellt. Es wird daraus ganz klar, daß die Bedeutung der Samendichte im Verjüngungsprozeß weit überlagert wird von der ökologischen und waldbaulichen Situation, in der die Samen an den Boden gelangen.

Solche Zusammenhänge können allerdings auch durch andere Faktoren überlagert und unkenntlich werden. Das war beispielsweise bei der Buche der Fall. Deren Eckern wurden in dem

Tabelle 6

Die auf den Versuchspartellen 1.0, 2.2 und 1.3 nach achtjähriger Beobachtungsdauer ermittelten Verjüngungsdichten, tausend Stück pro Hektar  
Regeneration density (thsd. p. ha.) after eight years on research plots 1.0, 2.2 and 1.3

Parzelle	Kalkalpin 1976-1983		
	geschlossen 1.0	starker Schirmhieb 2.2	Kahlhieb 1.3
Fichte	12	59	2
Tanne	38	94	5
Buche	27	3	2
Ahorn	95	312	66
Σ	172	468	75

Tabelle 7

Pflanzendichten verschiedener Keimjahrgänge der Baumart Fichte im Entstehungsjahr und am Ende des Beobachtungszeitraumes in Tausend pro Hektar und die sich daraus ergebenden Überlebensprozente  
(.0 = Altbestand unbehandelt - Parzelle 1.0, .2 = starker Schirmhieb - Parzelle 2.2)

Density (thsd. p. ha.) of different age-classes of spruce in the year of germination, at the end of the observation period, and corresponding percentages of survival  
(.0 = dense canopy of overstory; .2 = heavy shelterwood cutting)

Jahrgang	1977		1978		1981	
	1.0	2.2	1.0	2.2	1.0	2.2
Waldbauliche Behandlung	1.0	2.2	1.0	2.2	1.0	2.2
Ausgangsdichte Herbst 1983	6.9	11.6	25.3	30.3	24.1	38.1
Überlebensprozent	23	68	9	55	29	71

Tabelle 8

Pflanzendichten verschiedener Keimjahrgänge der Baumart Tanne im Entstehungsjahr und am Ende des Beobachtungszeitraumes in Tausend pro Hektar und die sich daraus ergebenden Überlebensprozente  
(.0 = Altbestand unbehandelt, .2 = starker Schirmhieb)

Density (thsd. p. ha.) of different age-classes of fir plants in the year of germination, at the end of the observation period, and corresponding percentages of survival  
(.0 = dense canopy of overstory; .2 = heavy shelterwood cutting)

Jahrgang	≥ 1976		1977		1980		1981	
	1.0	2.2	1.0	2.2	1.0	2.2	1.0	2.2
Waldbauliche Behandlung	1.0	2.2	1.0	2.2	1.0	2.2	1.0	2.2
Ausgangsdichte Herbst 1983	7.8	5.9	17.8	23.8	29.4	45.6	13.8	21.6
Überlebensprozent	64	90	33	80	48	82	59	88

einen beobachteten Mastjahr so stark von Mäusen dezimiert, daß die ermittelten Pflanzenprozente keine interpretierbare Beziehung zur waldbaulichen Ausgangslage mehr aufscheinen lassen (BÄUMLER, HOHENADL, 1980).

Fazit Nummer drei lautet: Die Überlebens- und Entwicklungschancen der einmal angekommenen Verjüngungspflanzen werden durch waldbauliche Eingriffe in den Altholzschirm auf geradezu spektakuläre Weise verbessert.

2.2.1.2 Dichte und Baumartenzusammensetzung

Schließlich ist aus den bisher mitgeteilten Daten (Tab. 5, 6, 9) zur Pflanzendichte der ganz wichtige Befund zu entnehmen, daß alle zum Bergmischwald gehörigen Baumarten in der Verjüngung auch tatsächlich wieder vertreten sind. Allerdings ist die Zusammensetzung der Verjüngungsschicht meist eine erheblich andere als die des Altbestandes. So hat die Fichte Schwierigkeiten, sich überhaupt zu behaupten, solange der Altholzschirm noch geschlossen ist. Aber auf den offeneren Schirmschlägen ist sie nur gelegentlich häufiger als die Tanne vertreten, nicht selten bleibt sie jedoch selbst hier deutlich hinter dieser zurück, die sich überhaupt durch überraschende Verjüngungsbereitschaft und Überlebenskraft auszeichnet. Die Buche kann infolge ihrer bisher geringen Fruktifikationsrate in dieser Hinsicht nicht sicher beurteilt werden. Immerhin deutet alles darauf hin, daß sie keine Schwierigkeiten hat, sich zu etablieren, solange es nur zur Fruchtbildung kommt.

In gar keinem Verhältnis zu seinem Anteil an der Zusammensetzung des Altbestandes steht die Häufigkeit, mit der der Ahorn in der Verjüngung vertreten ist. Unverhältnismäßig groß sind schon die Dichten der Früchte, die gelegentlich fast die der Tannen- und Fichtensamen erreichen. Hohe Keimerfolge und große Überlebensraten führen dann zu dichtem Ankommen, und zu bemerkenswerten Pflanzenprozenten.

Fazit Nummer vier lautet: Alle Baumarten des Bergmischwaldes finden sich auch in der Verjüngung wieder; Tanne und Buche haben keine Schwierigkeiten, sich zu etablieren, während die Fichte sich eher schwer tut. Der Ahorn ist auch bei nur geringer Beteiligung am Altbestand so verjüngungskräftig, daß er leicht in der Verjüngungsschicht dominiert. Die sich abzeichnenden Probleme sind nicht Unterbestockung sondern Überdichte und Ungleichmäßigkeit der Beteiligung der einzelnen Baumarten.

2.2.1.3 Dichte und Standort

Das Standortsspektrum, das von den Versuchsflächen abgedeckt wird, ist sehr breit, wenn man Höhenlage, Exposition (s. Tab. 10) sowie die Hangneigung betrachtet. Außerdem sind die wichtigsten der im Bayerischen Alpen- und Vorgebirgsraum vorkommenden Böden

Tabelle 9

Herleitung der Pflanzenprozente für die Versuchspartellen, auf denen der Samenfall langfristig beobachtet wird. Erfasst ist der Zeitraum 1976-1983  
Plant percentages (actually existing plant density x 100) on research plots with long-time observation of seed fall for the period 1976-1983

Parzelle	Fichte		Tanne		Buche		Ahorn	
	Samen Tsd. pro Hektar	Pflanzen- prozent	Samen Tsd. pro Hektar	Pflanzen- prozent	Früchte Tsd. pro Hektar	Pflanzen- prozent	Früchte Tsd. pro Hektar	Pflanzen- prozent
1.0	1270	0.9	670	5	220	12	400	21
2.2	840	7.0	330	27	60	3	460	84.4
6.0	nicht beobachtet		nicht beobachtet		720	9	nicht beobachtet	286.9
6.2	nicht beobachtet		nicht beobachtet		250	9	nicht beobachtet	62

Tabelle 10  
Standortcharakteristika und Verjüngungsdichte  
Site characteristics and regeneration density

Standortscharakteristika	Versuchsfläche Nr.	Beobachtungsdauer, Jahre	Verjüngungsdichte, Tsd. pro ha alle Baumarten		
			ohne Eingriff	starker Schirmhieb	
Höhenlage 800 m NN	3	6	50	213	
	4	6	19	62	
Exposition S	6	6	180	183	
	N	5	36	501	
	NW	1/2	8	172	468
Boden Braunerde – Braunerde Terrafusca	1/2	8	172	468	
	Lehmrendzina	3	6	50	213
	Lehmrendzina bis Terrafusca	7	6	–	110
	Durchschlammte Braunerde	10	5	321	479

darin erfaßt. Diese sind – bei erheblich wechselnder Gründigkeit – durch Säurebereiche zwischen mäßig sauer und neutral gekennzeichnet. Säurewerte unter pH 5 (H<sub>2</sub>O) sind nur vereinzelt und dann fast immer im Bereich des Auflagehumus gemessen worden (MISHRA 1982). Dem entsprechen ganz und gar die Befunde zur Humusform, die sich großflächig als Mull oder mullartiger Moder darstellt.

Ein Blick auf Tabelle 10 zeigt nun, daß ein waldbaulich bedeutsamer Zusammenhang zwischen den genannten wichtigen Standortfaktoren und der Verjüngungsdichte offenbar nicht besteht. Als weitere Bestätigung des Befundes über die eher geringe Rolle des Bodenzustandes für die Verjüngung des Bergmischwaldes im Untersuchungsgebiet ist zu werten, daß die waldbauliche Verfassung der Altbestände alle in Tabelle 10 aufgeführten standörtlichen Einflußgrößen bei weitem überlagert.

Nachdem sich klein- und großflächige Standortsunterschiede nicht als relevant für die Verjüngungsprozesse erwiesen haben, war auch kaum zu erwarten, daß Bodenbearbeitungen, wie

Tabelle 11

Verjüngungsdichten (Tsd./ha) und Überlebensprozente auf Flächenteilen mit (+) und ohne (–) Bodenbearbeitung (Ende Beobachtungszeitraum; 10 = 1983; 2.2 = 1980)  
Regeneration densities (thsd./ha) and survival percentages on plots with (+) and without (–) soil scarification (end of observation period: 10 = 1983; 2.2 = 1980)

Parzelle	10.2		10.0		10.2		10.0		2.2		Ahorn			
	Fichte	Fichte	Tanne	Tanne	Fichte	Tanne	Fichte	Tanne	Fichte	Tanne	1978	1978		
Keimjahrgang	1981		1981		1980		1980		1978		1978			
Bodenbearbeitung	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–		
Im Jahr der Keimung	598	697	1035	503	68	163	124	242	45	30	18	24	29	32
Ende Beobachtungszeitraum	361	273	498	176	48	92	32	91	28	19	16	19	27	28
Überlebensprozent	60	39	48	35	71	56	26	38	63	55	85	80	93	81

sie zu Versuchsbeginn auf Teilen jeder Parzelle durchgeführt worden sind, eine wesentliche Wirkung auf das Verjüngungsergebnis haben würden. Befunde dazu sind in der Tabelle 11 zusammengestellt. Darin werden für einige charakteristische Fälle Dichten und Überlebensprozente einiger Pflanzenjahrgänge mitgeteilt. Wenn auch die Werte in einem weiten Rahmen streuen und deshalb besonders dringend der statistischen Analyse bedürfen, so ist doch ein waldbaulich bedeutsamer Schluß schon jetzt möglich: Veränderungen des ohnehin allenthalben günstigen Oberbodenzustandes durch mechanische Maßnahmen sind für den untersuchten Gebirgsraum von geringer Bedeutung und kommen für den praktischen Waldbau – ganz abgesehen von dem Problem der Realisierbarkeit von Bodenbearbeitungen – nicht in Frage.

Fazit Nummer fünf: Die Standorte des Untersuchungsgebietes stellen keinen begrenzenden Faktor für die natürliche Verjüngung dar. Der Bodenzustand ist für die Keimung und das Fußfassen der jungen Pflanzen so günstig, daß er durch Bearbeitung nicht auf waldbaulich bedeutsame Weise verbessert werden kann.

#### 2.2.1.4 Dichte und Zaunschutz

Die Versuchsanordnung, die einen Teil jeder Versuchsparzelle ohne Zaunschutz beließ, erlaubte eine Abschätzung der Verbißbelastung im Hinblick auf die Pflanzendichte. Für eine solche Betrachtung wurden die Pflanzen der ältesten Keimjahrgänge herangezogen, also solche, die möglicher Verbißbelastung lange ausgesetzt waren. Für die Baumarten Fichte und Buche sind danach keine und für den Ahorn keine gravierenden Verbißwirkungen zutage getreten. Lediglich die Tanne hat in der frühen Verjüngungsphase bereits Ausfälle erlitten, die als bedeutsam für die Zusammensetzung des jungen Bestandes angesehen werden müssen, was in Tabelle 12 dokumentiert wird.

Tabelle 12

Pflanzendichten für die Baumart Tanne innerhalb (+) und außerhalb (–) des Zaunes (N = Zahl der tatsächlich auf den Probekreisen erfaßten Pflanzen. Beobachtungszeitraum bis Herbst 1981. Parzelle 1.3 bis Herbst 1983)

Density (thsd./ha) of fir regeneration inside (+) and outside (–) fence (N = total number of plants counted on sample plots. Observation period until fall 1981; plot 1.3 until fall 1983)

Parzelle <sup>1</sup>	Keimjahrgang	N		Dichte Tsd./ha				Überlebensprozent	
		+	–	Anfang		Ende		+	–
1.2	77	94	84	29.4	26.3	20.0	11.6	68	44
1.3	76	13	22	4.1	6.9	3.1	2.5	80	36
2.2	76	19	26	5.9	8.1	5.3	3.8	90	46
	77	76	46	23.8	14.4	19.4	8.8	82	61
3.2	77	18	23	5.6	7.2	4.1	3.1	72	44
6.2	77	15	14	4.7	4.4	4.1	2.2	87	50
7.2	76	67	20	20.9	12.5	17.5	4.4	84	35
	77	74	25	23.1	15.6	17.5	8.8	76	56

<sup>1</sup> 2 = stk. Schirmhieb; 3. = Kahlhieb

Fazit Nummer sechs: Die Pflanzendichten von Fichte, Buche und Ahorn werden in den frühen Entwicklungsphasen der Verjüngung nicht oder nur in geringem Umfang durch Verbiß beeinflusst, während die Dichte der Tannenverjüngung bereits in diesem Stadium durch Verbiß deutlich verringert werden kann.

#### 2.2.2 Die Sproßlängen

Ist die Verjüngungsdichte in erster Linie Ausdruck für die Fähigkeit junger Bäume Fuß zu fassen und sich zu halten, so zeigt deren Höhenentwicklung an, wie schnell sie in der Lage sind, auf einer Fläche zu dominieren. Die Sproßlängenentwicklung der Verjüngungspflanzen ist er-

Tabelle 13

Die durchschnittliche Spitzenhöhe der Verjüngungspflanzen im Herbst 1983, ausgedrückt in mm (Werte in Klammern deuten auf geringe Zahlenbasis hin)

Average height (mm) of tallest plants in fall 1983 (numbers in parantheses indicate low data basis)

Baumart	Keim-Jahrgang	Waldbauliche Situation		
		Geschlossen 1.0	Starker Schirmhieb 2.2	Kahlhieb 1.3
Fichte	78	64	95	(321)
Tanne	≧ 76 77	112 78	162 112	420 (201)
Buche	≧ 76 78	(257) 135	(306) (188)	929 -
Ahorn	≧ 76 78 80 82	128 100 91 78	171 127 106 78	1597 416 142 113

wartungsgemäß lichtabhängig. Tabelle 13 zeigt das auf eindrucksvolle Weise. Unter geschlossenem Altholzschirm erreichen selbst achtjährige und noch ältere Pflanzen nur Sproßlängen von nicht mehr als 13 bis 14 cm. Die Fichte bleibt unter solchen Umständen am schwächsten. Sie wächst nur wenig über die Länge des Hypokothyls hinaus, um dann bald wieder zu vergehen. Wird das Altholz in Form eines Schirmhiebes durch Entnahme von etwa 50 % des aufstocken-

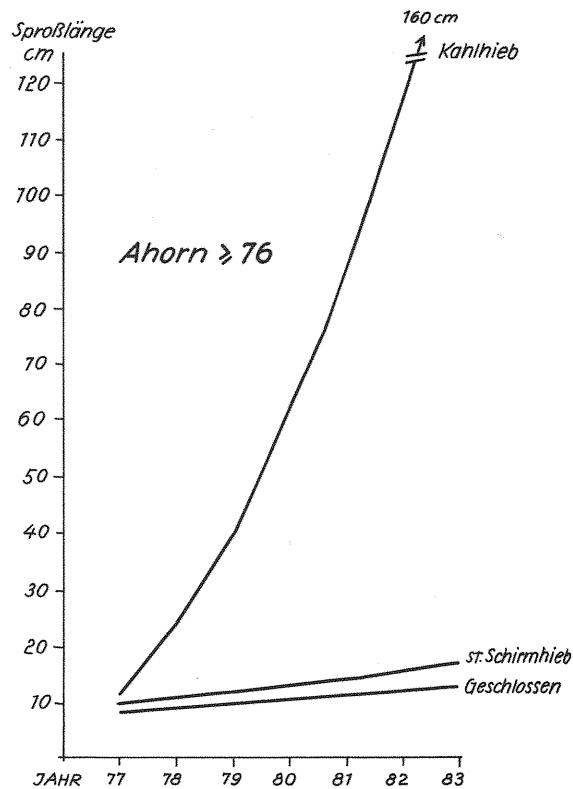


Abb. 4. Die Entwicklung der Sproßlängen des Ahorn (Keimjahrgang  $\geq 1976$ ) unter verschiedenen Belichtungsverhältnissen

Fig. 4. Development of shoot length of maple - age class  $\geq 1976$  - under different light conditions

den Volumens geöffnet, so kommt es zu einer deutlichen Verbesserung des Höhenwachstums, jedoch liegt dieses immer noch im Millimeterbereich. Die ältesten Pflanzen erreichen dann in einem achtjährigen Beobachtungszeitraum Werte, die zwischen 10 cm (Fichten, Jahrgang 78) und 17 cm (Ahorn, Jahrgang 76) liegen. Geradezu dramatisch verbessert wird die Höhenentwicklung der jungen Pflanzen aber, wenn einmal angekommener Verjüngung voller Lichtgenuß gewährt wird (s. Abb. 4). Unter solchen Bedingungen, wie sie in unserer Versuchsanordnung durch die „Kahlfläche“ repräsentiert werden, erreichen alle Baumarten schnell und sicher große Höhen. Dabei ist der Ahorn in der Lage, seinen Lichtbaum- und Pioniercharakter durch weites Vorseilen unter Beweis zu stellen. Ende 1984 - aus der Tabelle nicht mehr ersichtlich - hatten auf beiden Kahlschlagparzellen Ahorne in erheblicher Dichte das Dickungsstadium erreicht. Dabei ist es wichtig anzumerken, daß diese Pflanzen trotz der steilen Lage nur geringe Auswirkungen der winterlichen Schneebelastung erkennen lassen.

Natürlich geraten die langsamer wachsenden aber sonst gleich alten Fichten, Tannen und Buchen auf der Kahlfläche unter den Konkurrenzdruck des Ahorns. Sie sind jedoch weniger lichtbedürftig als dieser und haben in den ersten Jahren nach dem Eingriff, bevor der Ahorn seine frühe Wuchskraft entfalten konnte, auch volle Belichtung erhalten und stabile Pflanzen gebildet. Sie machen heute, unter dem Ahorn stehend, einen sehr gesunden und vitalen Eindruck. Trotzdem kann hier innerhalb der nächsten Jahre die Frage aufkommen, ob zur Sicherung des Tannen-, Fichten- und Buchenanteils an der Verjüngung Eingriffe in den Ahorn nötig werden könnten.

*Fazit Nummer sieben: Die Entwicklung der Pflanzenhöhen steht in enger Beziehung zum Lichtgenuß. Aber auch nach stark geführten Schirmhieben geht das Höhenwachstum nur sehr langsam voran und macht verhältnismäßig lange Verjüngungszeiträume erforderlich, was im Gebirge meist vorteilhaft ist. Wird dagegen ausreichend dicht angekommener aber noch niedriger Verjüngung volle Belichtung gegeben, so entwickelt sich diese vehement, wobei der Ahorn allen anderen Arten voraus-eilt.*

### 2.2.3 Verjüngung und Zaunschutz

Befunde zu diesem Zusammenhang sind in den Tabellen 14 und 15 zusammengestellt. Aus Tabelle 14 ist zunächst zu entnehmen, daß keine der vorkommenden Baumarten Verbißwirkungen erkennen läßt, solange die Pflanzen unter 10-50 cm groß sind. Auf keiner der Versuchspartellen mit Schirm ist diese Höhe bisher wesentlich überschritten worden. Verbißschäden sind deshalb dort für die Entwicklung der Sproßlänge zumindest bis zum Herbst 1981 nicht als gravierender Faktor aufgetreten.

Auf der Kahlfläche mit deutlich höheren Pflanzen ändert sich die Situation allerdings grundlegend. Hier hatte sich bereits im Herbst 1981, also 5 Jahre nach Versuchsbeginn, eine flächenbeherrschende Verjüngung eingestellt, während die tief verbissenen, meist aber noch lebenden Ahorne außerhalb der Umzäunung nicht einmal aus der Bodenvegetation herauschauten. Die-

Tabelle 14

Die mittleren Spitzenhöhen (mm) der Verjüngungspflanzen im Herbst 1981 auf gezäunten (+) und ungezäunten (-) Flächen (Parzellen 1.0; 1.1; 2.2; 1.3: Fichte, Tanne, Ahorn; 6.0; 6.2: Buche)

Average top heights (mm) of regeneration plants in fall 1981, on fenced (+) and unfenced (-) plots (plots 1.0; 1.1; 2.2; 1.3: spruce, fir, maple; 6.0; 6.2: beech)

Baumart Keimjahrgang	Waldbauliche Situation							
	Geschlossen		Schwacher Schirmhieb		Starker Schirmhieb		Kahlhieb	
	+	-	+	-	+	-	+	-
Fichte 1978	53	-	60	63	68	75	117	99
Tanne $\geq 1976$	105	96	94	-	141	123	285	217
Buche 1978	131	129	nicht beobachtet	-	182	190	nicht beobachtet	-
Ahorn $\geq 1976$	115	121	156	131	138	142	851	271

Tabelle 15

Das Schicksal der auf dem ungezäunten Teil der Parzelle „Kahlhieb“ angekommenen Tannen  
(alle Angaben in Stück)

Fate of firs germinated on the unfenced part of the clearcut plot

Anzahl Herbst 1977:	22	
Ausfall bis Herbst 1983:	14	
Ursachen	abiotisch	3
	Pilzbefall	1
	Verbiß	10
Anzahl Herbst 1983:	8	
davon	verbissen	5
	unverbissen	3

se Situation verschärfte sich bis zum Herbst 1983 noch wesentlich, als die Verjüngung im Zaun bereits übermannshoch ins Dickungsstadium eingetreten, außerhalb dagegen immer noch nicht über die Bodenvegetation hinausgewachsen war.

Ein erster Hinweis auf die Verbißempfindlichkeit der Tanne war ebenfalls der Tabelle 13 zu entnehmen. Ganz deutlich wird das Schicksal der Tanne aber aus den Daten, die in Tabelle 14 mitgeteilt werden. Es ist daraus zu entnehmen, daß von den ursprünglich 22 auf den 32 ungezäunten Aufnahmekreisen vorhandenen Tannen aus dem Keimjahrgang 76 und älter 14 ausgefallen sind. Zehn davon wurden Opfer des Verbisses, vier wurden durch abiotische Faktoren und Pilze zum Eingehen gebracht. Von den noch lebenden acht Jungtannen sind 5 verbissen worden. Sie haben Seitenzweige aufgerichtet, an denen zunächst erneut Höhenzuwachs angelegt wurde. Allerdings sind in der Zwischenzeit vier von diesen fünf Bäumen mit „sekundärem“ Höhenzuwachs bereits zum zweiten Mal verbissen worden. Seitdem verharren sie bei der Höhe, die nach dem Verbiß verblieben war.

*Fazit Nummer acht lautet daher: Das Höhenwachstum der Verjüngungspflanzen aller Baumarten wird solange nicht durch Verbiß beeinträchtigt, wie die erreichte Sproßlänge gering ist. Wird eine zwischen etwa 20 und 30 cm liegende Schwelle jedoch überschritten, so kann es zu so starkem Verbiß kommen, daß die weitere Entwicklung vollständig unterbunden wird. Auf den Versuchsflächen konnte das am Beispiel von Ahorn und Tanne gezeigt werden.*

### 2.3 Die Bodenvegetation und ihr Einfluß auf die Verjüngung

Erwartungsgemäß ist das Ausmaß, in dem sich die Bodenvegetation auf den Versuchspartellen ausgebildet hat, eine Funktion des Auflichtungsgrades (Abb. 5). Nach dem Kahlhieb vergrößerte sich das Bedeckungsprozent von praktisch 0 auf etwa 90 % innerhalb von 3 Vegetationszeiten, um dann auf diesem Niveau zu verharren. Nach dem starken Schirmhieb waren vier Vegetationszeiten zum Erreichen des Maximums nötig, das sich bei diesem Belichtungsgrad auf etwa 50 % Bedeckung einpendelte. Ebenfalls wichtig an den in Abbildung 5 dargestellten Befunden ist die Tatsache, daß die geschilderte Situation unabhängig davon war, ob Wild und Weidevieh Zutritt hatten oder nicht. Hier ist allerdings einschränkend zu bemerken, daß dieser Befund zwar auf das verhältnismäßig grobe Kriterium Bedeckungsgrad zutrifft, die Zusammensetzung der Bodenvegetation nach Arten und Biomasse im Vergleich zwischen gezäunten und ungezäunten Flächenteilen aber sehr wohl Veränderungen erfährt (BINDER 1982).

Die wichtige Frage nach dem Einfluß der Bodenvegetation auf die Dichte der Verjüngungspflanzen kann mit der Zahlenreihe in Tabelle 16 beantwortet werden.

Danach ist erneut ganz deutlich, daß die ungünstigste Entwicklungsbedingung für Verjüngungspflanzen der geschlossene Altbestand ist, obwohl Bodenvegetation darin kaum vorkommt. Deutliche Öffnung des Kronenschirmes durch Entnahme von etwa 50 % des aufstokkenden Altholzvolumens läßt zwar die Dichte der Bodenvegetation hochschnellen, doch stel-

Tabelle 16

Bedeckungsprozente, Verjüngungsdichten und Überlebensprozente am Ende des achtjährigen Beobachtungszeitraumes für drei benachbarte Parzellen

Groundvegetation cover (%), density of regeneration and survival percent at the end of 8 years of observation for three research plots representing the full range of overstory cover

Parzelle	Bodenvegetation 1983 Bedeckungsgrad %	Verjüngungsdichte 1983 Tsd. Stück/ha.				Überlebensprozent 1983			
		Fi	Ta	Bu	Ah	Fi	Ta	Bu	Ah
Geschlossen 1.0	5	12	38	27	95	20	52	38	69
st. Schirmhieb 2.2	47	59	94	3	312	67	85	63	92
Kahlhieb 1.3	86	2	5	2	66	43	68	83	84

len sich trotzdem Pflanzendichten ein, die weit über denen des geschlossenen Bestandes liegen, und die infolge einer hohen Überlebensquote auch groß bleiben. Und selbst die Kahlfläche bietet den dort zum Zeitpunkt des Hiebes bereits etablierten Verjüngungspflanzen trotz explosionsartig sich ausbreitender Konkurrenzvegetation beachtliche Überlebenschancen. Diese Aussage gilt jedoch nicht für Naturverjüngungspflanzen, die erst ankommen, wenn die Bodenvegetation sich bereits entwickelt hat und deshalb von vornherein einen bedeutsamen Konkurrenzfaktor darstellt.

Ganz ähnlich wie mit der Verjüngungsdichte verhält es sich mit dem Einfluß der Bodenvegetation auf die Höhenentwicklung der Verjüngungspflanzen. Diese wird mit großer Wahrscheinlichkeit durch die Konkurrenz der Bodenvegetation beeinflusst. Da jedoch jede Verbesserung der Beleuchtungsverhältnisse nicht nur die Bodenvegetation sondern mindestens in gleichem Maße auch die Verjüngung fördert, ist die Konkurrenzwirkung aus unserem Zahlenmaterial nicht ohne weiteres erkennbar. Vielmehr kann gesagt werden, daß die nach den waldbauli-

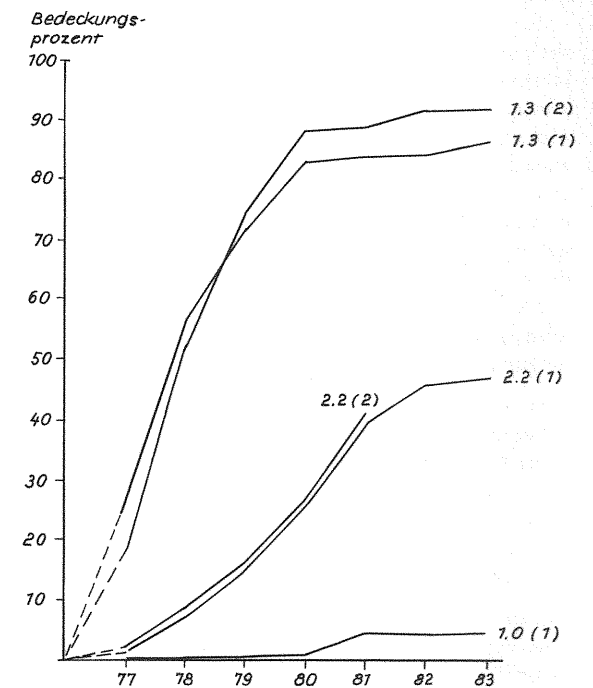


Abb. 5. Die Entwicklung der Bodenvegetation im Versuchszeitraum

- 1.0 (1) Geschlossener Bestand gezäunt
- 2.2 (1) Starker Schirmhieb gezäunt
- 2.2 (2) Starker Schirmhieb ungezäunt
- 1.3 (1) Kahlhieb gezäunt
- 1.3 (2) Kahlhieb ungezäunt

Fig. 5. Development of ground vegetation during the observation period

- 1.0 (1) close canopy (control), fenced
- 2.0 (1) heavy shelterwood cutting, fenced
- 2.0 (2) heavy shelterwood cutting, unfenced
- 1.3 (1) clearcut, fenced
- 1.3 (2) clearcut, unfenced



chen Eingriffen angekommene Bodenvegetation sich nirgendwo in bedeutsamem Umfang auf das Höhenwachstum der Verjüngung ausgewirkt hat. Auf der Kahlfläche gilt das allerdings wieder nur für solche Verjüngungspflanzen, die im Zeitpunkt des Hiebes bereits etabliert, wenn auch noch sehr klein waren.

*Fazit Nummer neun kann daher lauten: Auflichtung des Altholz Kronendaches fördert das schnelle Ankommen der Bodenvegetation, deren Dichte eine Funktion des Auflichtungsgrades ist. Gleichzeitig nehmen jedoch auch Dichte, Überlebensrate und Höhenentwicklung der Naturverjüngung zu. Der positive Effekt der Kronenauflichtung auf den Verjüngungsprozeß ist danach deutlich größer als der negative der sich gleichsinnig ausbreitenden Bodenvegetation. Das gilt allerdings für Kahlschläge nur dann, wenn im Zeitpunkt des Hiebes bereits Verjüngung etabliert ist.*

#### 2.4 Verjüngung und neuartige Waldschäden

Die Versuchsanlage ist mehrere Jahre vor dem Auftreten der neuartigen Waldschäden eingerichtet worden. Inzwischen sind deutliche Krankheitssymptome an den Altbeständen erkennbar geworden, und zwar vor allem und ganz sicher auf den Versuchsflächen im Flysch. Im Bereich des Kalkalpin zeigen Tannen deutliche, schon seit Versuchsbeginn offensichtliche, Fichte und Buche jedoch eher geringe Anzeichen der Krankheit. Es konnten bisher keine Hinweise darauf gefunden werden, daß der Verjüngungsprozeß durch die genannten Beeinträchtigungen des Altbestandes in irgendeiner Weise beeinflusst ist.

### 3 Die künstliche Verjüngung im Bergmischwald

#### 3.1 Vorbetrachtungen

Die künstliche Verjüngung hat – anders als es manche Meinungsäußerungen hierzu vermuten lassen – im Bergmischwald durchaus Tradition.

Sie ist bereits aus der Zeit des Beginns einer intensiven forstlichen Bewirtschaftung des bayrischen Alpenraumes belegt. Seit Mitte des 18. Jahrhunderts und forciert zu Anfang des 19. Jahrhunderts begann man die zum Teil sehr langen Verjüngungszeiträume durch Saaten abzukürzen. Bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts stand die Saat im Vordergrund – meist nach vorhergehender Bodenbearbeitung. Zunehmend kamen dann Pflanzungen zum Zuge – zunächst vor allem für Nachbesserungen. Als Folge oftmals falscher Provenienzwahl wurde zwar Anfang des 20. Jahrhunderts gefordert, die natürliche Verjüngung wieder verstärkt zu berücksichtigen. Trotzdem blieb – wie sich aus verschiedenen Forsteinrichtungswerken entnehmen läßt – angesichts von Bringungsschwierigkeiten, Wild- und Weidebelastung oft genug der Kahlhieb mit anschließender Fichtenpflanzung die ultima ratio im Verjüngungsbetrieb.

Heute wird im Bergmischwald die natürliche Verjüngung im allgemeinen gegenüber der künstlichen Verjüngung bevorzugt. Doch gibt es auch Situationen, in denen die künstliche Verjüngung an die Stelle der natürlichen treten muß (BAYER. STAATSMIN. 1982):

- bei standortsbedingtem Ausbleiben der Naturverjüngung etwa durch üppige Bodenvegetation oder Verhagerung,
- bei Ausbleiben der Naturverjüngung auf Grund äußerer Einflüsse z. B. durch Schalenwild oder Weidebetrieb,
- bei standortsfremden, vor allem Fichtenbeständen, die für eine Nachzucht nicht geeignet sind,
- bei Fehlen der notwendigen Mischbaumarten im Altbestand.

Aus diesem Grund sind Versuchspflanzungen auch Teil der Untersuchung (s. Abb. 2), deren erste Ergebnisse hier vorgestellt werden. Diese wurden teilweise gemeinsam mit GROSSE erarbeitet. Nähere Einzelheiten können seiner Dissertation von 1983 entnommen werden.

#### 3.2 Die Überlebensraten

In Abbildung 6 sind die Überlebensprozente der untersuchten Baumarten nach 5 und 8 Beobachtungsjahren (Frühjahr 1977 – Herbst 1984) auf der Kalkalpinfläche und die nach 5 Vegetationszeiten (Frühjahr 1980–1984) auf der Flyschfläche dargestellt. Die Versuche verliefen auf beiden Flächen störungsfrei. Es wurden keine biotischen oder abiotischen Schäden festgestellt, die das Anwachsen und die erste Entwicklung der jungen Bäume nachteilig beeinflussten. Die im Frühjahr 1980 beschafften und im Flysch ausgebrachten Pflanzen waren vitaler und überlebten insgesamt gesehen besser als die im Kalkalpin 1977 verwendeten. Trotzdem zeichneten sich bei den einzelnen Baumarten weitgehend gleichgerichtete durch die waldbauliche Ausgangslage bestimmte Reaktionen ab.

Die *Lärchen* erwiesen sich auf beiden Standorten erwartungsgemäß als sehr lichtbedürftig. Schon jeweils zwei Jahre nach Versuchsbeginn lebte unter dem dichten Schirm keine einzige Pflanze mehr. Aber auch bei schwach, ja selbst noch bei stark aufgelichtetem Altbestand kamen sie deutlich schlechter als auf den Kahlflächen zurecht. Die in den letzten Jahren registrierten Abgänge sowie ihr Gesundheitszustand unter Schirm zeigen, daß sich die Unterschiede künftig noch verschärfen werden.

*Tannen, Fichten und Ahorne* verhielten sich in den ersten Jahren recht einheitlich. Unter dem dichten Schirm hatten sie zwar höhere Ausfälle als in allen anderen Beschattungsvarianten. Zwischen den Pflanzen unter den schwach und stark aufgelichteten Schirmen und auf den Freiflächen ergaben sich aber keine statistisch absicherbaren Unterschiede in den Überlebensraten. Auch die Ahorne erwiesen sich – anders als in höherem Alter – zunächst als erstaunlich schattentolerant, Tannen und Fichten durchaus vergleichbar.

Die Überlebensraten der *Buchen* entsprachen auf der Flyschfläche weitgehend denen der Tannen, Fichten und Ahorne. Im Kalkalpin ergab sich für diese Baumart jedoch ein völlig anderes Bild. Sie fiel hier erstens – verglichen mit den anderen Baumarten – insgesamt wesentlich stärker aus. Zweitens litt sie – obwohl sonst als ziemlich schattenertragend bekannt – nach der Lärche am schwersten unter dem voll geschlossenen Schirm, und auch auf den Kahlflächen starb mehr als die Hälfte der jungen Bäume ab. Unter dem aufgelockerten Schirm kamen sie zunächst deutlich besser zurecht. Dies abweichende Verhalten der Buchen im Kalkalpin läßt sich folgendermaßen erklären: Hier waren 1977 Wildlingspflanzen verwendet worden, die bei der Anlieferung sehr wenig vital wirkten. Deswegen erlitten sie insgesamt höhere Ausfälle. Außerdem reagierten sie besonders empfindlich auf Streßbedingungen, und der Streß war offenkundig einerseits bei mangelndem Lichtgenuß sehr stark, andererseits aber auch auf den Kahlschlägen, wo sie Sonne und Wind gegenüber voll exponiert standen. Deshalb ist das bessere Abschneiden unter dem aufgelockerten Schirm sehr plausibel.

Die zu Versuchsbeginn wenig geeignet erscheinenden Buchenwildlinge erwiesen sich mithin als besonders informative „Weiserpflanzen“ für die Anwuchsbedingungen, weil sie die ökologischen Belastungen in der Anwuchsphase besser als die vitalen Baumschulpflanzen wiedergaben.

Die 1980 im Flysch ausgebrachten sehr kräftigen Buchen hatten dagegen keine größeren Anwuchsschwierigkeiten und verhielten sich deshalb entsprechend dem qualitativ vergleichbaren Pflanzenmaterial der anderen Baumarten.

#### 3.3 Die Sproßlängenentwicklung

In Abbildung 7 sind – wiederum getrennt für die zwei Standortgruppen und die 5 untersuchten Baumarten – die mittleren Sproßlängen zu Versuchsbeginn und nach 5 bzw. 8 Vegetationszeiten dargestellt.

Auf der Kalkalpinfläche waren die Pflanzen aller Baumarten zu Versuchsbeginn bei geringen Unterschieden in der Mittelhöhe ziemlich klein. Die im Flysch drei Jahre später verwendeten

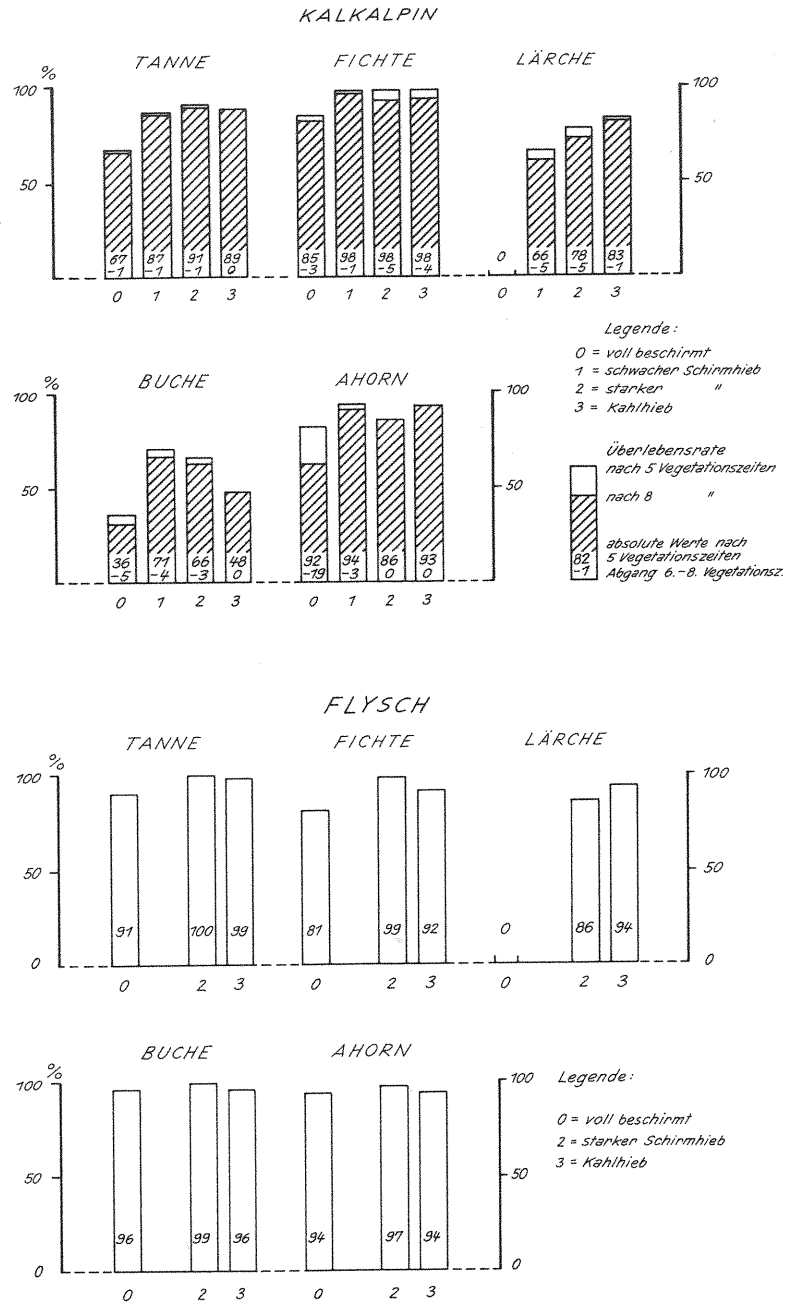


Abb. 6. Überlebensprozente in Abhängigkeit von der Überschirmung im Kalkalpin und Flysch nach 5 und 8 bzw. nach 5 Vegetationszeiten

Fig. 6. Percent of survival of young firs, spruces, larches, beeches and maples according to canopy density on the experimental area 'calcareous Alps' after 5 and 8, and on the experimental area 'flysch mountains' after 5 growing seasons (0 = canopy fully closed, 1 = 30% of b. a. removed, 2 = 50% of b. a. removed, 3 = clear-cutting)

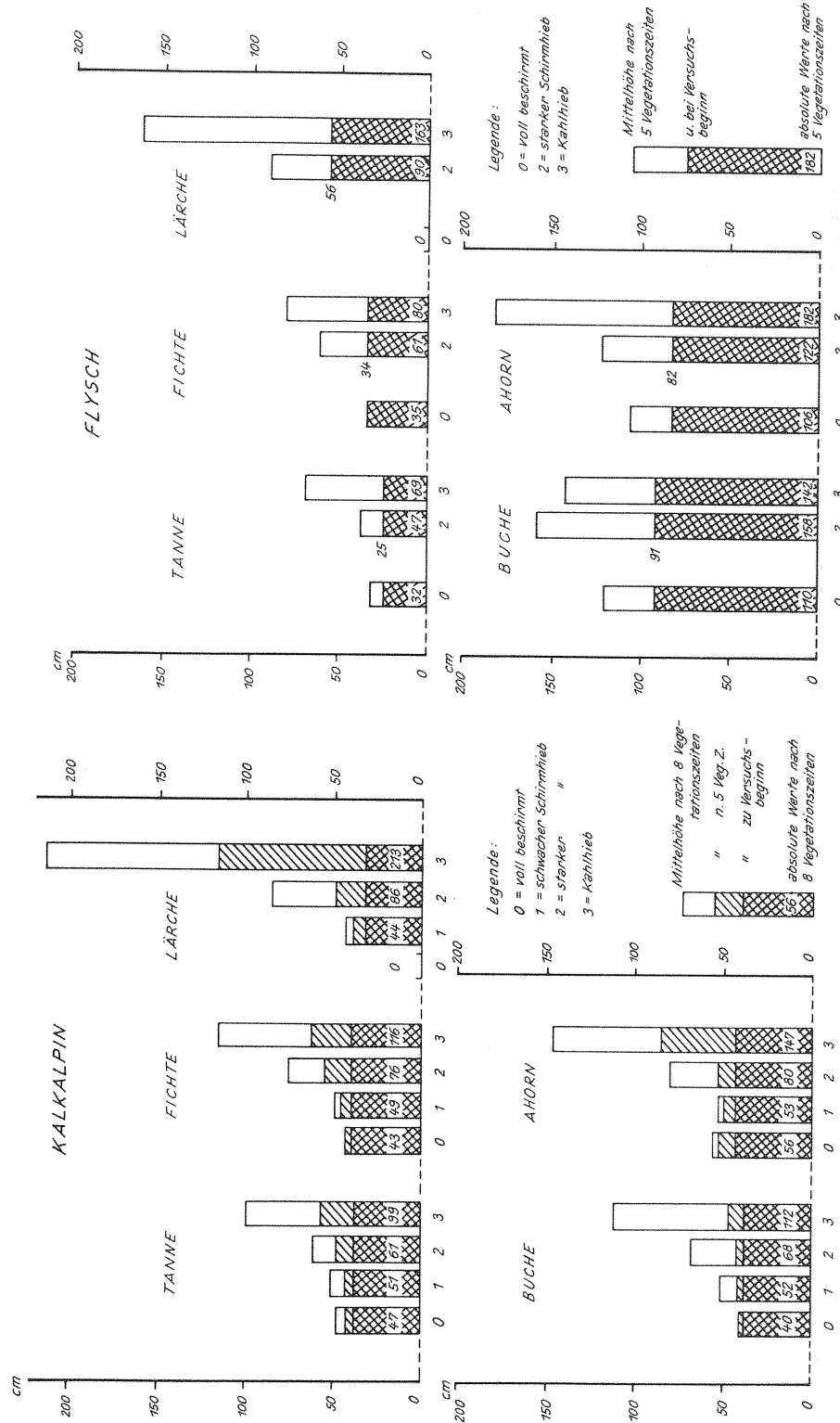


Abb. 7. Sproßlängen der jungen Bäume in Abhängigkeit von der Überschirmung im Kalkalpin und Flysch zu Versuchsbeginn sowie nach 8 und 5 Vegetationszeiten  
 Fig. 7. Mean length of shoots of young firs, spruces, larches, beeches and maples as influenced by canopy density, on the experimental area 'calcareous Alps' in spring 1977 and after 5 and 8 growing seasons, and respectively; 'flysch mountains' in spring 1980 and after 5 growing seasons

Fichten und Tannen entsprachen ihnen. Die Lärchen dagegen waren geringfügig, die Ahorne und vor allem die Buchen aber erheblich größer, kräftiger und vitaler.

Alle Bäume reagierten gleichsinnig mit einer Steigerung des Sproßlängenwachses bei zunehmendem Lichtangebot, das ein markantes Maximum auf den Freiflächen erreichte. (Die Abweichung der Buche auf der Freifläche des Flysch von dieser Regel hat versuchstechnische Gründe.)

Die Höhendifferenzierung ging im *Kalkalpin* anfangs langsam vor sich, denn die Pflanzen brauchten hier 2–3 Jahre, um den Pflanzschock zu überwinden. *Lärchen* und *Ahorne* reagierten auf den Freiflächen am raschesten, die *Tannen* und *Fichten* dagegen weit zögernder. Die *Buchen* blieben in den ersten 5 Jahren fast auf ihrer Ausgangsgröße stehen. Das änderte sich in den letzten 3 Jahren bei allen Baumarten beachtlich, denn nun liegt ihr jährlicher Zuwachs mit 20–30 cm kaum mehr unter Werten, wie sie bei künstlichen Verjüngungen gleicher Entwicklungsstufe in tieferen Lagen üblich sind. Auch die Buchen haben jetzt ihre Startprobleme hinter sich gebracht.

Im *Flysch* überwand alle Bäume die Anwuchsschwierigkeiten rascher. Ihre Reaktion auf die Überschirmung entsprach weitgehend der im *Kalkalpin* beobachteten – jedoch auf deutlich höherem Niveau. Die durch die Überschirmung verursachten Unterschiede in der Höhenwuchsleistung werden noch offenkundiger, wenn man statt der mittleren Gesamtlängen die der höchsten Pflanzen heranzieht. Diese liegen nämlich auf beiden Flächen für die stark beschirmten Varianten nur um 10–20 cm, auf den Freiflächen jedoch um 40–80 cm über den entsprechenden Mittelhöhen. Das bedeutet aber, daß die dominierenden Bäume jetzt nach 5 Jahren im *Flysch* und nach 8 Jahren im *Kalkalpin* bereits in das Dickungsstadium eintreten.

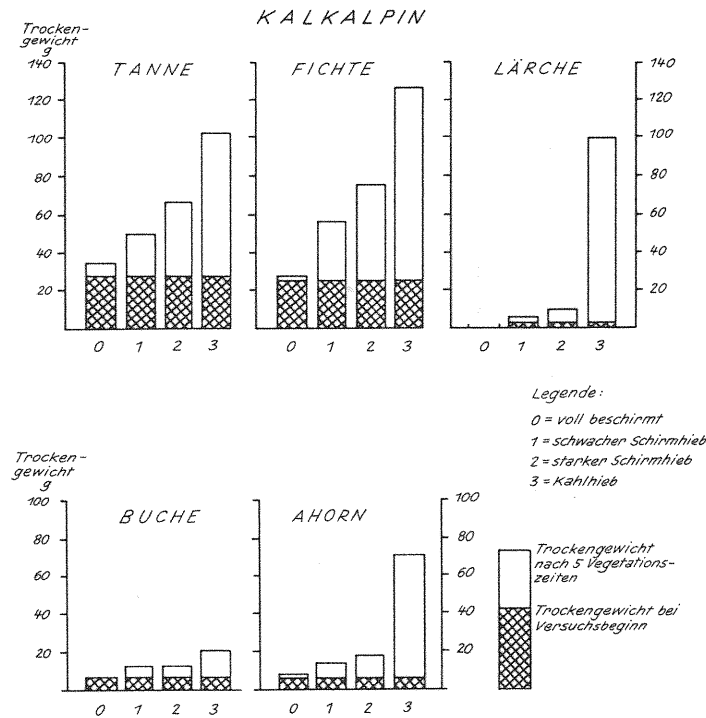


Abb. 8. Trockengewichte (g/Pfl. ober- und unterirdische Substanz) der im Kalkalpin gepflanzten Bäume nach 5 Vegetationszeiten

Fig. 8. Mean dry weights (roots and shoots in g per plant) of firs, spruces, larches, beeches, and maples according to canopy density after 5 growing seasons on the experimental area 'calcareous Alps'

### 3.4 Die Trockensubstanzerzeugung

Bisher sind die Biomasseerhebungen nur für die Forstpflanzen im *Kalkalpin* nach 5 Beobachtungsjahren abgeschlossen und können hier wiedergegeben werden (s. Abb. 8).

Sie belegen die Bedeutung des Lichtgenusses für das Wachstum unserer Forstbaumarten noch eindrucksvoller als die Sproßlängen.

Am geringsten vermochten die wenig vitalen *Buchen* ihr nur geringes Ausgangsgewicht zu steigern. Unter dem geschlossenen Altbestand vegetierten sie am Kompensationspunkt von Assimilation und Dissimilation. Und auch nach Auflockerung des Schirmes verstärkten sie ihren Trockensubstanzzuwachs nur geringfügig und unterproportional zur Steigerung der Einstrahlung. Auf der Freifläche erreichten sie lediglich das Zweieinhalbfache ihres Ausgangsgewichtes.

*Tannen* und *Fichten* leisteten unter dem Schirm den höchsten Zuwachs von den hier untersuchten Baumarten und profitierten auch bemerkenswert von der hohen Einstrahlung auf der Freifläche. Dort erreichten die Tannen nämlich das Vier- und die Fichten das Fünffache ihres schon bei Versuchsbeginn vergleichsweise hohen Ausgangswertes.

An den lichtbedürftigen *Lärchen* und *Ahornen* schließlich wird am eindrucksvollsten deutlich, wie sehr sie volle Einstrahlung brauchen. Bei nur mäßigen Zuwächsen unter Schirm steigerten die Ahorne ihre Substanzproduktion bei voller Belichtung sprunghaft auf das 8fache des Ausgangsgewichts und die Lärchen gar auf das 25fache.

Aus Abbildung 8 kann man außerdem eine Information entnehmen, die aus der Darstellung der mittleren Gesamtlängen (vgl. Abb. 7) nicht hervorgeht: Den absolut höchsten Biomassenzuwachs mit nahezu 100 g Trockengewicht je Baum haben die Fichten auf den Freiflächen geleistet. Dem stehen die Lärchen jedoch nur geringfügig nach. Inzwischen dürften sie die Fichten überholt haben; das wird die nächste Erhebung im Herbst 1986 zeigen.

### 3.5 Schlußfolgerungen

Für die fünf im Bergmischwald wichtigsten Baumarten sind auf zwei typischen Standorten zu zeitlich verschobenen Beobachtungszeiten weitgehend übereinstimmende plausible Ergebnisse erzielt worden:

- Unmittelbar nach dem Auspflanzen kann für Tanne, Fichte, Buche und Ahorn eine nicht zu starke Überschirmung zur *Abmilderung des Pflanzschocks* vorteilhaft sein. Das wird vor allem bei wenig vitalem Pflanzenmaterial deutlich. Bei dichtem Altholzschirm muß dagegen mit erheblichen Ausfällen gerechnet werden. Ist die eigentliche Anwuchphase jedoch überwunden, so wirken sich Überschirmungsgrade von 40 % und mehr immer nachteilig auf die Überlebensrate aus. Das Anwuchsprozent der Lärchen wird durch jede Art von Überschirmung von Anfang an ungünstig beeinflusst.
- Der Zuwachs aller hier untersuchten Baumarten wird durch Überschirmung erwartungsgemäß immer herabgesetzt. Das wird am deutlichsten an der *Trockengewichtserzeugung*, zeigt sich aber ebenso bei anderen Wachstumsparametern wie der Höhen- oder auch der – hier nicht dargestellten – Durchmesserentwicklung. Alle Baumarten – die besonders schattenertragenden Tannen und Buchen eingeschlossen – leisten somit zwar die höchsten Zuwächse auf Freiflächen. Genauso wichtig ist jedoch der Befund, daß sich auch unter lichtem Schirm noch beachtliche Zuwächse erzielen lassen.
- Die gepflanzten Jungwüchse haben auf den Freiflächen *Höhenzuwächse*, die vergleichbaren Kulturen im Flachland kaum nachstehen. Sie können also durchaus auch in der montanen Stufe im Verlaufe von längstens 10 Jahren das Dickungsstadium erreichen.

Die Versuchsergebnisse spiegeln durchschnittliche Verhältnisse für die Verjüngungen des Bergmischwaldes wider. Es können deshalb daraus einige Schlüsse von allgemeiner Gültigkeit gezogen werden:

- Der Bergmischwald läßt sich überall dort durch Pflanzung problemlos wiederherstellen, wo das mit natürlicher Verjüngung nur noch teilweise oder gar nicht möglich bzw. auch nicht erwünscht ist.
- Der Wirtschaftler hat dabei die vorteilhafte Möglichkeit, ganzflächige Neukulturen ebenso wie Ergänzungspflanzungen in Altbeständen vorzunehmen, wenn deren Schirm nicht zu dicht gehalten wird. Lediglich die Lärche verträgt nur geringe Überschildung. Diese Möglichkeit sollte häufiger genutzt werden als bisher üblich, um die Verjüngung dieses anspruchsvollen Waldtyps in all jenen Fällen ohne Zeitverlust in Angriff zu nehmen, wo abzusehen ist, daß die natürliche Verjüngung nicht oder nur unzureichend ankommt und dies auch künftig nicht zu erwarten ist.
- Aber auch Kahlflächen – gleichgültig, wie sie entstanden sind – stellen selbst für empfindliche Baumarten wie die Tanne kein Hindernis dar, um den Bergmischwald wieder neu aufzubauen, was im übrigen bereits im vergangenen Jahrhundert vielfach unter Beweis gestellt worden ist.
- Die Versuchsergebnisse unterstreichen einmal mehr, wie wichtig es ist, große und vitale Pflanzen bei der Kultur zu verwenden, um Pflanzschocks und Unkrautkonkurrenz rasch zu überwinden. Dann ist es auch im Gebirge auf besonders unkrautwüchsigen Standorten wie im Flysch unter Schirm möglich, die Jungwüchse in erstaunlich kurzer Zeit aus der Hauptgefahrzone herauszubringen.
- Gut gemischte Jungbestände lassen sich allerdings nicht in absehbarer Zeit sichern, wenn sie nicht wirkungsvoll gegen Wild und Weidebetrieb geschützt werden. Die waldbauliche Planung geht vor allem im Gebirge oft davon aus, es könne in naher Zukunft gelingen, Schalenwild und Waldweide so weit zu reduzieren, daß sich die waldbaulichen Ziele auch ohne Zaunschutz realisieren lassen. Nach den Entwicklungen in den letzten Jahrzehnten zu schließen, ist das aber ein Wunschtraum. Es muß also gezäunt werden. Das stößt im Gebirge allerdings auf technische Schwierigkeiten und ist dementsprechend teuer. Wenn überhaupt gezäunt werden kann, dann muß die verbißgefährdete Verjüngung in einem „Zaunumtrieb“ von maximal 20 Jahren aus der Gefahrenzone herausgebracht werden. Unter diesen Umständen kann es dann empfehlenswert sein, mit nicht zu langen Überschildungszeiträumen zu arbeiten, damit die Verjüngung rechtzeitig aus der Verbißhöhe herauswachsen kann.

## 4 Verjüngungsökologische Eigenarten von Löcherhieben im Bergmischwald

### 4.1 Vorbemerkung

Im Gebirge werden geschlossene Altbestände zur Einleitung der Naturverjüngung häufig stärker aufgelichtet als vergleichbare Bestände im Flachland. Dies wird damit begründet, daß im Gebirge die Wärme der für das An- und Fortkommen der Naturverjüngung begrenzende Faktor sei. Deshalb müßten zur Förderung des Wärmeumsatzes am Boden und der Naturverjüngung größere Öffnungen im Kronendach der Altbestände vorgenommen werden. Dies kann durch Löcherhiebe oder durch ihnen in der Wirkung gleichkommende, starke, unregelmäßige Schirmhiebe geschehen. In beiden Fällen entstehen Bestandeslöcher, die als Gebirgsfemel bezeichnet werden, obwohl sie mit dem klassischen Bayerischen Femelhieb nichts zu tun haben (Einzelheiten dazu bei MOSANDL 1984). Die Erforschung der Verjüngungsabläufe auf solchen Lochschlägen bildet Teil des hier dargestellten Untersuchungsvorhabens, da diese sowohl in der forstlichen Praxis häufig Verwendung gefunden haben, nicht selten aber auch als zufälliges Ereignis durch Sturm- oder Schneeschäden entstehen. Vier Löcherhiebe, die Öffnungen mit einem Durchmesser von 30 m schufen, waren zu diesem Zweck in sonst geschlossene Verjüngungsbestände eingelegt worden (s. Tab. 2 und Abb. 3).

### 4.2 Die Auswirkungen von Löcherhieben auf die mikroklimatischen Verhältnisse

Die kleinklimatischen Bedingungen auf Lochschlägen sind eingehend untersucht worden. Aus den Befunden lassen sich folgende für den Verjüngungsbetrieb bedeutsame Schlüsse ziehen:

**Licht** (s. Abb. 9):

- Mit einem günstigen Lichtangebot auf der Lochfläche können nur Naturverjüngungspflanzen rechnen, die vor dem Hieb bereits vorhanden waren oder in den ersten Jahren danach ankommen.
- Bereits nach 5 Jahren steht dieses günstige Lichtangebot nur mehr Pflanzen zur Verfügung, die aus der sich bis dahin schnell entwickelnden Bodenvegetation herausragen.
- Alle Forstpflanzen, die sich dann unter der dichten Bodenvegetation befinden, müssen mit stark reduzierten Lichtverhältnissen auskommen. Ihr Wachstum wird dadurch erheblich beeinträchtigt.

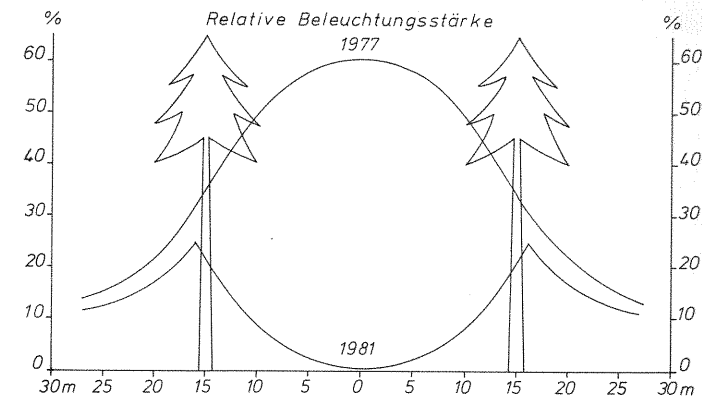


Abb. 9. Die relative Beleuchtungsstärke in den Jahren 1977 und 1981 am Boden der Lochhiebparzellen (Mittelwerte der vier Lochhiebparzellen). 1977: keine Bodenvegetation vorhanden, 1981: dichte Bodenvegetation in der Lückenmitte

Fig. 9. Relative light intensity in 1977 and 1981, measured at the ground surface of the group-felling plots (means of four group-felling plots). 1977: no ground vegetation, 1981: dense ground vegetation in the middle of the gap

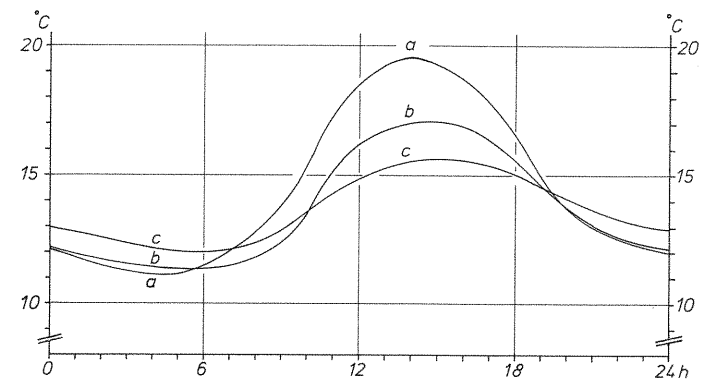


Abb. 10. Mittlere Tagesgänge der Lufttemperatur in den Monaten Juni bis September 1981 in 50 cm Höhe über dem Boden auf einer unbeschilderten (a) und einer vollbeschilderten (c) Parzelle sowie auf der Lochhiebparzelle I (b)

Fig. 10. Daily progress of temperature in 1981 (June to September, measured 50 cm above ground on a clear-cutting (a), group-felling (b) and control plot (c)

Temperatur (s. Abb. 10):

- Auf Lochhieben sind am Tag die Temperaturen höher und in der Nacht tiefer als im Altbestand. Für die Stoffproduktion der Forstpflanzen ist dies als günstig anzusehen (BAUMGARTNER 1960).
- Frostschäden an den Forstpflanzen sind nicht zu befürchten. Durch den Luftaustausch mit dem angrenzenden Altbestand sowie durch das Abfließen der Kaltluft am Hang kommt es nicht zur Entstehung von tiefen, die Forstpflanzen gefährdenden Temperaturen auf der Lochfläche.
- Mit Überhitzungsschäden ist im allgemeinen nicht zu rechnen.

Niederschlag (s. Abb. 11 a und b):

Regenniederschlag stellt auf Lochschlägen des Gebirgswaldes keinen das Pflanzenwachstum begrenzenden Faktor dar. Allenfalls unter den stark untersonnten Altholz-südhängen kann kurzzeitige, oberflächliche Bodenaustrocknung zum Absterben von Keimlingen führen.

Der Schnee verteilt sich in charakteristischer Weise auf den Lochhiebparzellen.

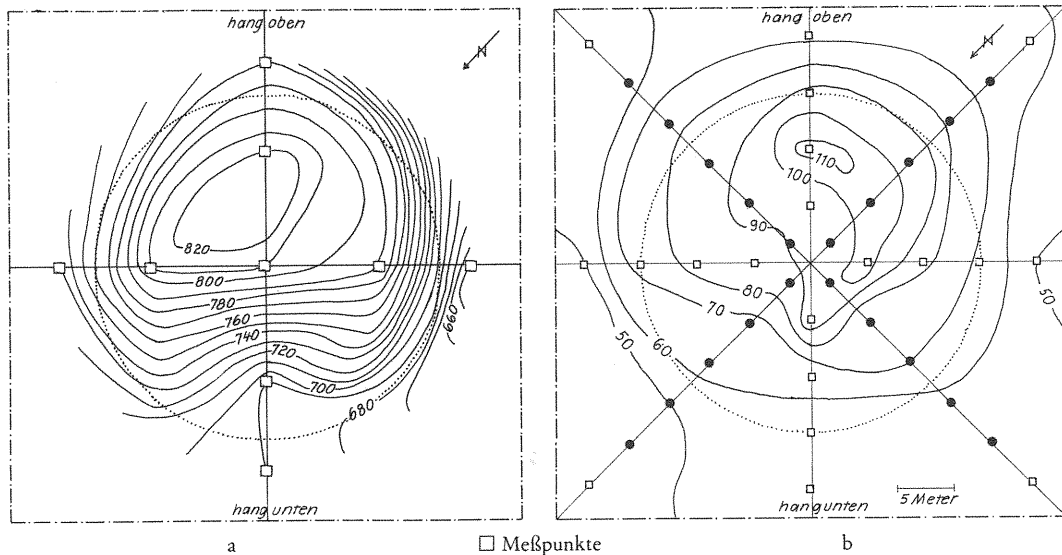


Abb. 11. Die Niederschlagsverteilung auf der Lochhiebparzelle II. a. Regensumme von Juni bis September 1981 in mm, b. Mittlere Schneedeckenhöhe im Winter 1981/82 in cm

Fig. 11. Distribution of precipitation on the group-felling plot II. a. rain (June to September 1981) in mm, b. mean snow height in winter 1981/82 in cm

Die unterschiedliche Schneeanhäufung und Einstrahlung führen innerhalb der Lochhiebparzellen zu typischen, stets in ähnlicher Form wiederkehrenden Ausaperungsvorgängen (Abb. 12), die immer wesentlich langsamer verlaufen als in den angrenzenden geschlossenen Beständen.

Dies hat zur Folge, daß die Vegetationszeit auf den spät ausapernden Flächenteilen bis zu 6 Wochen gegenüber früh ausapernden Stellen verkürzt sein kann. Gerade Holzpflanzen reagieren sehr empfindlich auf eine Einengung der ihnen zur Verfügung stehenden produktiven Vegetationszeit (TURNER 1961).

Ein schädigender Einfluß des Schneeschubes auf die Forstpflanzen konnte trotz beachtlicher Schneegleitstrecken von bis zu 80 cm nirgends festgestellt werden.

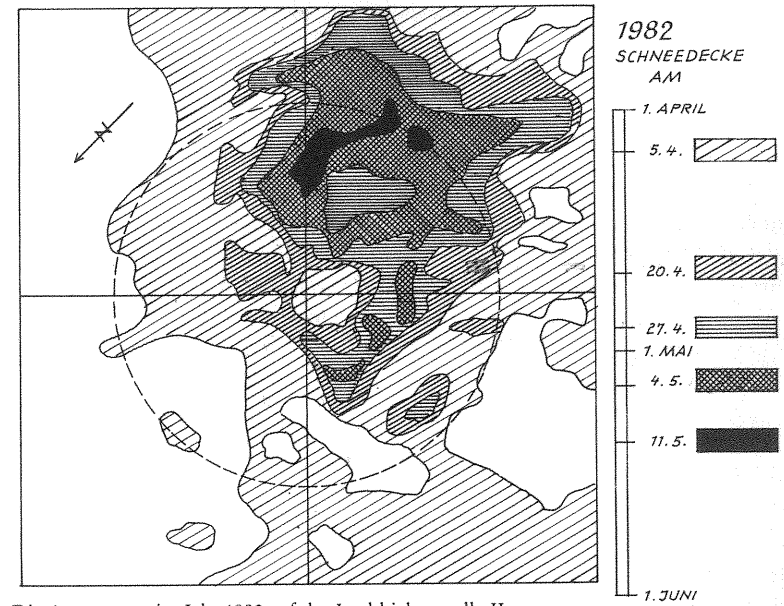


Abb. 12. Die Ausaperung im Jahr 1982 auf der Lochhiebparzelle II  
Fig. 12. Process of snowmelt in 1982 on group-felling plot II

### 4.3 Die Entwicklung der Bodenvegetation auf Lochschlägen

Die Bodenvegetation reagierte auf das gegenüber dem geschlossenen Altbestand verbesserte Licht-, Wärme- und Wasserangebot mit einem vehementen Seiten- und Höhenwachstum. Die nach dem Hieb in Gang gekommene Bodenvegetationsentwicklung und deren Verteilung auf der Lochfläche werden aus Abbildung 13 ersichtlich.

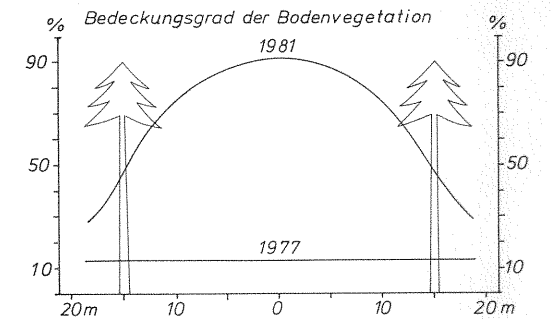


Abb. 13. Der Bedeckungsgrad der Bodenvegetation in den Jahren 1977 und 1981 (Mittelwerte der vier Lochhiebparzellen). Vergleiche dazu auch Abb. 9

Fig. 13. Percent of ground cover in 1977 and 1981 (means of four group-felling plots)

Eine derartig dichte Bodenvegetation ist nun in zweifacher Hinsicht bedeutsam für die Forstpflanzen:

- Das Ankommen von Naturverjüngungspflanzen wird erschwert und
- vorhandene noch nicht gefestigte Forstpflanzen geraten in Bedrängnis.

### 4.4 Die Naturverjüngungsprozesse nach dem Lochhieb

#### 4.4.1 Die Samenproduktion

Im Untersuchungszeitraum haben alle Baumarten fruktifiziert und in beachtlichem Umfang Samen bzw. Früchte bereitgestellt (Tab. 17).

Tabelle 17

Die Dichte der Fichten- und Tannensamen, der Bucheckern und der Ahornfrüchte sowie ihre Keim- bzw. Lebensfähigkeit in verschiedenen Samenjahren auf der Lochhiebpazelle II

Density and germinative capacity of spruce, fir, beech and maple seeds (N/m<sup>2</sup>) in different years on group-felling plot II

Samenjahr	Fichte		Tanne		Buche		Ahorn	
	Samen N/m <sup>2</sup>	davon keimfähig %	Samen N/m <sup>2</sup>	davon keimfähig %	Eckern N/m <sup>2</sup>	davon lebensfähig %	Früchte N/m <sup>2</sup>	davon lebensfähig %
1976/77	87	32	6	19	< 1	0	1	13
1977/78	177	44	2	0	39	28	9	32
1978/79	5	3	0	0	0	0	< 1	0
1979/80	< 1	0	4	27	< 1	0	11	68
1980/81	63	30	13	30	< 1	0	< 1	0
1976-1981	333	37	25	25	39	19	21	50

Die Samen bzw. Früchte waren nicht gleichmäßig am Boden verteilt. Ihre Dichte nahm vielmehr in gesetzmäßiger Weise mit der Entfernung vom Altbestandsrand ab (Abb. 14). Damit ging jedoch keine Verschlechterung der Keimfähigkeit einher.

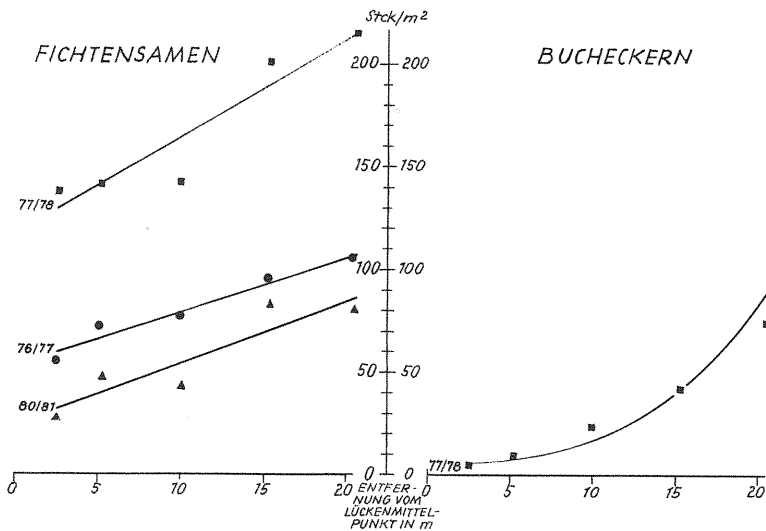


Abb. 14. Die Dichten der Fichtensamen und Bucheckern in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt (Lochhiebpazelle II)

Fig. 14. Relationship between density of seeds (spruce and beech) and distance from the gap centre (group-felling plot II)

### 4.4.2 Die Naturverjüngungspflanzen

#### 4.4.2.1 Nach dem Eingriff angekommene Pflanzen

##### 4.4.2.1.1 Dichte und Verteilung

Aus dem im Zeitraum von 1976 bis 1981 bereitgestellten Samenangebot entwickelten sich bemerkenswert dichte Naturverjüngungen auf den Lochhiebpazellen. Alle Baumarten zusammengefaßt waren es zwischen 4 und 14 Pflanzen pro m<sup>2</sup> (s. Tab. 18). Bis zum Herbst 1981 war von diesen Pflanzen jedoch bereits ein Großteil wieder verschwunden (s. Tab. 19). Die Pflanzenzugänge zeigten in der Regel die gleichen Verteilungsmuster wie die Samendichten. Sie nahmen also mit der Entfernung vom Altbestandsrand ab (s. Abb. 15 oben). Im Herbst des Jahres 1983 ist dieses Muster immer noch zu erkennen (s. Abb. 15 unten).

Es ist also festzuhalten, daß Dichte und Verteilung der Naturverjüngungspflanzen zu allererst durch das Samenangebot bestimmt werden. Daneben prägten jedoch auch noch andere Faktoren das Verteilungsbild der auflaufenden Keimlinge:

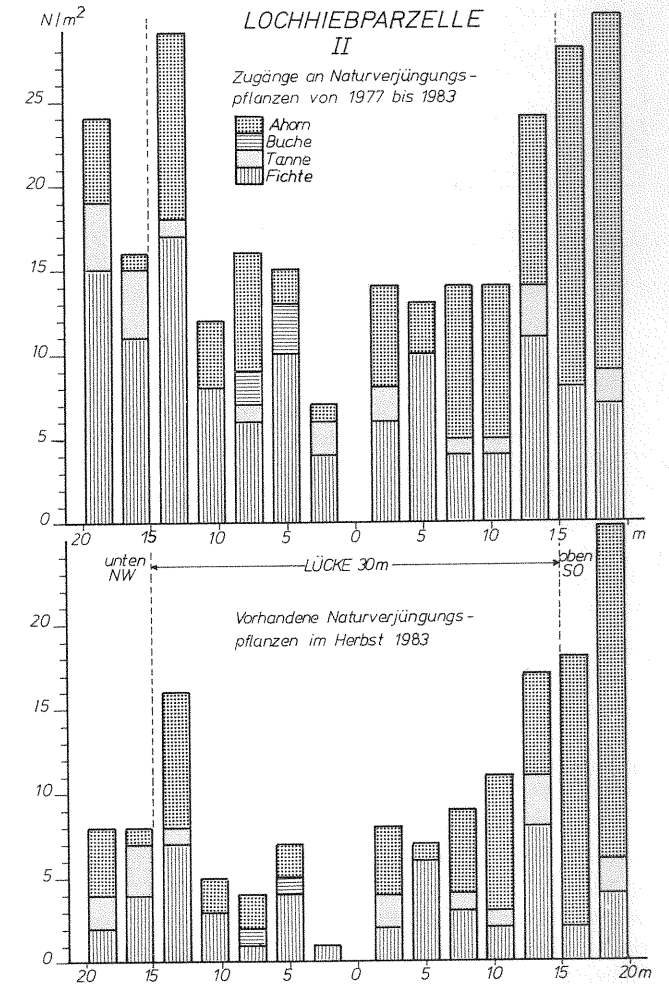


Abb. 15. Die Verteilung der Naturverjüngungspflanzen auf der Lochhiebpazelle II. Oben: Zugänge 1977 bis 1983, unten: Herbststand 1983

Fig. 15. Distribution of natural regeneration on group-felling plot II. Top: sum of plants germinated between 1977 and 1983, bottom: plants germinated between 1977 and 1983, and remaining in autumn 1983

Tabelle 18

Zugänge an Naturverjüngungspflanzen ( $N/m^2$ ) im Zeitraum 1977 bis 1981 auf den vier LochhiebparzellenNatural reproduction ( $N/m^2$ ) germinated between 1977 and 1981 on the four group-felling plots

Lochhieb-Parzelle	FI	TA	BU	AH	$\Sigma$
I	0.7	0.4	0.5	5.3	7.9
II	7.2	0.9	0.3	5.3	13.7
III	2.7	0.7	0	0.3	3.6
IV	9.8	0.2	0	0.3	10.3

Tabelle 19

Die Dichte der Naturverjüngungspflanzen ( $N/m^2$ ) im Herbst 1981 auf den vier Lochhiebparzellen (im Zeitraum 1977–1981 gekeimte Pflanzen)Density of natural reproduction ( $N/m^2$ ) germinated between 1977 and 1981 and remaining in autumn 1981 on the four group-felling plots

Lochhieb-Parzelle	FI	TA	BU	AH	$\Sigma$
I	0.3	0.9	0.3	3.5	5.0
II	3.2	0.5	0.1	4.0	7.8
III	0.3	0.2	0	0.3	0.8
IV	0.9	0.1	0	0.2	1.2

- Im Jahr 1978 war bei keiner Baumart und auf keiner Parzelle eine Abnahme der Keimlingsdichte mit der Entfernung vom Bestandesrand festzustellen. Starker Mäusefraß an Samen und Keimlingen verhinderte in diesem Jahr die Herausbildung des sonst üblichen Verteilungsbildes.
- Auch die Bodenvegetation beeinflusste das Ankommen der Keimlinge. Dies kam besonders deutlich auf der Lochhiebparzelle IV zum Vorschein. Hier hatte die Fichte in den Jahren 1976/77 und 1981/82 etwa in gleichem Umfang Samen gebildet. Die Verteilung der Samen über die Fläche dürfte in beiden Jahren ähnlich gewesen sein. Trotzdem verteilten sich die auflaufenden Fichtenkeimlinge des Jahres 1977 völlig anders als die des Jahres 1982. Dies ist nur damit zu erklären, daß sich auf der 1977 noch weitgehend vegetationsfreien Parzelle bis zum Jahr 1982 im Zentrum eine so dichte Bodenvegetation eingefunden hatte, daß das Ankommen der Keimlinge dadurch behindert wurde (Abb. 16).

Das Verteilungsmuster der einmal aufgelaufenen Keimlinge wurde dann vor allem von zwei weiteren Faktoren beeinflusst:

- Im Zentrum der Lochflächen, insbesondere der höher gelegenen Parzellen, fand Schneeschimmel bei langer Schneebedeckung und reichlicher Bodenvegetationsbedeckung ideale Entwicklungsbedingungen. Er war in erster Linie dafür verantwortlich, daß inzwischen dort keine von den 1977 gekeimten Fichten mehr am Leben ist. Lediglich am Altbestandsrand, wo die Entwicklungsbedingungen für den Schneeschimmel ungünstiger waren, konnten 20 % der Fichten überleben.
- Auch unter dem dichten Altholzschirm waren die Lebensbedingungen trotz der dort viel kürzeren Schneelage für die Naturverjüngungspflanzen nicht optimal. Hier verursachte die Konkurrenz des dichten Altholzes erhebliche Ausfälle.

Die höchsten Pflanzendichten sind demzufolge im allgemeinen am Lückenrand zu erwarten. Hier sind das Samenangebot und die Überlebenswahrscheinlichkeit hoch. Die niedrigsten Pflanzendichten stellen sich in der Lückenmitte ein, bedingt durch ein niedrigeres Samenange-

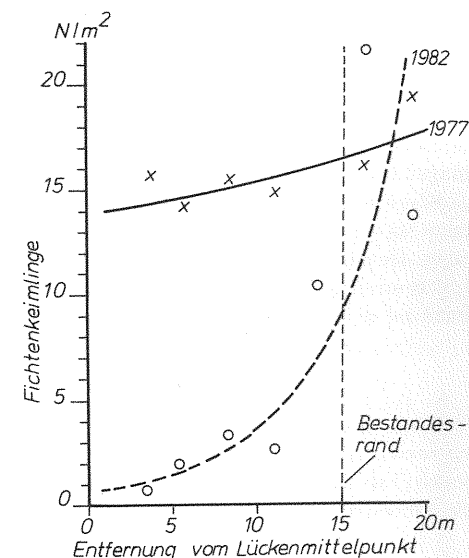


Abb. 16. Die Verteilung der aufgelaufenen Fichtenkeimlinge im Jahr 1977 und im Jahr 1982 auf der Lochhiebparzelle IV

Fig. 16. Distribution of spruce seedlings germinated in 1977 and 1982 (group-felling plot IV)

bot und in vielen Fällen eine geringere Überlebensrate der Pflanzen. Unter dem Altholzschirm sind zwar das Samenangebot und die Dichte der auflaufenden Keimlinge sehr hoch, die Lebensdauer der Pflanzen wird jedoch durch die Altholzkonzurrenz begrenzt.

Der Optimalbereich am Bestandesrand bei relativen Beleuchtungsstärken um 40 % – das entspricht einem Beschirmungsgrad von ebenfalls 40 % – wird durch die Befunde von den übrigen Versuchspartzen des Forschungsprojektes „Bergmischwald“ bestätigt (s. Kap. 2.2.1.1). Hier wies nach fünf Jahren die Parzelle „starker Schirmhieb“, auf der eine relative Beleuchtungsstärke von etwa 40 % herrscht, die höchsten Pflanzendichten auf (s. Abb. 17).

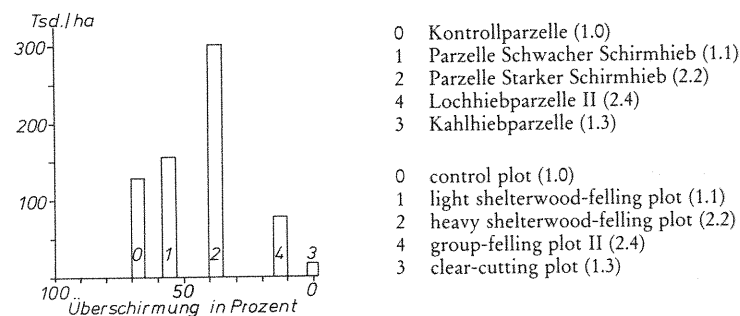


Abb. 17. Die Pflanzendichte in Abhängigkeit von der Überschirmung. Pflanzen, die im Versuchszeitraum (1977–1981) hinzugekommen sind und im Herbst 1981 noch vorhanden sind

Fig. 17. Relationship between plant density and crown-canopy closure. Plants germinated between 1977 and 1981, and remaining in autumn 1981

Auf den Lochhiebparzellen gehören nur relativ kleine Flächenteile zu diesem Optimalbereich, in dem hohe Pflanzendichten erwartet werden können. Große Flächenteile, besonders in der Mitte der Lücken, sind nur mit wenigen oder überhaupt keinen Verjüngungspflanzen bestanden. Die teilweise beachtlichen mittleren Dichtewerte der Pflanzen im Herbst 1981 (Tab. 19) dürfen also nicht über die ungünstige Verteilung dieser Pflanzen hinwegtäuschen.

#### 4.4.2.1.2 Die Sproßlängen

Pflanzen der Keimjahrgänge 1977–81 waren nicht nur ungünstig verteilt, sie legten zudem noch ein mäßiges Sproßlängenwachstum an den Tag. Selbst jene, die in den ersten beiden Jahren nach dem Hieb auf der Fläche ankamen und die noch nicht mit einer mächtigen Bodenvegetationsdecke zu kämpfen hatten, erreichten in der Mitte der Löcher bei einer relativen Beleuchtungsstärke von 70 % keine größeren durchschnittlichen Höhen als 13 cm.

Bis zum Herbst 1981 war auf keiner Lochfläche auch nur eine einzige aus dem Versuchszeitraum stammende Verjüngungspflanze zu sehen, die aus der dichten Bodenvegetation herausragte. Demgegenüber hatte die Bodenvegetation in der Lückenmitte eine Höhe von etwa 1,50 m erreicht. Damit war klar, daß mit einem aus Naturverjüngung hervorgehenden Jungbestand auf den Lochhiebparzellen in absehbarer Zeit nicht zu rechnen ist.

#### 4.4.2.2 Vor dem Eingriff bereits vorhandene Pflanzen

Durchaus anders verhielten sich dagegen solche Verjüngungspflanzen, die zu Versuchsbeginn auf den Lochhiebparzellen – wenn auch als sehr kleine Individuen – bereits vorhanden gewesen waren (Tab. 20). Allerdings waren das mit 0,2 bis 1,2 Pflanzen pro m<sup>2</sup> nur sehr wenige. Auch ließ die Baumartenzusammensetzung dieser Verjüngung zu wünschen übrig.

Tabelle 20

Die Dichte der Naturverjüngungspflanzen (N/m<sup>2</sup>), die zu Versuchsbeginn auf den Lochhiebparzellen bereits vorhanden waren, im Frühsommer 1977 und im Herbst 1981

Density of plants, germinated before 1977, in early summer of 1977, and autumn of 1981

Lochhieb-Parzelle	Jahr	FI	TA	BU	AH	Σ
I	1977	0	0.2	0.1	0.9	1.2
	1981	0	0.2	0.1	0.6	0.9
II	1977	0	0	0	0.2	0.2
	1981	0	0	0	< 0.1	< 0.1
III	1977	< 0.1	0.1	0	< 0.1	0.2
	1981	< 0.1	0.1	0	< 0.1	0.2
IV	1977	0	< 0.1	0	0.2	0.2
	1981	0	< 0.1	0	0.2	0.2

Bemerkenswert war jedoch, daß die wenigen älteren Pflanzen im Herbst 1981 fast alle noch auf den Lochhiebparzellen anzutreffen waren (Tab. 20). Sie hatten damit eine deutlich höhere Überlebensrate als die im Versuchszeitraum neu hinzugekommenen Pflanzen. Auch waren sie wesentlich gleichmäßiger über die Fläche verteilt als die Pflanzen, die sich nach dem Lochhieb eingefunden hatten.

Diese älteren Pflanzen legten ein beachtliches, deutlich nach der relativen Beleuchtungsstärke differenziertes Sproßlängenwachstum an den Tag. Einzelne Ahornpflanzen erreichten bis zum Herbst 1981 Höhen von nahezu 1,40 m, Werte also, wie sie auch an den auf den Kahlhiebparzellen stockenden älteren Ahornpflanzen – die dort allerdings ungleich zahlreicher vertreten waren (vgl. Kap. 2) – gemessen wurden.

Die Situation der Naturverjüngung auf den Lochhiebparzellen wäre demnach sicherlich besser zu beurteilen gewesen, wenn zur Zeit des Eingriffs bereits eine große Zahl von Verjüngungspflanzen auf den Flächen vorhanden gewesen wäre.

#### 4.5 Die Entwicklung von gepflanzten Bäumen unter den besonderen Bedingungen des Lochhiebs

Auf die Lochhiebparzellen wurden im Frühjahr 1977 Pflanzen derselben Sortimente ausgebracht, über die im vorangegangenen Kapitel berichtet wurde. Sie hatten sich bis zum Herbst 1981 erstaunlich gut entwickelt. Wie die zu Versuchsbeginn bereits vorhandenen älteren Naturverjüngungspflanzen zeichneten sie sich durch hohe Überlebensraten aus.

Bis zum Herbst 1981 hatten sie Durchmesser und Höhen erreicht, die die entsprechenden Werte der Naturverjüngungspflanzen weit in den Schatten stellten. Lediglich einige ältere bei Versuchsbeginn bereits vorhandene Naturverjüngungspflanzen – vor allem Ahornpflanzen – konnten in ihrem Wachstum mit den gepflanzten Bäumen mithalten (s. Abb. 18).

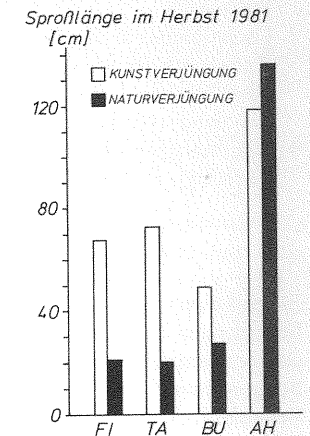


Abb. 18. Vergleich zwischen künstlicher und natürlicher Verjüngung: Die höchsten Fichten, Tannen, Buchen und Ahorne im Herbst 1981 auf den Lochhiebparzellen

Fig. 18. Comparison between artificial and natural regeneration: tallest spruce, fir, beech, and maple in autumn 1981 on the group-felling plots

#### 4.6 Beurteilung der Löcherhiebe

Löcherhiebe werden aus bringungstechnischen, hydrologischen und waldbautechnischen Gründen meist uneingeschränkt befürwortet. Aus waldbauökologischer Sicht müssen sie jedoch differenzierter beurteilt werden:

Wird ein Lochhieb in einem dicht geschlossenen Altbestand geführt, in dem sich zum Hiebszeitpunkt keine nennenswerte Naturverjüngung am Boden befindet, dann wird durch diesen Eingriff in erster Linie die Entwicklung der Bodenvegetation gefördert. Die in einer ungünstigen Verteilung auf der Fläche ankommende Naturverjüngung muß sich gegen den starken Konkurrenzdruck der schnell expandierenden Bodenvegetation durchsetzen. Dies ist ein sehr unsicheres und auf alle Fälle ein sehr langwieriges Unterfangen. Löcherhiebe zur Einleitung der Naturverjüngung führen deshalb nicht oder zumindest nicht in überschaubaren Zeiträumen zu gesicherten Verjüngungen und sind deshalb für diesen Zweck nicht geeignet.

Wird dagegen über bereits angekommener reichlicher Naturverjüngung aufgelichtet – es handelt sich dann nicht um einen Lochhieb sondern einen Lichtungshieb – so erhalten die Forstpflanzen einen Wettbewerbsvorsprung gegenüber der Bodenvegetation. Hohe Überlebensprozente und rasches Wachstum der Forstpflanzen garantieren innerhalb einer kurzen Zeitspanne eine gesicherte Verjüngung.

Gepflanzte Bäume verhalten sich auf den Lochhiebsflächen wie vorhandene, ältere Naturverjüngungspflanzen nach einem Lichtungshieb. Werden kräftige Pflanzen verwendet und wird sofort nach dem Lochhieb gepflanzt, dann ist die Sicherheit sehr groß, daß das Verjüngungsziel, ein gemischter Bergwald, erreicht wird. In dieser Hinsicht sind Löcherhiebe also zu empfehlen. Sie bieten bei künstlichen Verjüngungen gegenüber stark geführten Schirmhieben mehrere Vorteile:



- Auf Lochhiebsflächen steht das für gutes Anwachsen und eine zufriedenstellende Weiterentwicklung der Forstpflanzen notwendige Lichtangebot zur Verfügung,
- Löcherhiebe erhöhen - nach unseren Beobachtungen - das Sturmrisiko der Altbestände weniger als starke Schirmhiebe,
- sie lassen geringere Fäll- und Rückeschäden an den Forstpflanzen erwarten,
- sie sind einfacher auszuzeichnen und besser zu kontrollieren,
- Holzernte und Holzbringung können rationeller bewerkstelligt werden, da die Holzmenge konzentriert anfällt.

Abschließend seien die vier Schlußfolgerungen, zu denen die Untersuchung der verjüngungsökologischen Eigenarten von Löcherhieben geführt hat, zusammengestellt:

1. Löcherhiebe sind zur Einleitung der Naturverjüngung nicht zielführend und deshalb zu unterlassen.
2. Löcherhiebe zur Begründung künstlicher Verjüngung sind uneingeschränkt zu befürworten.
3. Angesichts der Schwierigkeiten, die sich vielfach im Bergmischwald mit der Naturverjüngung ergeben, sollte stärker von der Pflanzung Gebrauch gemacht werden. Allerdings läßt sich dabei zum jetzigen Zeitpunkt ein Zaunschutz nicht umgehen.
4. Alle Aussagen dieser Untersuchung sind auf Lücken, die außerplanmäßig im Forstbetrieb entstehen, z. B. durch Sturmwurf oder durch neuartige Waldschäden, übertragbar.

### Zusammenfassung

Es wird eine erste umfassende Darstellung von Ergebnissen gebracht, die im Verlaufe eines 5- bis 8jährigen Beobachtungszeitraumes auf Dauerversuchsflächen des Lehrstuhls für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München zur Erforschung der Verjüngungsvorgänge im Bergmischwald des Alpenraumes erarbeitet worden sind. Die Versuchsanlage besteht aus 11 Versuchsflächen, von denen 9 im Bereich der Kalkalpen des Forstamtes Ruhpolding und zwei in den Flyschvorbergen des Forstamtes Siegsdorf liegen. Die Zahl der Versuchspartellen mit unterschiedlicher waldbaulicher Behandlung beträgt 23. Mitgeteilt werden Ergebnisse aus den Untersuchungsbereichen:

- Ablauf der Naturverjüngungsprozesse,
- Ankommen und Entwicklung der Kunstverjüngung,
- ökologische und verjüngungstechnische Eigenarten von Löcherhieben.

#### Die Naturverjüngungsprozesse

Die Althölzer des Bergmischwaldes sind verjüngungsbereit. Nahezu jährlich fruktifiziert mindestens eine der beteiligten Baumarten. Längere Fruktifikationsintervalle kommen nur bei der Buche vor. Die produzierte Samenmenge reicht zur Sicherung der Verjüngung voll aus.

Auch in geschlossenen Altbeständen finden sich permanent Verjüngungspflanzen aller beteiligten Baumarten in sehr großer Dichte am Boden. Deren Überlebens- und Entwicklungschancen werden durch waldbauliche Maßnahmen zur Auflichtung des Altholzschirmes ganz außerordentlich verbessert.

Alle Baumarten des Altholzes finden sich auch in der Verjüngung wieder. Dabei haben Tanne und Buche keine Schwierigkeiten anzukommen, während sich die Fichte zunächst eher schwer tut. Der Ahorn ist auch bei nur geringer Beteiligung am Altbestand so verjüngungskräftig, daß er in der Verjüngungsschicht leicht dominiert.

Die Standorte des Untersuchungsgebietes stellen keinen begrenzenden Faktor für die natürliche Verjüngung dar. Der Bodenzustand ist für das Ankommen der Verjüngung so günstig, daß er durch Bearbeitung nicht wesentlich verbessert werden kann.

Bei entsprechendem waldbaulichen Vorgehen - was vor allem Arbeiten mit Schirmhieben bedeutet - kommt die Naturverjüngung flächendeckend und in einer Verteilung an, die eine zielgerechte Ausformung des zukünftigen Bestandes ermöglicht. Die sich abzeichnenden Pro-

bleme sind nicht Unterbestockung, sondern Überdichte und Ungleichmäßigkeit in der Beteiligung der einzelnen Baumarten.

Die Entwicklung der Pflanzenhöhen steht in enger Beziehung zum Lichtgenuß. Aber auch nach stark geführten Schirmhieben geht das Höhenwachstum nur langsam vonstatten und macht verhältnismäßig lange Verjüngungszeiträume erforderlich, was im Gebirge meist angestrebt wird. Wird ausreichend dicht angekommener Verjüngung - auch wenn diese noch niedrig ist - volle Belichtung gegeben, so entwickelt sie sich vehement, wobei der Ahorn allen anderen Arten vorausseilt.

Die Pflanzendichten von Fichte, Buche und Ahorn werden in den frühen Entwicklungsphasen der Verjüngung nicht oder nur in geringem Umfang durch Verbiß beeinflusst, während die der Tannenverjüngung bereits in diesem Stadium durch Verbiß deutlich verringert wird.

Das Höhenwachstum der Verjüngungspflanzen aller Baumarten wird solange nicht durch Verbiß beeinträchtigt, wie die erreichte Sproßlänge gering ist. Wird eine zwischen etwa 20 und 50 cm liegende Schwelle jedoch überschritten, so kann es zu so starkem Verbiß kommen, daß die weitere Entwicklung vollständig unterbunden wird.

Auflichtung des Altholzschirmes fördert das schnelle Ankommen der Bodenvegetation, deren Dichte eine Funktion des Auflichtungsgrades ist. Gleichzeitig nehmen jedoch auch Dichte, Überlebensrate und Höhenentwicklung der Naturverjüngung zu. Der positive Effekt der Kronenauflichtung auf den Verjüngungsflächen ist danach deutlich größer als der negative der sich gleichsinnig ausbreitenden Bodenvegetation. Bei Kahlhieben gilt das allerdings nur dann, wenn im Zeitpunkt des Hiebes bereits Verjüngung etabliert ist.

Grundsätzlich kann gesagt werden: Die zielgerechte Naturverjüngung der Bergwälder ist ohne große Probleme möglich, wenn die Verbißbelastung erheblich verringert oder durch Zäunung ganz ausgeschaltet wird. Durch mehr oder weniger schnelle Auflichtung des Altholzschirmes kann der Verjüngungsprozeß über längere oder kürzere Zeiträume verwirklicht und damit den Erfordernissen jedes Einzelfalles angepaßt werden. Ist bereits starke Verunkrautung, besonders Vergrasung eingetreten, so sollte unverzüglich auf künstliche Verjüngung umgestellt werden.

#### Künstliche Verjüngung

Pflanzungen unter sehr dichtem Schirm führen zu erheblichen Ausfällen bei Fichte, Tanne und Buche. Lärche fällt immer völlig aus. Schon nach schwachem, ganz sicher aber nach starkem Schirmhieb unterscheidet sich die Ausfallquote nicht mehr wesentlich von der auf der Freifläche.

Der Höhenzuwachs gepflanzter Pflanzen ist unter dicht geschlossenen Althölzern außerordentlich gering. Auch durch Schirmhiebe mäßiger Stärke wird er nur wenig angeregt. Erst nach stark geführten Schirmhieben wird eine substantielle Verbesserung des Höhenzuwachses erzielt. Das Maximum mit den weitaus höchsten Werten tritt bei voller Belichtung ein.

Die mit der Höhenentwicklung einhergehende Zunahme der Biomasse läßt den Zusammenhang zwischen Lichtgenuß und Bioproduktion noch deutlicher erkennen. Besonders Tanne, Fichte und Buche sind in der Lage, sich auch unter Schirm stetig zu entwickeln, sofern dieser nicht voll geschlossen ist. Bei zunehmender Auflichtung nimmt die Produktionsleistung kontinuierlich zu und erreicht maximale Werte wieder auf der Freifläche. Pflanzen von Lärchen und Ahornen entwickeln sich dagegen nur nach starken Auflichtungen des Kronenschirms oder auf der Freifläche gut.

Die künstliche Verjüngung kann daher die natürliche in allen Phasen des Verjüngungsganges des Bergwaldes ersetzen oder ergänzen. Wo Schwierigkeiten mit der Naturverjüngung zu erwarten sind, wo bestimmte Baumarten des Bergwaldes natürlich nicht mehr vorkommen können, da sie auch im Altbestand fehlen, oder wo Ergänzungen der Naturverjüngung unumgänglich sind, sollte sofort gepflanzt werden. Das kann sowohl unter Schirm als auch auf Freiflächen (z. B. nach Sturm) geschehen.

### Die waldbaulichen Eigenarten von Löcherhieben

Die durch Lochhiebe geschaffenen Öffnungen in vorher unberührten Altbeständen sind auf den Versuchsflächen kreisrund und haben einen Durchmesser von 30 m.

Auf den so geöffneten Flächen findet sich schnell Bodenvegetation ein, die schon wenige Jahre nach dem Hieb große Dichte erreicht. Naturverjüngungspflanzen haben deshalb nach Lochhieben nur dann eine gute Entwicklungschance, wenn sie zur Zeit des Hiebes bereits etabliert sind und sich in den folgenden, zunächst noch wenig durch Konkurrenz der Bodenvegetation gestörten Jahren einen Wuchsvorsprung sichern können. Solche Situationen stellen jedoch Ausnahmen dar.

Normalerweise erfordern Löcherhiebe deshalb sofortige künstliche Verjüngung, wofür sich alle am Bergmischwald beteiligten Baumarten eignen. Dabei ist Zaunschutz solange unumgänglich wie es nicht gelingt, die Wildstände auf waldangepaßte Dichten zu reduzieren.

Alle mitgeteilten Erkenntnisse über verjüngungsökologische Eigenarten von Löcherhieben sind auf Lücken übertragbar, wie sie z. B. durch Sturmwurf oder neuartige Waldschäden entstehen können.

### Summary

#### *Regeneration of the mixed mountain forest*

First results of a research project on regeneration processes in mixed mountain forests of the Bavarian Alps comprised of spruce, fir, beech, and *sycamore* are presented. The data were taken during a 5-to-8-year observation period on permanent research areas established and maintained by the chair of silviculture and forest-management, University of Munich. The layout consists of 11 research areas, 9 of which are located in the lime stone mountains of the Ruhpolding forest district, and 2 in the Flysch range (tertiary) of the Siegsdorf forest district. The number of silviculturally differently treated research plots amounts to 23. Presented are results referring to:

- Process of natural regeneration,
- Survival and development of artificial regeneration,
- Ecological and silvicultural characteristics of group-cutting.

#### *Natural Regeneration*

The old stands of mixed mountain forests are in a good condition for regeneration. Almost every year at least one of the tree species involved produces seed. Longer intervals of fructification may occur only with beech. The quantity of seed produced is sufficiently large to ensure complete natural regeneration. Even in densely closed old stands high seedling densities can be found all the time. Their chance to survive and develop are greatly increased by silvicultural measures which open up the canopy.

All tree species comprising the old stand can be found in the regeneration. Fir and beech have no difficulties to get established, while spruce appears to be a little handicapped at the beginning. *Sycamore* tends to prevail in the regeneration even if its participation in the old stand is scarce.

The sites of the region investigated do not represent a limiting factor for natural regeneration. Soil conditions are so favourable for the establishment of regeneration that they cannot be improved substantially by scarification.

Adequate silvicultural procedures provided – which means mainly shelterwood type of cutting – regeneration gets established on the whole area to be regenerated, distributed in a way that permits to achieve the objectives set with respect to the composition of the new stand. Not understocking might become a problem but overdensity and a certain inhomogeneity as far as the participation of different tree species is concerned.

The development of plant height shows a close correlation with light intensity. But even with heavy shelterwood cutting height increment is relatively slow. Therefore long regeneration periods are required, which in mountainous regions normally is considered to be advantageous for ecological and soil protection reasons. Providing full light to sufficiently dense and well established regeneration – even if shoot length is still low – it develops vigorously with *sycamore* growing faster than all other species.

During the early stages of development plant densities of spruce, beech, and *sycamore* are not or only to a small extent reduced by browsing, while fir regeneration suffers considerable losses already at that time.

Height development of seedlings plants of all species involved is little affected by browsing as long as total height is low. Once some 20 to 50 cm of height are exceeded, browsing may become so heavy that further development is completely impeded.

Opening up of the canopy in old stands favours fast establishment of ground vegetation, the density of which is a function of the degree of light provided. But at the same time density, survival, and height development of the regeneration is favoured as well. The positive effect of increasing light intensity on regeneration normally is greater than the competitive impact of the ground vegetation expanding at the same time. For clear-cuts, however, this only holds true if regeneration is already well established when the felling operation is carried out.

Generally can be stated from the results obtained as yet: The natural regeneration of mixed mountain forests can be obtained without much difficulty if browsing pressure will be reduced considerably, or eliminated completely by fencing. By more or less heavy shelterwood cuttings the process of regeneration can be extended over short or long periods corresponding to the requirements of each individual stand. If dense ground-vegetation has become established already – especially if grasses have covered the area – an immediate change-over to artificial regeneration is necessary.

#### *Artificial Regeneration*

Planting under closed stands results in heavy losses for spruce, fir, and beech. Larch does not survive at all. Already after light shelterwood cutting, but most certainly even more after heavy shelterwood cutting, survival rates do not differ from those obtained in the open.

Height increment of planted trees is extremely slow under closed canopy conditions, and even after moderate shelterwood cutting it is not activated very much. Only if shelterwood cutting becomes heavy, height increment will be improved substantially. Maximum with by far the highest values occurs with full light.

Considering the gain of biomass, the functional relation between light intensity and increment becomes even more evident than with height development. Especially fir, spruce and beech are able to develop continuously also under canopy as long as it is not too dense. With increasing intensity of shelterwood cutting productivity increases gradually, again reaching maximum values in the open. Larch and *sycamore* on the other hand only develop well after heavy shelterwood cutting, or in the open.

After all, artificial regeneration can replace or supplement the natural reproduction in all phases of the regeneration process. Where there are difficulties to be expected with natural regeneration, or where certain tree species of the mountain forests cannot be regenerated, e. g. for lack of seed trees, or where natural regeneration requires complementation, immediate planting is recommended. This can be done under the canopy of the old stand as well as on open areas (e. g. after storm damage).

#### *Silvicultural characteristics of group cutting*

Openings created by group cutting in closed stands on the research areas had a circular form with a diameter of 30 m.

Such gaps are quickly covered by ground vegetation reaching high density already few years after cutting.

Naturally regenerated plants therefore have only a good chance to develop on gaps if they are already established when the felling operation is carried out and have grown in height before competing ground vegetation is there. But such situations may be the exception.

Therefore, group cutting normally requires immediate artificial regeneration, which can be carried out with all tree species which make up the mountain forests. Protection by fences has to be considered a must as long as the deer population has not been reduced to a tolerable level.

All knowledge concerning regeneration-ecological features of group cutting can also be applied to gaps caused e. g. by storm or the "new type of forest damages".

### Literatur

- BAUMGARTNER, A., 1960: Die Lufttemperatur als Standortfaktor am Großen Falkenstein (Bayer. Wald). Forstw. Cbl., 286–297.
- BÄUMLER, W.; HOHENADL, W., 1980: Über den Einfluß alpiner Kleinsäuger auf die Verjüngung in einem Bergmischwald der Chiemgauer Alpen. Forstw. Cbl., 207–221.
- BURSCHEL, P., 1975: Schalenwildbestände und Leistungsfähigkeit des Waldes als Problem der Forst- und Holzwirtschaft aus der Sicht des Waldbaus. AFZ, 214–221.
- BURSCHEL, P.; LÖW, H.; METTIN, Chr., 1977: Waldbauliche Untersuchungen in den Hochlagen des Werdenfeller Landes. Forschungsber. Forstl. Forschungsanst. München, 37.
- BINDER, F., 1982: Das Ankommen und die Entwicklung der Naturverjüngung im Bergmischwald bei dichter Bodenvegetation. Dipl. Arb. Lehrstuhl f. Waldbau u. Forsteinr. Univ. München.
- GROSSE, H. U., 1983: Untersuchungen zur künstlichen Verjüngung des Bergmischwaldes – Ergebnisse eines Forschungsprojektes in den ostbayerischen Kalkalpen. Schriftenr. Forstw. Fak. Bayer. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanst. München, Nr. 55.
- HOHENADL, W., 1981: Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. Diss. Univ. München.
- 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. Univ. München.
- MOSANDL, R. 1984: Löcherhiebe im Bergmischwald. Schriftenr. Forstw. Fak. Bayer. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanst. München, Nr. 61.
- MÜLLER-USING, B., 1973: Untersuchungen über die Verjüngung von *Nothofagus alpina* und ihrer wichtigsten Begleitbaumarten in der chilenischen Anden- und Küstenkordillere. Diss. Univ. München.
- PUMPENMEIER, K., 1976: Untersuchungen über natürliche Tannen-Fichtenverjüngung im Aretin'schen Forst Haidenburg. Dipl. Arb. Forstw. Fak. Univ. München.
- SCHREYER, G.; RAUSCH, V., 1976: Der Schutzwald in der Bergregion Miesbach. Maschinengesch. Bericht. München.
- TURNER, H., 1961: Die Niederschlags- und Schneeverhältnisse. In: Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe. Mitt. a. d. Forstl. Bundesversuchsanst. 59. Mariabrunn, 265–315.
- UEBELHÖR, K., 1979: Die Reaktion der Bodenvegetation auf unterschiedlich starke Überschirmung im Bergmischwald bei Ruhpolding. Dipl. Arb. Lehrst. f. Waldbau u. Forsteinr. Univ. München.
- VAN LAAR, A., 1980: Quantitative studies of natural regeneration in the mountain forests of Bavaria. Unveröffentl. Lehrst. f. Waldbau u. Forsteinr. Univ. München.
- VELTSISTAS, Th., 1982: Untersuchungen über die natürliche Verjüngung im Bergmischwald. Diss. Univ. München.

Anschrift der Autoren: Prof. Dr. P. BURSCHEL, H. EL KATEB, J. HUSS, R. MOSANDL, Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München, Amalienstraße 52, D-8000 München 40

## Die Verjüngung im Bergmischwald<sup>1</sup>

Erste Ergebnisse einer Untersuchung in den ostbayerischen Kalkalpen

Von P. BURSCHEL, H. EL KATEB, J. HUSS, R. MOSANDL

### 1 Einleitung und Versuchsbeschreibung

Die Forstwirtschaft hat im Gebirgsraum Schwierigkeiten, die aus Fichten, Tannen, Buchen und Ahornen bestehende natürliche Waldbestockung zu erhalten. Das ist inzwischen durch zahlreiche Untersuchungen zahlenmäßig belegt (BURSCHEL 1975; SCHREYER u. RAUSCH 1976; BURSCHEL et al. 1977).

Als Beitrag zur Lösung des Problems wurde eine umfangreiche waldbauliche Versuchsanlage geschaffen, die es ermöglichen soll, den gesamten mit der Waldverjüngung im Bergwald zusammenhängenden Fragenkomplex zu beantworten<sup>2</sup>.



Abb. 1. Lageplan der 11 Versuchsflächen zur Erforschung der Verjüngungsvorgänge im Bergmischwald in den Forstämtern Ruhpolding und Siegsdorf

Fig. 1. Map showing location of 11 research areas for the investigation of regeneration processes in mixed mountain forests; forest districts of Ruhpolding and Siegsdorf

<sup>1</sup> Erweiterte Fassung der von P. BURSCHEL, J. HUSS und R. MOSANDL auf der Forstlichen Hochschulwoche 1984 gehaltenen Vorträge.

<sup>2</sup> Die Verwirklichung des Forschungsvorhabens war nur durch große finanzielle und personelle Unterstützung durch die Bayerische Staatsforstverwaltung und die Deutsche Forschungsgemeinschaft möglich, wofür an dieser Stelle gedankt sei.