

**FORSTLICHE
FORSCHUNGSBERICHTE
MÜNCHEN**

**Löcherhiebe
im Bergmischwald**

Ein waldbauökologischer Beitrag zur
Femelschlagverjüngung in den Chiemgauer Alpen

von
Reinhard Mosandl

CHRIFTENREIHE DER FORSTWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN UND DER
BAYER. FORSTLICHEN VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT

61
1984

Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Universität München
und der
Bayerischen Forstlichen Versuchs-
und Forschungsanstalt

LÖCHERHIEBE IM BERGMISCHWALD

Ein waldbauökologischer Beitrag zur
Femelschlagverjüngung in den Chiemgauer Alpen

von
Reinhard Mosandl

Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung
der Universität München

Amalienstr. 52, D-8000 München 40

0. VORWORT

Seit Jahrzehnten bereitet die Verjüngung des Bergmischwaldes große Schwierigkeiten. Im Jahr 1976 begann deshalb die Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München in einem interdisziplinären Forschungsprojekt "Bergmischwald" den Gründen für das Ausbleiben der Verjüngung nachzugehen. In der Zwischenzeit hat sich durch das Auftreten neuartiger Walderkrankungen, die auch vor dem bayerischen Alpenraum nicht haltmachten, die Dringlichkeit noch erhöht, Wege für eine zielgerechte Verjüngung des Bergmischwaldes zu finden. Einen Beitrag zur Lösung der Verjüngungsprobleme im Bergwald soll die vorliegende Untersuchung, die einen Teilaspekt des Gesamtforschungsvorhabens herausgreift, leisten.

Dem Initiator des interdisziplinären Forschungsprojektes, Herrn Prof. Dr. P. Burschel, bin ich für die Überlassung eines Teils der von ihm konzipierten Versuchsanlage, für seine wohlwollende Förderung der Arbeit und für seine wertvollen kritischen Kommentare zu größtem Dank verpflichtet.

Ebenso möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. J. Huss sehr herzlich bedanken, der mir durch seine profunde Kenntnis der Versuchsanlage, an deren Konzeption er maßgeblich beteiligt war, wichtige Anregungen und Ratschläge geben konnte.

Herrn Prof. Dr. F. Franz, der sich die Mühe machte, den umfangreichen Datensatz der vorliegenden Arbeit zu durchdenken, bin ich für seine konstruktiven Vorschläge zur statistischen Datenauswertung sehr dankbar.

Herrn Dr. H. Mayer sei Dank gesagt für seine Hilfestellung bei der Auswertung der mikroklimatischen Daten.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Freund und Mitstreiter Herrn Hany El Kateb, der mit einer Gewissenhaftigkeit ohnegleichen die Datenerfassung und -auswertung kontrollierte, die EDV-Programme erstellte und darüber hinaus als bester Kenner der Ruhpoldinger Versuchsflächen oftmals die entscheidenden Hinweise zur Auswertung und Interpretation der Befunde gab.

Ebenso sei Herrn Dr. H. Grosse für seine den Fortgang der Arbeit fördernden Diskussionsbeiträge herzlich gedankt.

ISSN 0174-1810

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten.

Herausgeber: Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München und Bayerische Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt

Verantwortlich: Der Dekan der Forstwissenschaftlichen Fakultät und der Leiter der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt

Leiter der Arbeit: Prof. Dr. Peter Burschel

Anschrift des Verfassers: Reinhard Mosandl, Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München
Amalienstr. 52, D-8000 München 40

Dokumentation: Forstl. Forschungsber. München
Nr. 61, 1984, 317 S.

Zu beziehen über die Universitätsbuchhandlung Heinrich Frank,
Schellingstr. 3, D-8000 München 40

Für all die vielen Mitarbeiter, die in den fünf Untersuchungsjahren an den Aufnahmen im Gelände mitgewirkt haben, sei stellvertretend hier Herr J. Schobersteiner genannt, der am stärksten mit Außenaufnahmen belastet war. Er war es auch, der trotz seines Alters das körperlich anstrengende Schneemeßprogramm im Winter 1981/82 durchführte. Seinen Einsatz möchte ich deshalb an dieser Stelle besonders hervorheben.

Die ansprechende äußere Form der Arbeit verdanke ich Frau R. Häußler und Frau E. Haida, die die keineswegs immer einfachen und mit Termindruck belasteten Schreibaufgaben übernahmen, sowie Herrn G. Högel, der die graphischen Darstellungen fertigte.

Nicht zuletzt sei der Bayerischen Staatsforstverwaltung gedankt, die in vielfältiger Weise das interdisziplinäre Forschungsvorhaben unterstützte. So stellte das Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Bereich Forsten) auf Empfehlung des Kuratoriums der Bayer. Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Mittel zur Verfügung, mit Hilfe derer ein Großteil der Arbeiten der vorliegenden Untersuchung finanziert werden konnte. Den Vertretern des Bayer. Staatsministeriums und den Angehörigen des Kuratoriums, insbesondere Herrn Lt. Ministerialrat H. Wild sowie dem Geschäftsführer des Kuratoriums, Herrn Lt. Forstdirektor Dr. H. Göttling, sei deshalb Dank abgestattet für die stete Förderung des Forschungsvorhabens. Auch den Vertretern der Bayer. Staatsforstverwaltung, die an der Oberforstdirektion München, am Forstamt Ruhpolding und an den Forstdienststellen des Forstamtes Ruhpolding mannigfache Hilfestellungen für den Fortgang der Arbeiten an diesem Projekt leisteten, sei herzlich gedankt.

Nicht vergessen möchte ich, mich bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft zu bedanken, die das Forschungsvorhaben in den Anfangsjahren finanzierte.

München, Dezember 1983

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. <u>EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG</u>	1
2. <u>DER BERGMISCHWALD UND DIE FEMELSCHLAGVERJÜNGUNG IM BERGMISCHWALD</u>	2
2.1 Der Bergmischwald	2
2.11 Der Bergmischwald als "potentielle natürliche" Vegetation	2
2.12 Der Bergmischwald in den Chiemgauer Alpen	5
2.13 Die waldbauliche Zielsetzung im Bergmischwald	8
2.14 Die Realisierung der waldbaulichen Zielsetzung im Bergmischwald	9
2.15 Das Forschungsprojekt "Bergmischwald" der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München	10
2.2 Der Femelschlag als geeignetes Verjüngungsverfahren für den Bergmischwald	13
2.21 Entstehung, Entwicklung und heutige Ausgestaltung des Femelschlages	14
2.211 Waldverjüngung vom Mittelalter bis zur Zeit Karl GAYERS um 1890	14
2.212 Die von Karl GAYER eingeleitete neue Epoche in der Technik der Waldverjüngung	17
2.213 Die Ideen Karl GAYERS in der praktischen Anwendung	22
2.214 Die heutige Verbreitung des Femelschlages und seine Ausgestaltung im oberbayerischen Bergmischwald	25
2.22 Löcherhiebe im Rahmen der Femelschlagverjüngung	28
3. <u>DIE VERSUCHSANLAGE</u>	31
3.1 Die vier Lochhiebparzellen	31
3.2 Die Standorte der vier Lochhiebparzellen	35
3.21 Das Klima	35
3.22 Das Relief	35
3.23 Die Geologie und die Böden	37
3.24 Die biotischen Faktoren	39
3.241 Die Bodenvegetation	39
3.242 Die Altbestände	40
4. <u>MIKROKLIMATISCHE UNTERSUCHUNGEN AUF DEN LOCHHIEBPARZELLEN</u>	46
4.1 Die Beleuchtungsverhältnisse	46

	Seite
4.11 Die Bedeutung von Strahlung und Beleuchtung für das Pflanzenwachstum	46
4.12 Ansätze für die eigenen Beleuchtungsmessungen	49
4.13 Methodik der Untersuchungen über die Beleuchtungsverhältnisse	51
4.131 Die Erstellung von Horizontogrammen	51
4.132 Die Ermittlung der relativen Beleuchtungsstärke	52
4.132.1 Das Meßverfahren	52
4.132.2 Die varianzanalytische Auswertung	54
4.132.3 Die regressionsanalytische Auswertung	54
4.14 Ergebnisse der Untersuchungen über die Beleuchtungsverhältnisse	55
4.141 Die Horizontogramme	55
4.142 Die relative Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt und von der Meßhöhe als Ergebnis der varianzanalytischen Auswertung	61
4.143 Die Beschreibung der Veränderung der relativen Beleuchtungsstärke mit Hilfe von Regressionsgleichungen	64
4.143.1 Die Regressionsgleichungen und die Lage der Extremwerte	64
4.143.2 Vergleich der 1978 und 1981 ermittelten relativen Beleuchtungsstärken	69
4.2 Die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit	73
4.21 Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit als Wachsfaktoren	73
4.22 Die Messung von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit	74
4.23 Die Ergebnisse der Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessungen	76
4.231 Vergleich zwischen den Parzellen	76
4.232 Vergleich innerhalb der Parzellen	84
4.3 Der Niederschlag in Form von Regen und Schnee	86
4.31 Regen und Schnee als das Pflanzenleben beeinflussende Faktoren	86
4.32 Der Regenniederschlag	87
4.321 Die Regenmessungen	87
4.322 Ergebnisse der Regenmessungen	88
4.33 Der Schneeniederschlag	93
4.331 Das Schneemeßprogramm	93
4.331.1 Die Schneesondenmessungen	93
4.331.2 Die Schneehöhenmessungen an Schneepegeln	94
4.331.3 Die Schneegleitmessungen	95
4.331.4 Die Erstellung von Ausaperungskarten	95
4.332 Ergebnisse des Schneemeßprogrammes	96
4.332.1 Die Schneedeckenhöhen	96
4.332.2 Die Wasseräquivalente der Schneedecke	102
4.332.3 Die Schneedichten	105
4.332.4 Die Schneegleitbewegungen	107
4.332.5 Die Ausaperungskarten	108
4.4 Wertung der Befunde über die mikroklimatischen Verhältnisse	110

	Seite
5. <u>DIE BODENVEGETATION AUF DEN LOCHHIEBPARTZELLEN</u>	125
5.1 Die Reaktion der Bodenvegetation auf den Lochhieb	125
5.2 Die Bodenvegetationsaufnahmen	127
5.21 Erhebungen auf der gesamten Parzelle	127
5.22 Erhebungen auf den Naturverjüngungsprobekreisen	127
5.23 Erhebungen auf den Vegetationsprobekreisen	127
5.24 Erhebungen im Pflanzungsbereich	128
5.25 Die Auswertung der Bodenvegetationsaufnahmen	129
5.251 Die Deckungsprozentschätzungen aus den fünf Aufnahmejahren auf den Naturverjüngungsprobekreisen	129
5.252 Die Aufnahmedaten des Jahres 1981	130
5.252.1 Die Beschreibung der Bodenvegetation außerhalb des Pflanzungsareals	130
5.252.2 Die Beschreibung der Bodenvegetation innerhalb des Pflanzungsareals	131
5.3 Ergebnisse der Bodenvegetationsaufnahmen	131
5.31 Die Entwicklung der Bodenvegetation von 1977 bis 1981	131
5.32 Der Zustand der Bodenvegetation im Jahr 1981	137
5.321 Die Arten	137
5.322 Der Grad der Bodendeckung	142
5.323 Die Höhe der Bodenvegetation	148
5.324 Die oberirdische Trockensubstanz	151
5.33 Die Bodenvegetation im Pflanzungsareal	156
5.4 Diskussion der Ergebnisse der Bodenvegetationsaufnahmen	157
5.41 Die Bodenvegetation außerhalb des Pflanzungsareals	157
5.42 Die Bodenvegetation im Pflanzungsareal	163
5.43 Schlußbetrachtung	163
6. <u>DIE NATURVERJÜNGUNG AUF DEN LOCHHIEBPARTZELLEN</u>	166
6.1 Die Samen und Früchte	166
6.11 Die bisherigen Untersuchungen über die Fruktifikation der Altbestände auf den Lochhiebparzellen und die Fortsetzung dieser Untersuchungen	166
6.12 Ergebnisse der bisherigen und der fortgeführten Untersuchungen über die Fruktifikation der Altbestände auf den Lochhiebparzellen	168
6.121 Das Ausmaß der Fruktifikation	168
6.122 Die Dichte der Samen und Früchte	168
6.123 Die Dichte der keimfähigen Samen und lebensfähigen Früchte	170
6.124 Die Verteilung der Samen und Früchte	171
6.2 Die Streumengen	176
6.3 Die Naturverjüngungspflanzen	179
6.31 Die Beobachtung der Naturverjüngungspflanzen während der fünf Untersuchungsjahre und die Auswertung der erhobenen Daten	179

	Seite
6.32 Die Ergebnisse der Naturverjüngungspflanzenaufnahmen	181
6.321 Die bei Versuchsbeginn bereits vorhandenen Naturverjüngungspflanzen	181
6.322 Die im Versuchszeitraum hinzugekommenen Naturverjüngungspflanzen	185
6.322.1 Übersicht über die Zugänge an Pflanzen im Versuchszeitraum	185
6.322.2 Fichte, Keimjahrgang 1977	187
6.322.3 Fichte, Keimjahrgang 1978	198
6.322.4 Fichte, Keimjahrgang 1981	207
6.322.5 Tanne, Keimjahrgang 1980	209
6.322.6 Tanne, Keimjahrgang 1981	212
6.322.7 Buche, Keimjahrgang 1978	214
6.322.8 Ahorn, Keimjahrgang 1978	217
6.322.9 Ahorn, Keimjahrgang 1980	222
6.323 Der Stand der Naturverjüngungspflanzen im Herbst 1981	226
6.4 Diskussion der Naturverjüngungsergebnisse	229
6.41 Für die Verjüngungsdynamik bedeutsame Einflußfaktoren	230
6.42 Die weitere Entwicklung der Naturverjüngung	244
6.43 Beurteilung der Naturverjüngung	245
<u>7. DIE PFLANZUNG AUF DEN LOCHHIEBPARZELLEN</u>	247
7.1 Die künstliche Verjüngung im Bergmischwald	247
7.2 Die Anlage der Pflanzungen und die Pflanzenaufnahmen	248
7.3 Die Ergebnisse der Pflanzenaufnahmen	250
7.31 Die Zusammenstellung der auf den Lochhiebpärzellen erhobenen Pflanzenparameter	250
7.32 Die Pflanzenparameter auf den Lochhiebpärzellen I und II sowie auf acht anderen, verschieden stark aufgelichteten Versuchspärzellen	253
7.4 Diskussion der Ergebnisse der Pflanzenaufnahmen	260
<u>8. SCHLUSSBETRACHTUNG ÜBER DIE EIGNUNG VON LÖCHERHIEBEN ZUR EINLEITUNG DER NATURVERJÜNGUNG UND ZUM VORANBAU VON BAUMARTEN IM BERGMISCHWALD</u>	262
8.1 Kritische Stellungnahme zu Versuchsanlage und Auswertungsmethoden	262
8.2 Die Zweckmäßigkeit der Löcherhiebe	264
8.3 Schlußfolgerungen für den Gebirgswaldbau	268
<u>9. ZUSAMMENFASSUNG</u>	272
<u>10. LITERATURVERZEICHNIS</u>	278
<u>11. ANHANG</u>	291

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN

	Seite
a) <u>Verzeichnis der Abbildungen</u>	
Abb. 1: Die wichtigsten Waldgesellschaft in den Chiemgauer Alpen	6
Abb. 2: Altersklassen und Baumarten in den Wäldern aller Besitzarten des Bayerischen Hochgebirges	9
Abb. 3: Schema der Entwicklung der Natur- und Kunstverjüngung im Bergmischwald und die sie beeinflussenden Standortfaktoren	12
Abb. 4: Die geographische Lage der vier Lochhiebpärzellen	31
Abb. 5: Schematische Darstellung einer Lochhiebpärzelle	33
Abb. 6: Die Stammzahl-Durchmesser-Verteilungen auf den vier Lochhiebpärzellen	44
Abb. 7 a - d: Horizontabschirmung auf den vier Lochhiebpärzellen	56 - 59
Abb. 8: Die relative Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt und von der Meßhöhe	63
Abb. 9 a - d: Die relative Beleuchtungsstärke auf den vier Lochhiebpärzellen	65, 66
Abb. 10: Die Lage der Extremwerte der relativen Beleuchtungsstärke auf den vier Lochhiebpärzellen	70
Abb. 11: Die Lage der neun Assmann-Aspirationspsychrometer-Meßpunkte auf den Lochhiebpärzellen	75
Abb. 12: Mittlere Tagesgänge der Lufttemperatur T_a der Monate Juni bis September in den Jahren 1977 und 1981 in 50 cm Höhe über dem Boden	78
Abb. 13: Mittlere Tagesgänge der relativen Luftfeuchtigkeit RH der Monate Juni bis September 1977 und 1981 in 50 cm Höhe über dem Boden	83
Abb. 14: Die Niederschlagsverteilung Juni - September 1981 auf den Lochhiebpärzellen II, III und IV	90
Abb. 15: Der Regenniederschlag im Zeitraum Juni bis September 1981 auf den Lochhiebpärzellen in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke	91
Abb. 16: Die Entwicklung der Schneehöhe H_s während des Winters 1981/82 auf einer vollbeschrömtten und einer unbeschrömtten Pärzelle, sowie auf den Lochhiebpärzellen I und II	96
Abb. 17: Die Schneedeckenhöhenverteilung auf den Lochhiebpärzellen I und II im Winter 1981/82	101
Abb. 18: Die mittlere Schneedeckenhöhe \bar{H}_s im Winter 1981/82 in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke auf den Lochhiebpärzellen I und II	101
Abb. 19: Die Entwicklung des Wasseräquivalentes (W_s) während des Winters 1981/82 auf einer vollbeschrömtten und einer unbeschrömtten Pärzelle, sowie auf den Lochhiebpärzellen I und II	103

Abb. 20: Das mittlere Wasseräquivalent \bar{W}_s in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke auf den Lochhiebsparzellen I und II 104

Abb. 21: Die Entwicklung der Schneedichte ρ_s während des Winters 1981/82 auf einer vollbeschränkten und einer unbeschränkten Parzelle, sowie auf den Lochhiebsparzellen I und II 106

Abb. 22 a, b: Die Ausaperung auf den Lochhiebsparzellen I und II in den Jahren 1980, 1981 und 1982 109

Abb. 23: Die Anordnung der Vegetationsprobekreise auf einer Lochhiebsparzelle 128

Abb. 24: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation in Abhängigkeit von den verschiedenen Einflußfaktoren 133

Abb. 25: Die Entwicklung der Bodenvegetation von 1977 bis 1981 auf den vier Lochhiebsparzellen in vier verschiedenen Entfernungen vom Lückenmittelpunkt 138

Abb. 26: Die Entwicklung der Bodenvegetation auf den vier Lochhiebsparzellen in den fünf Versuchsjahren (1977-1981) in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke 139

Abb. 27: Die Artenzahlen auf den Lochhiebsparzellen I und II in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke 140

Abb. 28 a - d: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation auf den vier Lochhiebsparzellen 143, 144

Abb. 29: Der Bedeckungsgrad der Bodenvegetation auf den vier Lochhiebsparzellen in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke 147

Abb. 30 a - d: Die Höhe der Bodenvegetation auf den vier Lochhiebsparzellen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt 149, 150

Abb. 31: Die Höhe der Bodenvegetation auf den vier Lochhiebsparzellen in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke 152

Abb. 32 a - d: Das Trockengewicht der Bodenvegetation auf den vier Lochhiebsparzellen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt 153, 154

Abb. 33: Das Trockengewicht der Bodenvegetation im Jahr 1981 auf den vier Lochhiebsparzellen in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke 155

Abb. 34: Die Dichten der Fichten- und Tannensamen, der Bucheckern und der Ahornfrüchte auf der Lochhiebsparzelle II in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt 172

Abb. 35: Die Dichten der keimfähigen Fichten- und Tannensamen sowie der lebensfähigen Bucheckern und Ahornfrüchte auf der Lochhiebsparzelle II in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt 173

Abb. 36: Modell der Fichtensamenverteilung auf der Lochhiebsparzelle II 174

Abb. 37: Das Trockengewicht der Streu in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt 178

Abb. 38: Die Dichte der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren 188

Abb. 39: Die Entwicklung der Fichtennaturverjüngungspflanzen des Keimjahrganges 1977 im Versuchszeitraum auf den bodenbearbeiteten und den unbearbeiteten Probekreisen der vier Lochhiebsparzellen 192

Abb. 40 a, b: Das Wachstum der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen auf den Lochhiebsparzellen II und IV in den Jahren 1977 bis 1981 in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt 197

Abb. 41 a, b: Das Wachstum der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen auf den Lochhiebsparzellen II und IV in den Jahren 1977 bis 1981 in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke 199

Abb. 42: Die Dichte der im Jahr 1978 gekeimten Fichtenpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren 201

Abb. 43: Die Entwicklung der Dichte der Fichtennaturverjüngungspflanzen des Keimjahrganges 1978 vom Frühsommer (F) 1978 bis zum Herbst (H) 1981 auf den bodenbearbeiteten und unbearbeiteten Probekreisen der Lochhiebsparzellen I und II 203

Abb. 44: Das Wachstum der im Jahr 1978 gekeimten Fichtenpflanzen auf der Lochhiebsparzelle II in den Jahren 1978 bis 1981 in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt 206

Abb. 45: Das Wachstum der im Jahr 1978 gekeimten Fichtenpflanzen auf der Lochhiebsparzelle II in den Jahren 1978 bis 1981 in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke 208

Abb. 46: Die Dichte der im Jahr 1980 gekeimten Tannenpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren 210

Abb. 47: Die Dichte der im Jahr 1981 gekeimten Tannenpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren (Lochhiebsparzellen I und II) 213

Abb. 48: Die Dichte der im Jahr 1978 gekeimten Buchenpflanzen in den Jahren 1978 bis 1981 (Parzellen I und II) 214

Abb. 49: Die Entwicklung der Dichte der Buchennaturverjüngungspflanzen des Keimjahrganges 1978 vom Frühsommer (F) 1978 bis zum Herbst (H) 1981 auf den Lochhiebsparzellen I und II 216

Abb. 50: Die Dichte der im Jahr 1978 gekeimten Ahornpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren 217

Abb. 51: Die Entwicklung der Dichte der Ahornnaturverjüngungspflanzen des Keimjahrganges 1978 vom Frühsommer (F) 1978 bis zum Herbst (H) 1981 auf den bodenbearbeiteten und den unbearbeiteten Probekreisen der Lochhiebsparzellen I und II 220

Abb. 52: Das Wachstum der im Jahr 1978 gekeimten Ahornpflanzen auf der Lochhiebsparzelle I in den Jahren 1978 bis 1981 in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt 221

	<u>Seite</u>
Abb. 53: Das Wachstum der im Jahr 1978 gekeimten Ahornpflanzen auf der Lochhiebpazelle I in den Jahren 1978 bis 1981 in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke	222
Abb. 54: Die Dichte der im Jahr 1980 gekeimten Ahornpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren (Lochhiebpazellen I und II)	223
Abb. 55: Die Sproßlänge von zweijährigen Ahornpflanzen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt	225
Abb. 56: Die Dichte der Naturverjüngungspflanzen (N/m^2) im Herbst 1981 auf den bodenbearbeiteten und unbearbeiteten Probekreisen in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt.	227
Abb. 57: Die Pflanzendichte in Abhängigkeit von der Überschirmung	236
Abb. 58: Die Überlebensraten in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke nach der fünften Vegetationsperiode 1981	254
Abb. 59: Die Pflanzenparameter von Fichten, Tannen, Lärchen, Buchen und Ahornen am Ende der fünften Vegetationsperiode	257
Abb. 60 a - d: Die Baumverteilungskarten der vier Lochhiebpazellen	291 - 294

	<u>Seite</u>
b) <u>Verzeichnis der Tabellen</u>	
Tab. 1: Die wichtigsten Kenndaten der Lochhiebpazellen	32
Tab. 2: Die langjährigen Mittelwerte der Klimadaten der Wetterstationen Bad Reichenhall und Reit im Winkel	36
Tab. 3: Das Kleinrelief auf den Lochhiebpazellen	37
Tab. 4: Die Böden auf den vier Lochhiebpazellen	38
Tab. 5: Die Bodenvegetation auf den Lochhiebpazellen zu Versuchsbeginn	40
Tab. 6: Die Altbestände auf den vier Lochhiebpazellen vor und nach dem waldbaulichen Eingriff	41
Tab. 7: Die Höhenstruktur der geschlossenen Altbestände auf den vier Lochhiebpazellen	43
Tab. 8: Die in den Varianzanalysen als Faktor A betrachteten Entfernungsstufen der Lichtmeßpunkte auf den Lochhiebpazellen	54
Tab. 9 a: Varianzanalyse: Die relative Beleuchtungsstärke auf den kreuzförmig angeordneten Meßpunkten	61
Tab. 9 b: Varianzanalyse: Die relative Beleuchtungsstärke auf den Meßpunkten in den Diagonalen	62
Tab. 10: Die relative Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt	67
Tab. 11: Die relative Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt in den Jahren 1978 und 1981	71
Tab. 12: Vergleich der in den Jahren 1978 und 1981 durchgeführten Messungen der relativen Beleuchtungsstärke	72
Tab. 13: Mittelwerte, mittlere Tagesschwankungen, absolute Maxima und Minima der Lufttemperatur T_a in 50 cm Höhe über dem Boden auf den vier Lochhiebpazellen und zwei Vergleichspazellen in den Monaten Juni - September 1977 und Mai - Oktober 1981	77
Tab. 14: Mittelwerte, mittlere Tagesschwankungen, absolute Maxima und Minima der Luftfeuchtigkeit RH in 50 cm Höhe über dem Boden auf den vier Lochhiebpazellen und zwei Vergleichspazellen in den Monaten Juni - September 1977 und Mai - Oktober 1981	82
Tab. 15: Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Dampfdruck auf verschiedenen Meßpunkten innerhalb der Lochhiebpazellen	85
Tab. 16: Die Monatssummen der Regensmengen (mm) auf den Pazellen "unbeschildert" und "vollbeschildert", sowie an den verschiedenen Meßpunkten auf den Lochhiebpazellen im Jahr 1981.	89
Tab. 17: Die mittleren Schneedeckenhöhen, die Variationskoeffizienten, die maximalen Schneedeckenhöhen und die Zahl der Tage mit einer Schneedecke ≥ 1 cm auf den verschiedenen Versuchspazellen	98

	<u>Seite</u>
Tab. 18: Die räumlichen Variationskoeffizienten in den Monaten Dezember 1981 bis April 1982 auf den verschiedenen Versuchspartzellen.	98
Tab. 19: Das Schneegleiten auf einer vollbeschränkten und einer unbeschränkten Parzelle, sowie auf den vier Lochhiebpzellen während des Winters 1981/82	107
Tab. 20: Varianzanalyse: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation auf den vier Lochhiebpzellen	132
Tab. 21: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation in den fünf Aufnahmejahren in Abhängigkeit von den sieben Entfernungsstufen	134
Tab. 22: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation in den fünf Aufnahmejahren auf den bearbeiteten und unbearbeiteten Probekreisen	134
Tab. 23: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation in den fünf Aufnahmejahren im Frühsommer und im Herbst auf den bearbeiteten und unbearbeiteten Probekreisen	135
Tab. 24: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation auf den sieben Entfernungsstufen im Frühsommer und im Herbst	135
Tab. 25: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation in den fünf Aufnahmejahren im Frühsommer und im Herbst	136
Tab. 26 a - d: Ausgewählte Arten der Bodenvegetation auf den vier Lochhiebpzellen	141, 142
Tab. 27: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt	145
Tab. 28: Die Bodenvegetation in den Fichtenanpflanzungen auf den vier Lochhiebpzellen im Jahr 1981	156
Tab. 29: Die Dichte der Fichten- und Tannensamen, der Bucheckern und Ahornfrüchte, sowie die Dichte der keimfähigen Fichten- und Tannensamen, der lebensfähigen Bucheckern und Ahornfrüchte in verschiedenen Samenjahren auf den vier Lochhiebpzellen	169
Tab. 30: Trockengewichte der Streu auf der Parzelle II von 1976-1981	177
Tab. 31: Die Dichte der Naturverjüngungspflanzen (N/m^2), die zu Versuchsbeginn auf den Lochhiebpzellen bereits vorhanden waren (Keimjahrgang 1976 und älter), jeweils im Frühsommer und im Herbst der 5 Versuchsjahre	181
Tab. 32: Die höchsten der bei Versuchsbeginn bereits vorhandenen Pflanzen (Keimjahrgang \leq 1976) im Herbst 1977 und im Herbst 1981 auf den vier Lochhiebpzellen	184
Tab. 33: Zugänge an Naturverjüngungspflanzen (N/m^2) während des Versuchszeitraumes auf den Lochhiebpzellen	185

	<u>Seite</u>
Tab. 34: Die Keimlingsprozente auf den vier Lochhiebpzellen in den Jahren, in denen Werte der Dichte der keimfähigen Samen bzw. lebensfähigen Früchte vorlagen	186
Tab. 35: Varianzanalyse: Die Dichte der Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1977 (Parzellen I, II, III und IV)	187
Tab. 36: Die Dichte der Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1977 im Frühsommer und im Herbst der fünf Aufnahmejahre	189
Tab. 37: Die Dichte der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen im Frühsommer 1977 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den vier Lochhiebpzellen	190
Tab. 38: Entwicklung der Pflanzendichte der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen	193
Tab. 39: Die Anzahl der Ausfälle und das Ausfallprozent der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen auf den vier Lochhiebpzellen	195
Tab. 40: Die Ursachen für die Ausfälle der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen im Untersuchungszeitraum auf den vier Lochhiebpzellen	195
Tab. 41: Varianzanalyse: Die Dichte der Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1978 (Parzellen I und II)	200
Tab. 42: Die Dichte der Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1978 im Frühsommer und im Herbst der vier Aufnahmejahre	201
Tab. 43: Die Dichte der im Jahr 1978 gekeimten Fichtenpflanzen im Frühsommer 1978 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den Lochhiebpzellen I und II	202
Tab. 44: Die Anzahl der Ausfälle und das Ausfallprozent der im Jahr 1978 gekeimten Fichtenpflanzen auf den Lochhiebpzellen I und II	205
Tab. 45: Die Ursachen für die Ausfälle der im Jahr 1978 gekeimten Fichtenpflanzen auf den Parzellen I und II	205
Tab. 46: Varianzanalyse: Die Dichte der Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1981 (Parzelle II)	208
Tab. 47: Die Dichte der im Jahr 1981 gekeimten Fichtenpflanzen im Frühsommer und Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf der Lochhiebpzelle II	209
Tab. 48: Varianzanalyse: Die Dichte der Tannenpflanzen des Keimjahrganges 1980 (Parzellen I, II und III)	210
Tab. 49: Die Dichte der im Jahr 1980 gekeimten Tannenpflanzen im Frühsommer 1980 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den Lochhiebpzellen I, II und III	211
Tab. 50: Varianzanalyse: Die Dichte der Tannenpflanzen des Keimjahrganges 1981 (Parzellen I und II)	213

	<u>Seite</u>
Tab. 51: Die Dichte der im Jahr 1981 gekeimten Tannenpflanzen im Frühsommer 1981 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den Lochhiebsparzellen I und II	214
Tab. 52: Varianzanalyse: Die Dichte der Buchenpflanzen des Keimjahrganges 1978 (Parzellen I und II)	215
Tab. 53: Die Dichte der im Jahr 1978 gekeimten Buchenpflanzen im Frühsommer 1978 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den Lochhiebsparzellen I und II	217
Tab. 54: Varianzanalyse: Die Dichte der Ahornpflanzen des Keimjahrganges 1978 (Parzellen I und II)	218
Tab. 55: Die Dichte der im Jahr 1978 gekeimten Ahornpflanzen im Frühsommer 1978 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den Lochhiebsparzellen I und II	219
Tab. 56: Varianzanalyse: Die Dichte der Ahornpflanzen des Keimjahrganges 1980 (Parzellen I und II)	223
Tab. 57: Die Dichte der im Jahr 1980 gekeimten Ahornpflanzen im Frühsommer 1980 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den Lochhiebsparzellen I und II	224
Tab. 58: Die Dichte der Naturverjüngungspflanzen (N/m^2) im Herbst 1981 auf den vier Lochhiebsparzellen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt	226
Tab. 59: Die Sproßlänge der höchsten Naturverjüngungspflanzen im Herbst 1981 auf den vier Lochhiebsparzellen	228
Tab. 60: Das verwendete Pflanzenmaterial	249
Tab. 61: Die Überlebensprozente, Sproßlängen, Sproßlängenzuwächse und Sproßbasisdurchmesser von gepflanzten Fichten, Tannen, Lärchen, Buchen und Ahornen nach der fünften Vegetationsperiode auf den vier Lochhiebsparzellen	251
Tab. 62: Die Pflanzenparameter von Fichten, Tannen, Lärchen, Buchen und Ahornen in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke	258

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Im Zuge der Verjüngung von Bergmischwäldern werden häufig Löcherhiebe ausgeführt, die mehr oder weniger kreisrunde Öffnungen im Kronendach der Altbestände schaffen. Die so entstandenen Verjüngungsstellungen werden in der forstlichen Praxis als Gebirgsfemel bezeichnet. In der vorliegenden Arbeit sollte im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes "Bergmischwald" der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München die Brauchbarkeit dieser Gebirgsfemel zur Einleitung der natürlichen Verjüngung und zur Begründung künstlicher Verjüngung untersucht werden.

Dazu wurden im Herbst des Jahres 1976 in geschlossenen Altbeständen des Bergmischwaldes in den Chiemgauer Alpen vier Lochhiebsparzellen (I, II, III und IV) angelegt. Auf diesen Lochhiebsparzellen wurde auf einer kreisrunden Fläche mit einem Durchmesser von 30 m - einer in der Praxis üblichen Flächengröße - der Altbestand eingeschlagen. Die fünfjährige Beobachtung (1977 - 1981) der auf diesen Lochhiebsparzellen erstellten Versuchseinrichtungen sollte Antworten auf folgende Fragen ermöglichen:

- a) Wie kann die mikroklimatische Situation auf den Lochhiebsparzellen durch wichtige Standortfaktoren, wie Licht, Temperatur, Luftfeuchte und Niederschlag in Form von Regen und Schnee charakterisiert werden?
- b) Wie entwickelt sich die Bodenvegetation unter den besonderen Bedingungen des Lochhiebs, und welche Zusammenhänge zwischen dieser Entwicklung und den mikroklimatischen Verhältnissen werden erkennbar?
- c) Wie verlaufen die Naturverjüngungsprozesse auf den Lochhiebsparzellen, und welchen Einfluß haben die mikroklimatischen Verhältnisse und die Bodenvegetation darauf?
- d) Wie gedeihen im Vergleich zu den Naturverjüngungspflanzen gepflanzte Bäume unter den besonderen Bedingungen des Lochhiebs?

Diesen vier Fragen wird in vier eigenständigen Kapiteln nachgegangen, und zwar der Mikroklimatologie in Kap. 4, der Bodenvegetation in Kap. 5, der Naturverjüngung in Kap. 6 und der Kunstverjüngung in Kap. 7. Die Versuchsanlage, mit der die aufgeführten Fragen beantwortet werden, wird in Kap. 3 vorgestellt. Die Details der Versuchseinrichtungen und der Aufnahmeprogramme sind im jeweiligen Methodikteil der Kap. 4 bis 7 enthalten; in dem jeweiligen Methodikteil wird im übrigen stets der Aufbau des Ergebnisteiles vorgezeichnet, so daß eine rasche Orientierung

über den Inhalt der einzelnen Kapitel möglich ist. Die in der Literatur vorgefundenen Grundlagen der vorliegenden Arbeit werden in Kap. 2 dargestellt. Dieses Kapitel, in dem zum einen das Untersuchungsobjekt Bergmischwald und zum anderen das im Bergmischwald übliche Verjüngungsverfahren, der Femelschlag, näher betrachtet werden, kann von dem in erster Linie an den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit interessierten Leser übergangen werden; für das Verständnis der Gesamtzusammenhänge, die im Schlußkapitel 8 zur Sprache kommen, ist die Kenntnis der in Kap. 2 aufgeführten Grundlagen jedoch unbedingt notwendig.

2. DER BERGMISCHWALD UND DIE FEMELSCHLAGVERJÜNGUNG IM BERGMISCHWALD

2.1 Der Bergmischwald

Die vorliegende Arbeit widmet sich einem dynamischen Aspekt des Bergmischwaldes, der Entwicklung der Verjüngung. Dies setzt eine Einordnung und Abgrenzung des Bergmischwaldes voraus, da, wie MAYER 1974 schreibt, jeder Vegetationseinheit tannenreicher Waldgesellschaften ein spezifischer Verjüngungsablauf eigen ist (Kap. 2.11).

Aus dem gleichen Grund wird der Bergmischwald der Region, in der die Untersuchungen dieser Arbeit durchgeführt wurden, nämlich der Bergmischwald der Chiemgauer Alpen, näher beschrieben (Kap. 2.12).

Die waldbauliche Zielsetzung im Bergmischwald und die Realisierung dieser Zielsetzung in der Vergangenheit sind weitere wichtige Ausgangspunkte für die vorliegende Untersuchung (Kap. 2.13 und 2.14).

Ein von der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München begonnenes Forschungsprojekt "Bergmischwald", in dessen Rahmen die vorliegende Arbeit entstand, versucht Gründe für das Ausbleiben der Verjüngung im Bergmischwald aufzudecken (Kap. 2.15).

2.11 Der Bergmischwald als "potentielle natürliche" Vegetation

Eine Einordnung des Bergmischwaldes setzt das Vorhandensein eines Ordnungssystems voraus. Die sicher wünschenswerte Einordnung des Bergmischwaldes als natürliche Lebensgemeinschaft oder Biozönose scheitert am Fehlen einer Hierarchie der natürlichen Lebensgemeinschaften. Es besteht jedoch ein System der natürlichen Pflanzengesellschaften und in dieses soll im folgenden versucht werden, den Bergmischwald einzugliedern.

Natürliche Pflanzengesellschaften zeichnen sich dadurch aus, daß sie sich in einem nahezu völligen Gleichgewicht mit der Umwelt befinden und unter gegebenen Standortverhältnissen in ihrer Artenzusammensetzung über längere Zeit hinweg annähernd konstant bleiben. Da jedoch zumeist anstelle dieser natürlichen Pflanzengesellschaften durch anthropogene Einflußnahme Ersatzgesellschaften getreten sind, behilft sich die Vegetationskunde mit der Vorstellung des heutigen "potentiellen natürlichen" Zustandes der Vegetation, um dennoch Rückschlüsse auf das "freie Walten der Naturkräfte" (KUOCH, 1954a) ziehen und eine Gliederung der Vegetation vornehmen zu können. Unter "potentiellem natürlichen" Zustand der Vegetation ist dabei nach TOXEN zu verstehen "das Artengefüge, das sich unter den gegenwärtigen Umweltbedingungen ausbilden würde, wenn der Mensch überhaupt nicht mehr eingriffe und die Vegetation Zeit fände, sich bis zu ihrem Endzustand zu entwickeln" (Zit. nach ELLENBERG, 1982).

Unter diesem Gesichtspunkt muß man sich Mitteleuropa als ein fast lückenlos mit Wäldern bedecktes Land vorstellen, denn das in diesem Raum vorherrschende Klima fördert allgemein den Baumwuchs (ELLENBERG, 1982). Diese "potentiellen natürlichen" Wälder weisen eine gesetzmäßige Abhängigkeit von den jeweils wirksamen Standortfaktoren auf. So ist ein wesentliches Charakteristikum dieser Wälder die auffällige Höhenstufengliederung, die als helvetische Stufenfolge bezeichnet wird, und die sich in der Vegetationszonierung von Mitteleuropa über Südschweden bis Finnland wiederholt, da Übereinstimmungen zwischen aufsteigender Höhe über dem Meer und zunehmender geographischer Breite hinsichtlich des Temperaturklimas und der Dauer der Vegetationsperiode bestehen (FREITAG, 1962). ELLENBERG (1982) kann man die Beschreibung dieser biogeographischen Höhenstufengliederung entnehmen:

In der unteren, der planar-collinen Stufe dominieren aus Eiche und ihren Begleitbaumarten zusammengesetzte Wälder, die den in diesen Tiefenlagen vielfach auftretenden Trockenperioden und Spätfrösten gewachsen sind. In der submontanen Stufe herrscht die Buche unangefochten. Auch in der unteren montanen Stufe ist ihre Konkurrenzkraft ungebrochen. Erst in der mittleren montanen Stufegesellschaft tritt die Tanne zur Buche, v.a. auf den für die Buche nicht optimalen Standorten, die KUOCH (1954a) als "nadelbaumfördernd" bezeichnet. In der oberen montanen Stufe muß die Buche ihre herrschende Rolle an die Fichte und andere Nadelbäume abtreten, die den langen und kalten Wintern besser widerstehen können als die Buche. In der subalpinen Stufe können sich meist nur noch die Fichte und andere Nadelbaumarten behaupten.

Vorwiegend in der montanen Stufe, die in Mitteleuropa nur in den höheren Mittelgebirgen und im Hochgebirge ausgebildet ist, treten also Tanne und Buche, mancherorts auch Fichte, zu Bergmischwäldern zusammen und bilden, je nach Breiten- und Höhenlage, dem Ozeanitätsgrad des Klimas, der Bodenbeschaffenheit und der Exposition charakteristische Mischungsverhältnisse aus. In Mitteleuropa werden von den Pflanzengeographen folgende Bergmischwaldgebiete ausgedehnt: das Buchen-Fichten-Gebiet des Harzes, dem als nördlichstem Bergmischwaldgebiet die Tanne vollständig fehlt, das herzynisch-sudetische Bergmischwaldgebiet, das schwäbische Buchen-Tannen-Gebiet, das Bergmischwaldgebiet des Schwarzwaldes, das Buchen-Tannen-Gebiet der Vogesen und das Bergmischwaldgebiet der Alpen und des Alpenvorlandes (FREITAG, 1962).

Diese Zusammenstellung zeigt, daß der Begriff "Bergmischwald" recht weit gefaßt ist und alle aus Fichte, Tanne und Buche zusammengesetzten Wälder einschließt. Eine ebenso weit gefaßte Definition des Begriffes "Bergmischwald" wird in der vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1981) herausgegebenen Übersicht über die regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns gegeben. Als Bergmischwälder werden hier alle submontanen und montanen gemischten Wälder bezeichnet, die sich aus höhenzonal und kleinstandörtlich wechselnden Anteilen von Buche, Tanne, Fichte und Bergahorn zusammensetzen. "In geringem Umfang können je nach Standort noch weitere Baumarten beigemischt sein oder dominieren", heißt es in dieser Übersicht.

Versucht man nun diesen weit gefaßten Begriff "Bergmischwald" nach pflanzensoziologischen Kriterien zu ordnen, so stößt man auf Schwierigkeiten. Eine Schwierigkeit ergibt sich aus der Tatsache, daß es unterschiedliche Auffassungen darüber gibt, ob neben Buchenwäldern (Fageten) mit einer natürlichen Nadelbaumbeimischung und Fichten-Tannen-Buchen-Wäldern (Abieti-Fageten) auch Fichten-Tannenwälder (Abieteten) zum Bergmischwald gerechnet werden. So werden in der von Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1981) herausgegebenen Übersicht die hochmontanen Fichten-Tannen-Wälder als eigene Einheit neben die Bergmischwälder gestellt, während MAYER (1974) alle tannenreichen Wälder, also (Fichten-)Tannen-Buchenwälder und Fichten-Tannen-Wälder als Bergmischwälder bezeichnet.

Als weitere Schwierigkeit, den Bergmischwald nach pflanzensoziologischen Einheiten abzugrenzen, kommt hinzu, daß das pflanzensoziologische System unterschiedliche Einteilungsmöglichkeiten zuläßt. Werden (Fichten-)Tannen-Buchenwälder von verschiedenen Autoren in systematischer Hinsicht noch relativ einheitlich

beurteilt, auch wenn sie einmal als eigenständige Gesellschaften (MAYER, 1974) und ein anderes Mal als tannenreiche Höhengestaltungen homologer Buchenwaldgesellschaften (SEIBERT, 1968) eingestuft werden, so treten bei der systematischen Zuordnung der Tannenwälder größere Unterschiede auf. Tannenwälder, deren besondere Stellung ELLENBERG (1982) hervorhebt, können aufgrund ihrer floristischen Ähnlichkeit mit Laubwäldern zur Ordnung der Edellaubmischwälder (Fagetalia) gestellt werden (ELLENBERG und KLÖTZLI, 1972). Von ELLENBERG (1982) wird sogar ein eigener Unterverband der Tannenmischwälder (*Galio rotundifolii* - Abietion) des Verbandes der Rotbuchenwälder (Fagion) ausgedehnt.

Andere Autoren dagegen, die den in diesen Gesellschaften vielfach auftretenden subalpinen Pflanzenarten größeres Gewicht beimessen, reihen die Tannenwälder, oder doch zumindest die bodensauren Tannenwälder in die Ordnung der Nadelwälder (*Vaccinio-Piceetea*) ein (z.B. BRAUN-BLANQUET et al., 1954).

Ist aufgrund dieser Schwierigkeiten eine allgemeingültige Beschreibung des Bergmischwaldes mit Hilfe von pflanzensoziologischen Einheiten nicht möglich, so besteht doch kein Zweifel, daß der Bergmischwald "potentielle natürliche" Waldgesellschaften umfaßt, die den von ELLENBERG (1982) ausgedehnten Kategorien "montane Kalkbuchenwälder" und "montane Tannenwälder" zugeordnet werden können.

2.12 Der Bergmischwald in den Chiemgauer Alpen

Nach der allgemeinen Betrachtung über den Bergmischwald als natürliche potentielle Vegetation soll nun näher auf einen konkreten Bergmischwald, den Bergmischwald in den Chiemgauer Alpen, eingegangen werden.

Die Chiemgauer Alpen gehören zu den nördlichen Randalpen, die nach ELLENBERG und KLÖTZLI (1972) den randlichen Bereich im Nordteil der Alpen und die vorgelegerten Berge umfassen, wo warme Tallagen ebenso wie bis über die klimatische Waldgrenze aufragende Erhebungen vertreten sind, das Klima niederschlags- und wolkenreich, also relativ ozeanisch ist und die Gesteine vorwiegend kalkreich sind.

Eine genaue geographische Abgrenzung der Chiemgauer Alpen innerhalb der nördlichen Randalpen findet sich bei MAYER (1963a), der unter Chiemgauer Alpen die Kalkvoralpen zwischen den Quertälern des Inns und der Saalach versteht, die im Süden durch das Längstal von Walchsee und das Becken von Kössen sowie durch die Talfolge Kufstein - Walchsee - Kössen - Erpfendorf - Waidring - Paß Strub - Lofer gegen die höheren Kalkhochalpen bzw. Kitzbüheler Alpen abgegrenzt werden.

In diesem Gebiet reicht der die Waldgesellschaften Fichten-Tannen-Buchenwald und Fichten-Tannenwald umfassende Bergmischwald, wie man der stark schemati-

sierten Abb. 1 entnehmen kann, von den Tallagen in etwa 700 m über NN bis in Höhenlagen von etwa 1400 m über NN.

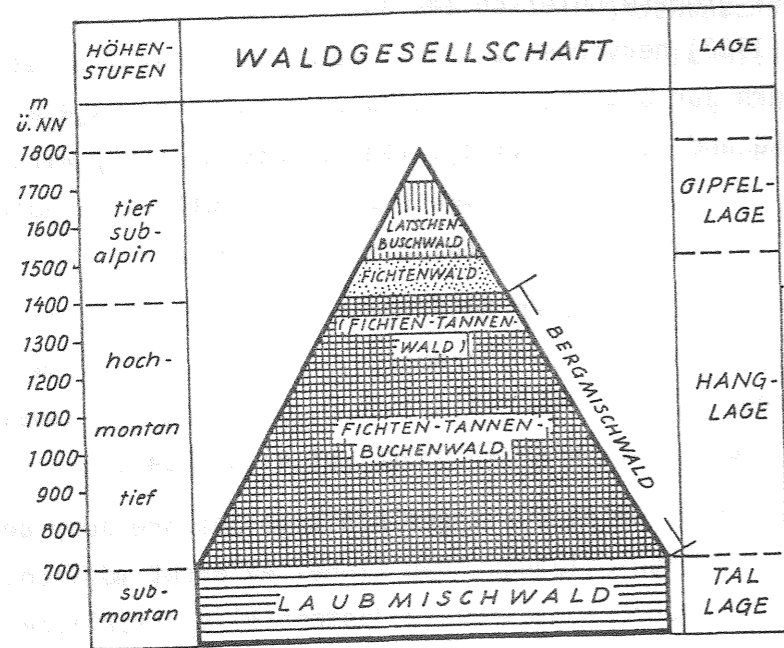


Abb. 1: Die wichtigsten Waldgesellschaften in den Chiemgauer Alpen (nach Angaben von MAYER, 1963a u. 1974).

Im Fichten-Tannen-Buchenwald (Abieti-Fagetum) der Chiemgauer Alpen, in dem Tanne und Buche abwechselnd dominieren, und andere Baumarten, wie Bergahorn und Eberesche nur vereinzelt auftreten, bildet die Fichte einen charakteristischen Bestandteil der Gesellschaft. Als montane Klimaxgesellschaft ist diese Gesellschaft weitgehend unabhängig von Exposition, Neigung und geologischer Unterlage, wenn lokalklimatische und edaphische Extreme ausgeschaltet sind (MAYER, 1963a).

Demgegenüber besiedelt der Fichten-Tannenwald (Abietetum), dem eine Übergangsstellung zum hochmontanen und tiefsubalpinen Fichtenwald zukommt, in erster Linie nadelbaumfördernde, tonreiche Gesteine. Zu hohe Bodenfeuchtigkeit, mangelnde Durchlüftung der skelettarmen Böden und Oberbodendegradierung verschieben das Konkurrenzgleichgewicht so eindeutig zugunsten von Tanne und Fichte, daß die Buche, hier edaphisch bedingt, ausfällt oder in den Nebenbestand abgedrängt wird (MAYER, 1963a).

Außer von den standörtlichen Faktoren ist die natürliche Zusammensetzung des Bergmischwaldes in den Chiemgauer Alpen von einer Reihe weiterer Faktoren bestimmt.

So sind die im Postglazial herrschenden Klimabedingungen und die Lage der Refugialräume der Baumarten während der letzten Glazialzeit nicht ohne Einfluß auf die Entstehung des Bergmischwaldes in diesem Gebiet geblieben, wie MAYER (1962 a, b) und KRAL (1974) aufzeigen. Nach einer Kiefern- und Fichtenphase dringt im jüngeren Atlantikum (mittlere Wärmezeit) die Buche aus dem Balkan von Südosten her in das Gebiet der Chiemgauer Alpen vor. Die Tanne, aus den Refugien auf der Apenninenhalbinsel kommend, wandert auf dem "Ostalpenweg" ebenfalls im jüngeren Atlantikum in diesen Raum ein (KRAL, 1974, 1980). Die Tanne muß sich dabei, anders als z.B. in den Westalpen, die eine unterschiedliche Einwanderungsgeschichte haben, gegen die Konkurrenz der Halbschattbaumart Fichte und gegen die Schattbaumart Rotbuche durchsetzen. Dies könnte, wie bereits MAYER 1962 a vermutet, zu einer Einengung des Ökotypenspektrums in Richtung auf höhere Schattenfestigkeit geführt haben. Diese sekundäre Selektion auf höhere Schattenfestigkeit der Tanne, nachdem eine primäre Selektion in den Refugialräumen nicht ausgeschlossen werden kann, ist nach Aussagen von MAYER (1962 a); KRAL (1974 und 1980) auch heute noch feststellbar.

Die auf Schattenfestigkeit ausgelesene Tanne und die Fichte, die im wesentlichen ihre lichtbedürftigen Biotypen erhalten hat (KRAL, 1980) sowie die von einer sekundären Differenzierung nicht betroffene Buche bauen im Subboreal (späte Wärmezeit) Bergmischwälder, also Fichten-Tannen-Buchen-Wälder und Fichten-Tannen-Wälder in den Chiemgauer Alpen auf. Diese Bergmischwälder bleiben im wesentlichen bis ins Subatlantikum (Nachwärmezeit) bestehen und stellen die natürliche Bewaldung in diesem Raum dar.

Erst die anthropogene Einflußnahme bringt eine beträchtliche Veränderung der Baumartenanteile mit sich, wie man den von KRAL (1974) genannten relativen Pollenanteilen der einzelnen Baumarten entnehmen kann. So ist heute der Anteil der Fichtenpollen auf 150% gestiegen, der Anteil der Tannepollen dagegen auf etwa 60% und der Anteil der Buche auf etwa 70% gefallen im Vergleich zu den Werten zur Zeit der natürlichen Bestockung im Subatlantikum. Auch v. BÖLOW (1962) konstatiert in den oberbayerischen Wäldern durch anthropogenen Einfluß eine Mischungsänderung zugunsten der Fichte und zu Lasten der anderen Baumarten.

Bergmischwald-Urwälder, wie sie MAGIN (1959) und v. BÜLOW (1962) für die Bayerischen Alpen beschreiben oder wie sie aus anderen Gebieten mit tannenreichen Wäldern bekannt sind (s. MAYER, 1976a), sind in den Chiemgauer Alpen heute nicht mehr vorhanden. In den Chiemgauer Alpen dominieren vielmehr Ersatzgesellschaften sehr unterschiedlichen Aufbaues, die zwischen natürlichen Waldgesellschaften und Forstgesellschaften vermitteln (MAYER, 1962 b). Diese Ersatzgesellschaften weisen jedoch vielfach noch die natürliche Baumartenmischung auf und können somit als naturnahe Bergmischwälder bezeichnet werden.

2.13 Waldbauliche Zielsetzung im Bergmischwald

Waldbau, als planmäßiger Anbau und Aufbau von Wäldern verstanden, muß darauf ausgerichtet sein, Wälder zu schaffen, die die gegebenen standörtlichen Voraussetzungen ausnutzen und die Aufgaben erfüllen, die ihnen im Rahmen der menschlichen Landnutzung zugedacht sind (BURSCHEL, 1977).

Diesem hohen Anspruch werden am besten Wälder gerecht, an denen vor allem dem Standort gemäße Baumarten beteiligt sind, die einen Aufbau zeigen, der ein Höchstmaß an Sicherheit gegen Gefährdungen - in erster Linie Sturm, Schnee und Insekten - verspricht, und die - wo immer das erreichbar ist - sich dem Zustand der ursprünglichen natürlichen Waldbestockung annähern (BURSCHEL, 1977).

Legt man diese strengen Maßstäbe an den Bergmischwald an, so wird aus der Darstellung in Kap. 1.2 sofort ersichtlich, daß der Bergmischwald aus standortsgemäßen Baumarten zusammengesetzt ist und der natürlichen Waldbestockung sehr nahe kommt. Damit keine Zweifel aufkommen, daß der Bergmischwald auch in der Lage ist, die vielfältigen, ihm im Gebirge zukommenden Aufgaben zu erfüllen, seien im folgenden einige Anmerkungen gemacht:

- TOLDRIAN (1974) weist nach, daß der Bergmischwald hinsichtlich des Wasserhaushaltes und des Bodenabtrags besonders günstig zu beurteilen ist.
- Eine gegenüber Reinbeständen eingeschränkte Schneebruchgefährdung in Mischbeständen konnte GÜRTH (1982) feststellen.
- Von Insektenkalamitäten in Fichtenreinbeständen, nicht jedoch in angrenzenden Bergmischwäldern, berichtet v. BÜLOW (1962).
- Nach DRESCHER (1965) und PREUHSLER (1979) ist der Bergmischwald in der Lage, eine hohe und wertvolle Holzproduktion zu leisten.
- Der Bergmischwald ist bei Waldbesuchern besonders beliebt (BICHLMAIER und GUNDERMANN, 1974).
- Bei zweckmäßiger Behandlung schneidet der Bergmischwald betriebswirtschaftlich hervorragend ab (SIEGMUND, 1975).

Der Bergmischwald ist also, dieser knappen Aufzählung zufolge, in idealer Weise geeignet, die an ihn gestellten Anforderungen zu erfüllen. Die waldbauliche Zielsetzung kann deshalb nur lauten: Erhaltung des Bergmischwaldes in Gebieten, in denen er noch vorhanden ist, und Wiederausbreitung des Bergmischwaldes in Gebieten, in denen er durch reine Fichtenbestände im Laufe der Zeit abgelöst worden ist.

Diese Zielsetzung galt bereits im Jahre 1861, wie man der Beschreibung der Forstverwaltung Bayerns durch das KGL. BAYERISCHE FORSTBUREAU entnehmen kann. Seither hat sie sich nicht gewandelt. Auch in den Grundsätzen für die Waldbehandlung im oberbayerischen Hochgebirge des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten aus dem Jahr 1982 und in den regionalen Zielen des Landesentwicklungsprogramms (1976) ist die Erhaltung des Bergmischwaldes als vorrangigste Aufgabe des Waldbaus festgeschrieben.

2.14 Die Realisierung der waldbaulichen Zielsetzung im Bergmischwald

Eine Beurteilung, inwieweit die im vorangegangenen Kapitel aufgestellten Zielsetzungen realisiert werden konnten, lassen die in Abb. 2 wiedergegebenen Ergebnisse der Bayerischen Großrauminventur von 1970/71 für den oberbayerischen Gebirgsraum zu. Dargestellt sind die Flächenanteile, die die wichtigsten Baumarten in den jeweils 20 Jahre umfassenden Altersklassen einnehmen.

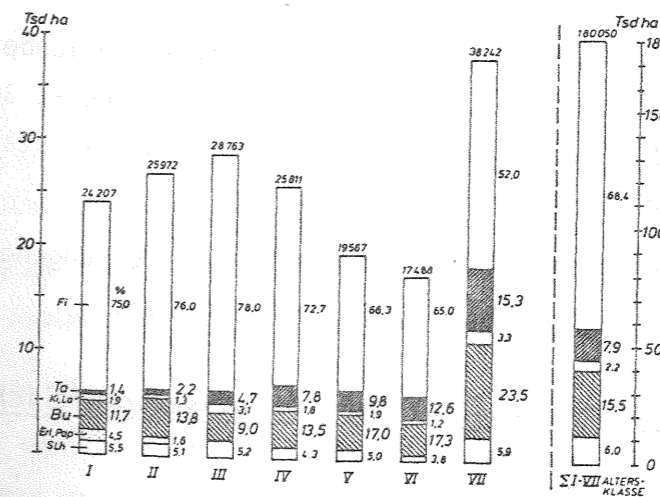


Abb. 2: Altersklassen und Baumarten in den Wäldern aller Besitzarten des Bayerischen Hochgebirges (nach FRANZ aus BURSCHEL, 1975).

Man muß zur Kenntnis nehmen, daß sich eine Realisierung der wohlformulierten Zielsetzungen, den Bergmischwald zu erhalten - ganz zu Schweigen von der Wiederausbreitung - nicht aus diesen Zahlen ablesen läßt. Mögen in diese Darstellung auch Flächen eingegangen sein, die von Natur aus keine Bestockung mit Bergmischwäldern zulassen, so fällt doch auf, daß die Altersklasse VII, die erfreulicherweise noch stark vertreten ist, eine Baumartenzusammensetzung aufweist, die der von MEISTER (1969a) genannten ursprünglichen Baumartenzusammensetzung in der Bergmischwaldregion von 45% Fichte, 25% Tanne und 30% Buche recht nahe kommt. Die mit abnehmendem Alter geringer werdenden Anteile der Tanne (1. Akl. 1,4%) und der Buche (1. Akl. 11,7%) deuten jedoch darauf hin, daß es immer weniger gelingt, gemischte Bestände nachzuziehen. Auf diese bedauerliche Entwicklung wurde in der Vergangenheit von einer ganzen Reihe von Autoren hingewiesen (v. BÜLOW, 1962; JOBST, 1962; KARL, 1967 und 1968; KARL und DANZ, 1969; MEISTER, 1969 a, 1969 b und 1972; DANZ, 1970; PLOCHMANN, 1969; OTT, 1970; DANZ, KARL und TOLDRIAN, 1971; MAYER, 1971 und 1972; WICHMANN, 1972; BURSCHEL, 1975).

Vor diesem Hintergrund wurden mehrere Untersuchungen begonnen, die in erster Linie der Zustandserfassung und Zustandsanalyse des Bergmischwaldes gewidmet waren: FORSTER UND SLEIK, 1974; LÖW, 1975; METTIN, 1977; BURSCHEL, LÖW, METTIN, 1977; SCHREYER und RAUSCH, 1978; PREUHLER, 1979).

In diesen Arbeiten werden v.a. zwei Ursachen für die Entmischung des Bergmischwaldes verantwortlich gemacht:

- Überhöhte Schalenwildbestände und z.T. auch erhebliche Weideviehbelastung führen zu starken Verbißschäden und Totalausfall junger Tannen-, Buchen- und Ahornpflanzen. Übrig bleiben nur die Fichten, die nicht so stark unter dem Wild- und Weideeinfluß leiden.
- Dem Verjüngungsgang des Bergmischwaldes nicht angepaßte Verjüngungsverfahren tragen ebenfalls zur Entstehung reiner Fichtenbestände bei.

2.15 Das Forschungsprojekt "Bergmischwald" der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München

Konnte mit den im vorangegangenen Kapitel genannten Zustandserfassungen der Wild- und Weideeinfluß zweifelsfrei belegt und z.T. quantifiziert werden, so ist doch weitgehend unerkannt geblieben, welchen Anteil falsches waldbauliches Vorgehen am Entmischungsprozeß des Bergmischwaldes hat (RAUSCH, 1975).

Mehrere Schwierigkeiten stehen einer exakten Beurteilung des waldbaulichen Verjüngungsverfahrens im Bergmischwald im Wege. Wegen der Langsamwüchsigkeit der Pflanzen ist der Erfolg oder Mißerfolg einer waldbaulichen Maßnahme meist erst nach Jahrzehnten zu beurteilen. Dazu kommt, daß der alles überlagernde Wildfaktor eine Beurteilung überhaupt fragwürdig macht.

Dies alles hat zu einer erheblichen Unsicherheit darüber geführt, welches waldbauliche Vorgehen im Bergmischwald angebracht sei. Hinzu kommt noch, daß der oft zitierte und ebenso oft falsch verstandene "freie Stil des Waldbaus" dazu verleitet, diffuse Eingriffe in das Bestandesgefüge des Bergmischwaldes vorzunehmen in der Annahme, damit irgendwie die Verjüngung zu begünstigen. Eingriffe aber, deren Wirkung nicht abschätzbar sind, können nicht zur Erreichung der im vorigen Abschnitt genannten waldbaulichen Ziele führen.

Angesichts dieser Schwierigkeiten schien es geraten, in einem umfassenden Forschungsansatz, wobei den waldbaulichen Maßnahmen besonderes Gewicht eingeräumt werden sollte, Klarheit in den weitgehend unbekanntem Verjüngungsgang des Bergmischwaldes zu bringen.

Dieser Forschungsansatz umfaßte folgende Ziele:

- Die Entwicklung der Naturverjüngung im Bergmischwald in Abhängigkeit von verschiedenen waldbaulichen Eingriffen in den Altbestand sollte erkennbar werden.
- Die Möglichkeit, im Falle des Versagens der Naturverjüngung, Bergmischwälder durch künstliche Verjüngung zu begründen, sollte ausgelotet werden. In diesem Zusammenhang sollte geklärt werden, unter welchen, durch waldbauliche Eingriffe in den Altbestand zu modifizierenden ökologischen Bedingungen das beste Gedeihen der Kulturen zu erwarten sei.
- Die Wirkung der Faktoren, die die Entwicklung der natürlichen und künstlichen Verjüngung steuerten, sollte abgeschätzt werden.

Abb. 3 zeigt in einem Schema, mit welchem komplexen System es dieser Forschungsansatz zu tun hat.

Gefragt war eine kausale Analyse des Verjüngungsganges im Bergmischwald und nicht nur eine Biotopbeschreibung der Lebensgemeinschaft Bergmischwald; der Forschungsansatz mußte deshalb die am Standort (Biotop) wirksamen Standortfaktoren, die den Verjüngungsgang möglicherweise beeinflussen, miteinbeziehen, und geriet somit fast zu einem ökosystemaren Ansatz, dem jedoch, wie aus Abb. 3 hervorgeht, die Vollständigkeit fehlt.

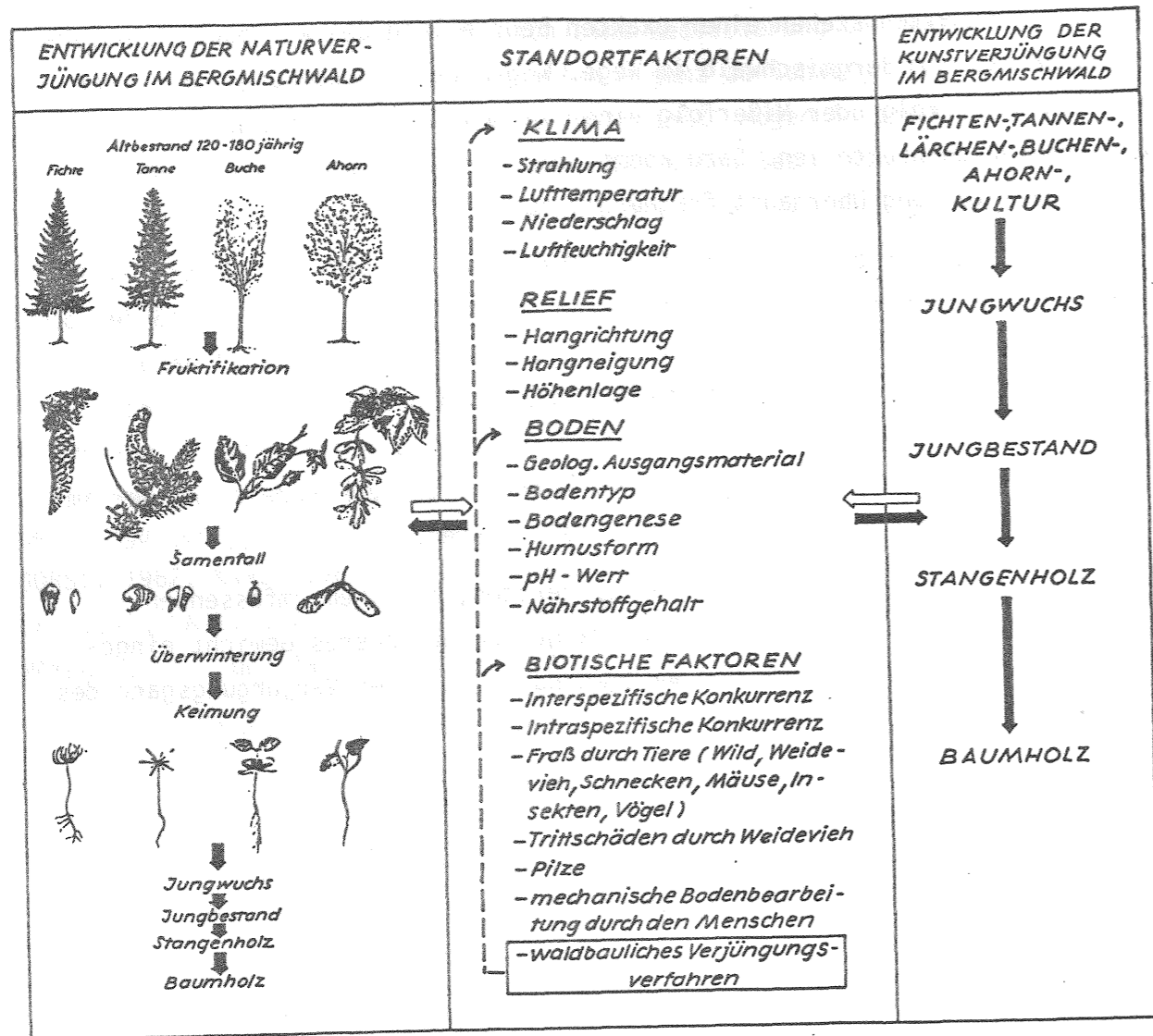


Abb. 3: Schema der Entwicklung der Natur- und Kunstverjüngung im Bergmischwald und die sie beeinflussenden Standortfaktoren (nach BURSCHEL und MOSANDL, 1981, erweitert).

Die gestellte Aufgabe konnte nur durch interdisziplinäre Zusammenarbeit verwirklicht werden. Mehrere Lehrstühle der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München erklärten sich bereit, unter Federführung des Lehrstuhls für Waldbau und Forsteinrichtung an dem Forschungsvorhaben mitzuwirken: die Lehrstühle für

- Bioklimatologie und angewandte Meteorologie,
- Bodenkunde,
- Forstbotanik,
- Waldwachstumskunde,
- angewandte Zoologie.

Im Jahre 1976 wurde in den ostbayerischen Kalkalpen im Forstamtsbereich Ruhpolding eine Versuchsanlage geschaffen, die es erlaubte, den Verjüngungsgang im Bergmischwald zu verfolgen.

Ein Schwerpunkt lag dabei, wie dies in Abb. 3 angedeutet ist, auf der menschlichen Einflußnahme auf den Verjüngungsgang durch die Wahl des Verjüngungsverfahrens. Es wurden fünf verschiedene waldbauliche Eingriffe in den Altbestand vorgenommen.

- | | |
|-------------------------|---|
| - Kontrolle: | kein Eingriff in den Altbestand |
| - schwacher Schirmhieb: | Entnahme von 30% der Bestandesgrundfläche |
| - starker Schirmhieb: | Entnahme von 50% der Bestandesgrundfläche |
| - Lochhieb: | Entnahme des Altbestandes auf einer kreisrunden Fläche von 30 m Durchmesser |
| - Kahlhieb: | Entnahme des gesamten Altbestandes. |

Eine genaue Beschreibung der Versuchsanlage, die insgesamt 21 Parzellen umfaßt, findet sich bei VELTSISTAS (1980) und bei HOHENADL (1981). Einen Überblick über das gesamte Forschungsprojekt gaben BURSCHEL und MOSANDL (1981).

Zahlreiche Publikationen sind im Rahmen dieses Forschungsprojektes inzwischen entstanden. Auf die wichtigsten in diesen Veröffentlichungen mitgeteilten Ergebnisse wird in den folgenden Kapiteln noch mehrfach eingegangen. Es wird deshalb an dieser Stelle auf eine Wiedergabe der bisherigen Erkenntnisse des Forschungsprojektes "Bergmischwald" verzichtet.

2.2 Der Femelschlag als geeignetes Verjüngungsverfahren für den Bergmischwald

Will man die heutige Vegetation verstehen, so genügt es nach ELLENBERG (1982) nicht, über die gegenwärtigen Wirtschaftsmethoden Bescheid zu wissen. Gerade für Wälder ist es unumgänglich, die früheren Wirtschaftsweisen und ihre Auswirkung zu kennen. Es wird deshalb, auch eingedenk des Satzes von RÖHRIG (1982) "Waldbau lebt aus der Geschichte", im folgenden Abschnitt (2.21) die Geschichte des Femelschlages dargestellt. Im Abschnitt 2.22 wird dann aufgrund der Bedeutung, die den Lochhieben in der vorliegenden Arbeit zukommt, die Stellung der Lochhiebe im Rahmen der Femelschlagverjüngung herausgearbeitet.

2.21 Entstehung, Entwicklung und heutige Ausgestaltung des Femelschlages

2.211 Waldverjüngung vom Mittelalter bis zur Zeit Karl GAYERS um 1890

Im 15. Jahrh. sind im bayerischen Hochgebirge die Rodungen im wesentlichen abgeschlossen. Gebirgswald ist von diesem Zeitpunkt an nicht mehr Kulturhindernis, sondern wirtschaftliches Gut (v. PECHMANN, 1932). Die ursprüngliche Nutzung dieses wirtschaftlichen Gutes war im Bergwald, wie in allen Gebieten Deutschlands, in denen Wald im Überfluß zur Verfügung stand, der ungeregelte Plenterbetrieb, das sog. "unordentlich plätzige Hauen" (VANSELOW, 1957). Dem Wald wurde das zum Bedarf notwendige Holz dort entnommen, wo es in bester Qualität zur Verfügung stand und am leichtesten zugänglich war. Von PECHMANN schildert in seinen 1932 erschienenen Beiträgen zur Geschichte der Forstwirtschaft im oberbayerischen Hochgebirge die Vielseitigkeit der Leistungen, die dem Wald abverlangt wurden. Die bäuerliche Bevölkerung brauchte Holz für den Hausbau und für die Umzäunung ihrer Weiden; die Handwerker hatten Bedarf an geeigneten Werkhölzern; die Flößer suchten schlanke, astreine Bau- und Schindelstämme; die Chiemgauer Holzbauern lebten jahrhundertlang von der Gewinnung von Kuef- oder Taufelholz, das zur Herstellung der Salzfässer für die Reichenhaller Saline verwendet wurde. Dazu kam der riesige Brennholzbedarf für den Hausbrand, für die Saline und für das Großgewerbe. Diese, einer Exploitation gleichkommende Nutzung hinterließ nur traurige Bestandesreste, die aus grobastigen Vorwüchsen, schwachem, zwischen- und unterständigen Gestänge und den wirtschaftlich weniger interessanten, schwer bringbaren Buchen bestanden.

Obwohl man bei dieser intensiven Nutzung der Waldverjüngung keinerlei Beachtung schenkte, wurde durch die ungleichmäßige, femelschlagartige Auflockerung, die durch die "Aushackungen" ungewollt zustande kam, die Verjüngung oftmals eingeleitet (v. PECHMANN, 1932). Verjüngungen aus Buche und Tanne fanden durch diese Vorgehensweise ein gutes Gedeihen.

Es entstanden jedoch auch große holzleere Flächen, "viele öde Plätze", die wegen des Graswuchses den Weideberechtigten erwünscht, der Walderhaltung aber höchst abträglich waren (v. PECHMANN, 1932). Mit zunehmenden Ansprüchen an den Wald, vor allem dort, wo Salinenwesen und Großgewerbe aufblühten, erregte der Plenterbetrieb, oder "die Schleichwirtschaft", wie er auch genannt wurde (VANSELOW, 1957) immer mehr Bedenken. Man begann sich Gedanken über die Nachhaltigkeit zu machen. Dazu war es nötig, unbestockte Waldflächen wieder der Produktion zuzuführen und

in Zukunft solche Flächen erst gar nicht entstehen zu lassen. Damit stand Ende des 17. Jahrhunderts erstmals die Frage der Verjüngung im Mittelpunkt des forstlichen Denkens und Handelns. Diese damals herausgestellte Wichtigkeit der Verjüngungsfrage gilt bis in die heutige Zeit. Der erste gestaltende Ansatz zur Sicherung der Verjüngung bestand in der Konzentration der Nutzung auf fest bestimmte Flächen, die Schläge. Damit war der Übergang von der sog. "Schleichwirtschaft", in der sich die Verjüngung ohne gestaltende menschliche Absicht regelte, zum schlagweisen Betrieb vollzogen.

Man darf allerdings nicht glauben, daß damit der Plenterbetrieb abgeschafft worden wäre. Wenn auch zahlreiche Verordnungen das regellose Hauen einschränkten, so war dieses Verfahren weiterhin üblich in den Heimhölzern der Bauern, in den "Gmainhölzern" und in den Freigebirgen - also in allen dem Zugriff der Bevölkerung offenen Waldungen; es hielt sich dort bis ins 19. Jahrhundert (v. PECHMANN, 1932).

Dort, wo große Holzmengen ohne hohe Ansprüche an die Qualität benötigt wurden, also in erster Linie Brenn- und Kohlholz in der Nähe der Salinen, in der Umgebung von Berg- und Hüttenwerken, und in den Triftgebirgen, versuchte man durch Einteilung in Schlag- und Verjüngungsflächen und in übrige, von der Nutzung ausgenommene Flächen, eine räumliche Ordnung zu schaffen und der Entstehung von öden Flächen vorzubeugen; die Nachhaltigkeit der Holznutzung sollte dadurch gewährleistet werden.

Die Verjüngungsform war zunächst der Kahlschlagbetrieb. Die Kahlschlagtechnik, örtlich bereits im Mittelalter angewandt, hinterließ nicht etwa vollkommen kahle Flächen, vielmehr blieb ein Teil des Altholzes, vor allem Laubholz und das wirtschaftlich uninteressante Nadelholzgestänge, stehen. Bereits 1577 wird mit Rücksicht auf die Verjüngung in der "Holzverlegung für das Bergamt Bergen" angeordnet "je über 40 Schritt ainen (Überhälter) stehen lassen" (v. BÜLOW, 1962) und knapp 70 Jahre später, 1645, verlangt die Tegernseer Forstordnung, auf den Schlägen alle 50 Schritt einen Samenbaum zu belassen (v. PECHMANN, 1932). Wenn man bedenkt, daß der Wald meistens einige Jahre vor dem Kahlhieb auf das besonders wertvolle Kuf-, Bau- oder Schindelholz durchgeplentert wurde und somit eine Verjüngung eingeleitet war, und daß der Kahlhieb zumindest in der Anfangszeit auf nicht zu großen Flächen erfolgte, so kann die Wirkung dieses Verfahrens für die nächste Waldgeneration nicht übermäßig ungünstig gewesen sein.

Bis zum Beginn des 18. Jahrh. änderte sich an der Schlagführung nichts wesentliches. In der Folge wurden Erfahrungen gesammelt mit "strichweiser" Holzentnahme. Die Nutzung schritt nicht mehr wie bisher horizontal von unten nach oben voran, sondern es wurden vertikale schmale Schläge angelegt. Das neue Verfahren, der Schmalsaumschlag, muß sich bewährt haben, denn er wurde 1761 amtlich eingeführt. Das Salzmaieramt Traunstein schrieb 1874: "die Brennwidhiebe ... fahls diese nach der 1761 introducierten arth von Fuß des Berges bis aller Höhe in schmalen Strichen geschehen, fliechen von sich selbst an und werden von den noch stehenden Wald genugsam besaamt." (v. PECHMANN, 1932)

Bei Anlage von neuen Schlägen und beim Vorrücken der Säume wurde der Sturmgefahr zunehmend Beachtung geschenkt. Die Verfeinerung der Hiebstechnik diente in erster Linie der Naturverjüngung. Die Hiebe sollten nicht breiter als 50 bis 60 Schritt angelegt werden, "daß der Boden Schatten, sohin genugsame Feuchtigkeit hat" (aus einer Berchtesgadener Verordnung, zitiert nach v. PECHMANN, 1932). Die Verjüngung erhoffte man sich von der Seitenbesamung des anliegenden Altholzbestandes. Da aber der Verjüngungserfolg oft ausblieb, die Altholzvorräte schwanden und die Anzahl der unbestockten Hiebsflächen zunahm, richtete 1775 der Traunsteiner Salzmaier Wilhelm Freiherr von Pechmann ein "Cultur pro memoria" an die Reichenhaller und Traunsteiner Hofkammer. Dieses Kulturmemorandum gibt das Signal zur Kunstverjüngung. Mittels Saat werden große Flächen wieder in Bestockung gebracht. Den Höhepunkt erreicht diese Kulturtätigkeit Mitte des 19. Jahrh.

Diese Betonung der künstlichen Verjüngung darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß die Naturverjüngung im Bergmischwald zu jeder Zeit den größeren Anteil an der Waldverjüngung hatte (v. BÜLOW, 1962).

Anfang des 19. Jahrh. wird dann eine neue Verjüngungsform propagiert, der Dunkelschlag. Bereits 1810 ist ein vom damaligen Salinenwaldmeister Franz Xaver Huber angelegter Dunkelschlag in Ruhpolding nachweisbar. Auf der Großfläche wurde mit einem ersten Hieb, dem Besamungshieb (von Georg Ludwig Hartig später als Dunkelschlag bezeichnet) in einem zu erwartenden Mastjahr eine Schirmstellung geschaffen und mit einem zweiten sog. Lichthieb einige Jahre später die angekommene Verjüngung gefördert. Die Idee, die dahinter steht, kommt in COTTAS "Anweisung zum Waldbau" von 1828 zum Ausdruck: "Man sieht es einem Walde nicht allemal gleich an, welche Stellung des Besamungsschlages in ihm die vortheilhafteste ist. Wenn man aber in haubaren Orten einzelne ausgelichtete Stellen aussucht, wo natürliche Besamung erfolgt ist, so kann man daselbst das für jeden Ort passende Mas finden,

und man darf nur den Platz, wo der junge Aufwuchs am schönsten und vollkommensten steht, zum Muster wählen und sodann dem Samenschlage eine ähnliche Stellung geben". Man nimmt sich also ein Vorbild an dem Platz, "wo der junge Aufwuchs am schönsten steht" und versucht, dieses Bild auf der Großfläche zu realisieren. Das gleiche Vorbild führt kurioserweise später GAYER zur "horst- und gruppenweisen Verjüngung".

Interessanterweise wird von HARTIG, der der Idee des Dunkelschlages zu weiter Verbreitung verholfen hat, im Gebirge nach der Windgefährdung differenziert. So schreibt er 1791 in seiner "Anweisung zur Holzzucht für Förster": "Ist das Nadelholz im Gebirge dem Windstoß ausgesetzt, so kann man, der Erfahrung gemäß, keine einzelne Saatbäume daselbst erhalten, weil sie der Wind bald umreißt. Die Besamung muß deswegen vom stehenden Ort her erfolgen, wenn sie natürlich geschehen soll."

Neben der Betonung der Verjüngung unter Schirm bringt das 19. Jahrh. eine weitere Neuerung: es werden, nachdem vormals das Laubholz im Bergwald unerwünscht war, aus Laub- und Nadelholz gemischte Verjüngungen angestrebt. In der vom Königlich-Bayerischen Ministerial Forstbureau herausgegebenen "Forstverwaltung Bayerns" von 1861 gilt als oberster Grundsatz die "Erhaltung, beziehungsweise Erziehung von Mischbeständen". Die hochgesteckten Ziele wurden allerdings nur teilweise erreicht. Trotz mancherorts gelungener Dunkelschlagverjüngungen ließ auf großen Flächen infolge zu großer Ausdehnung der Dunkelschläge und "verhauener Schlagstellungen" die Naturverjüngung zu wünschen übrig, weshalb man wohl am Ende des 19. Jahrhunderts wieder zu schmalen Kahlschlägen überging (v. PECHMANN, 1932). Großkahlschläge wurden jedoch entgegen den Anweisungen immer noch in größerem Ausmaß angewandt, wo lange Holzriesen eine schnelle Abnutzung erzwangen (v. PECHMANN, 1932).

2.212 Die von Karl GAYER eingeleitete neue Epoche in der Technik der Waldverjüngung

Mit dem Erscheinen der ersten Auflage des Lehrbuches "Der Waldbau" von Karl GAYER im Jahre 1880 wurde eine neue Epoche in der Technik der Waldverjüngung eingeleitet. Das in diesem Buch herausgestellte Ziel, die Verkleinerung der Hiebsflächen, fand Eingang nicht nur in den oberbayerischen Bergmischwald, sondern in viele gemischte Wälder, Nadelwälder und z.T. auch Laubwälder Deutschlands (VANSELOW, 1957).

Das Ordnungsprinzip, das alle bisherigen Verjüngungsformen beherrschte, hatte durch die Vermessung und Einteilung der Wälder an Bedeutung verloren. Die Nachhaltigkeit war gesichert und eine neue "Schleichwirtschaft" nicht zu befürchten. Es waren somit die Voraussetzungen gegeben, die Verjüngungsflächen zu verkleinern und im Wald zu verteilen (VANSELOW, 1957). GAYER erkannte die Nachteile der großflächigen, meist aus Kahlschlag oder Dunkelschlag, z.T. auch unter Zuhilfenahme künstlicher Verjüngung entstandenen gleichaltrigen einschichtigen Reinbestände und versuchte, ein neues Verjüngungsziel vor Augen, den gruppenweisen gemischten und ungleichaltrigen Bestand mit einer neuen Verjüngungstechnik zu erreichen: "der Kleinflächen-Schirmstellung".

Die Anfänge dieser Kleinflächen-Schirmstellungen müssen in den unregelmäßig ausgestalteten Schirmstellungen des Dunkelschlages Anfang des 19. Jahrh. im Schwarzwald, im Alpengebiet und in den Vogesen gesehen werden. In diesen Gebieten wurde, wo sich sog. Vorwuchs zeigte, örtlich aufgelichtet, während andere Altholzteile noch geschlossen blieben. Am konsequentesten wurde diese Verjüngungsweise, die jedoch an der Großfläche festhält und im wesentlichen mit der Großflächen-Schirmstellung arbeitet, im "Badischen Femelschlag" verwirklicht (SEEGER, 1925). Im badischen Schwarzwald hat GAYER diese Verjüngungsweise dann auch kennengelernt und nach eigenen Aussagen reichste Anregung gewonnen (VANSELOW, 1931).

Als ein weiteres Vorbild für seine Kleinflächen-Schirmstellung sah Karl GAYER den Verjüngungsprozeß in den besonders verjüngungswilligen ursprünglichen Wäldern an. In Urwäldern kann als eine Möglichkeit die neue Generation zunächst zerstreut in einzelnen Lücken und Löchern des Waldes als gruppenweise Verjüngung unter dem Schutz des Altholzes entstehen. VANSELOW (1931) beschreibt den Verjüngungsvorgang im Urwald, den GAYER wohl vor Augen hatte, wie folgt:

Beim Ausscheiden einzelner hauptständiger, herrschender Bäume "findet sich wohl in der kurzen Zeit der Durchbrechung des Schlusses vorübergehend Anflug und Aufschlag ein, aber er vergeht wieder, sobald der Schluß sich erneut einstellt. Es entsteht noch keine bleibende Naturverjüngung. Wenn aber, besonders im hohen Alter, einmal die Lücken durch das Ausscheiden einzelner oder auch mehrerer, beisammen stehender breitkroniger Stämme sich immer mehr vergrößern und gleichzeitig das Kronenerweiterungsvermögen der Stämme nachläßt oder überhaupt aufhört, dann schließt sich der Bestand nicht mehr, dann kommt in diesen Lücken und Löchern dauernd soviel Licht und Wärme und Regen auf den Boden, daß der ankommende Nachwuchs sich darin ständig halten kann."

Ähnlich verläuft der Gang der Verjüngung auch im Plenterwald, der dem Urwald als am nächsten stehend erachtet wurde. Auch hier entsteht die Verjüngung gruppenweise

im Bestandesinnern unter Kleinflächen-Schirmstellungen. Ein Hinweis, daß GAYER sich auch am Plenterwald orientiert, findet sich in seinem Waldbaulehrbuch (4. Aufl. 1898): "... wir müssen uns vorurteilsfrei an die Natur und ihre im Femelwald (= Plenterwald, der Verf.) so deutlich wahrnehmbare Fingerzeige halten, - wir müssen vom Femelwalde (= Plenterwald, der Verf.) lernen."

Femelwald, von GAYER als die Naturform des Waldes angesehen, war die damals gleichberechtigte Bezeichnung für Plenterwald. Der Name Femel (von lat. femella - das Weibchen -) stammt aus der Landwirtschaft und bezeichnet die männliche, weniger wichtige Form des Hanfes, die wegen ihrer schwächeren Beschaffenheit fälschlicherweise als weiblich angesehen wurde. Bei der Hanfernte werden die schwächeren männlichen Stengel vor den erst später reifenden weiblichen Stengeln ausgezogen (ausgefemelt) (HEYER, HESS, 1906). In den Forstbereich wurde der Begriff vermutlich deshalb übertragen, da eine gewisse Ähnlichkeit zwischen der Hanfernte und der Holzernte im Femelwald (= Plenterwald) besteht. Auch beim Plenterbetrieb werden bestimmte Stämme nach dem Kriterium Stärke für die Nutzung vorgesehen. Allerdings sind es im Femelwald (= Plenterwald) die stärksten Stämme, die ausgezogen werden.

GAYER verwendete das Wort Femel in der von ihm entwickelten Verjüngungsform "Femelschlag", die er anfangs als "horst- und gruppenweise Verjüngung" bezeichnet hatte, um anzudeuten, daß bei diesem Verfahren die Grundlage der Verjüngung wie beim Femelwald (Plenterwald) die Kleinfläche ist. Da er aber auch etwas größere Verjüngungseinheiten "Horste", die er ebenfalls als für die Verjüngung günstig ansieht, miteinbezieht, reiht er seinen Femelschlag folgerichtig zwischen Plenterbetrieb und Dunkelschlag ein.

In der Kleinflächen-Schirmstellung ist sicher das wichtigste Element des Femelschlages zu sehen. Der Begriff "Femelschlag" umfaßt jedoch nicht nur die Einleitung der Verjüngung unter diesen Kleinflächen-Schirmstellungen, sondern den gesamten Verjüngungsprozeß und schließt somit die Erweiterung und das "Zusammenfließen" der Verjüngungsgruppen mit ein.

In seinem Waldbaulehrbuch (4. Aufl. 1898) beschreibt GAYER die Femelschlagverjüngung wie folgt:

"Die Verjüngung dehnt sich hier über einen Zeitraum von etwa 15 - 40 Jahre aus; der junge Bestand entsteht stückweise in Form von kleineren und größeren Gruppen und Horsten, die durch die Besamung der nacheinander sich ergebenden sämtlichen Samenjahre, unregelmäßig über die ganze Bestandsfläche verteilt erscheinen. Ein

Teil dieser Verjüngungshorste war schon vor dem Angriffe des Bestandes freiwillig entstanden; es sind das die Vorwuchshorste, welche, soweit sie wuchskräftig, zur Begründung des jungen Bestandes mit gleicher Wertschätzung herangezogen werden, wie die durch den direkten Verjüngungshieb zu erzielenden Besamungshorste. Ein derart in Verjüngung genommener Bestand zeigt ein wechselvolles Bild; einzelne Teile sind noch gar nicht in den Verjüngungsprozeß eingetreten und bewahren ihren vollen Hochwaldschluß, andere sind in diesem Prozeß mehr oder weniger weit fortgeschritten, und wieder andere sind bereits vollständig verjüngt."

An einer anderen Seite verdeutlicht GAYER nochmals den Verjüngungsprozeß:

"Beim Verjüngungsprozesse selbst bildet also jeder kleine Flächenteil ein besonderes und vorerst selbständiges Verjüngungsobjekt, in welchem der Verjüngungsvorgang ganz den speziellen örtlichen Verhältnissen gemäß vollzogen wird. Obwohl auch bei der femelschlagweisen Verjüngung jeder Besamungshorst dieselben Stadien des Verjüngungsprozesses durchläuft wie bei der gleichförmigen Schirmschlagverjüngung, so ergeben sich dieselben jedoch in anderer Weise als dort, und die Hiebsführung ist eine von der letzteren erheblich abweichende."

Vom Gesichtspunkt der Hiebsführung betrachtet, sieht der GAYER'sche Femelschlag, der zwischen Vorhieben, Angriffshieben und Umsäumungshieben unterscheidet, folgendermaßen aus:

- Vorhiebe erfolgen nur ausnahmsweise, z.B. wenn kranke und abgängige Stämme vorhanden sind; sie sollen auf keinen Fall im Sinne der Vorbereitungshiebe beim Dunkelschlag geführt werden.
- Angriffshiebe sind zum einen Hiebe, die über vorhandenen Vorwuchshorsten auflichten und zum anderen die eigentlichen Besamungshiebe, die in einem Samenjahr an den Stellen des Bestandes eine Auflockerung bewirken, wo Boden und Bestand die gewünschte Verfassung aufweisen. Die nach einem Besamungshieb in einer Gruppe angekommene Verjüngung wird im nächsten Stadium freigestellt. Dies bewirkt einen Verjüngungsansatz angrenzend an die bereits vorhandene Verjüngung.
- Als nächstes wird die freigestellte Verjüngung umsäumt, d.h. am Rande der Verjüngungsfläche wird schirmschlagartig aufgelichtet. Durch Rändelhiebe, die eine Reihe von Bäumen am Rande der Verjüngungsfläche entnehmen, wird die Fläche erweitert. Weitere Umsäumungen werden vorgenommen.
- Im Endstadium fließen die im ganzen Bestand zeitlich versetzt angelegten und erweiterten Verjüngungsgruppen zusammen.

Diese stark schematische Darstellung der Hiebsführung kann nur einen sehr unzureichenden Eindruck des Vorgehens beim Femelschlag vermitteln.

Doch stößt jede schematische Darstellung auf Schwierigkeiten, seien sie begrifflicher Natur wie bei GAYER (1898), der Rändel-, Umsäumungs- und Nachiebe nicht deutlich unterscheidet, oder graphischer Art, wie bei VANSELOW (1931), der Mühe hat, gleichzeitig die Entwicklung des Altbestandes und des Jungwuchses bildlich darzustellen.

Eine schematische Darstellung widerspricht im Grunde auch der Idee des Femelschlages, nach der im Laufe des Verfahrens alle Hiebsarten zur Anwendung kommen können. GAYER (1898) bemerkt hierzu: "Ungleichzeitigkeit der Hiebe liegt ... im Prinzip der horstweisen Verjüngungsmethode; daraus folgt, daß alle Hiebsarten nebeneinander (Sperrung durch GAYER, der Verf.) auf den verschiedenen Orten des Bestandes während der Verjüngung vertreten sein müssen." LEIBUNDGUT (1946) trägt dem Rechnung, wenn er schreibt "die Hiebsart (beim Femelschlag, der Verf.) wird nach Standort, Mutterbestand und zu verjüngenden Holzarten frei gewählt". Da des weiteren die Größe, die Zahl, die Lage und die Reihenfolge der Anlage solcher Femelstellungen im Bestand nicht zwingend vorgeschrieben sind, ergibt sich daraus ein flexibles Verjüngungsverfahren, das den jeweiligen Bestands- und Standortverhältnissen angepaßt werden kann. Eine schematische Darstellung oder Regeln, die auf eine schablonenmäßige Anwendung abzielen, können deshalb dieser Verjüngungsform nicht gerecht werden (GAYER, 1898).

Erst eine Aufgliederung dieser Verjüngungsform in ihre Komponenten, d.h. in die verschiedenen ökologischen Stationen, die während des Verjüngungsprozesses durchlaufen werden, eröffnet den Zugang zum Verständnis des Femelschlages. VANSELOW (1931) nimmt diese Aufteilung in seiner Systematik vor und bezeichnet den Femelschlag als "eine additive Verbindung von Kleinflächen-Schirmstellung in Gruppenform mit unmittelbar anschließender Gruppenrandstellung oder Kleinflächen-Schirmstellung in gebogener Streifenform".

Innerhalb des Femelschlagverfahrens kommt es also zu Hieben, die Schirmstellungen schaffen; sie bleiben anfangs auf kleine Flächenteile beschränkt. Oft genügt schon die Herausnahme eines einzigen starkkronigen Stammes; unter Umständen kann sich der Hieb aber auch auf kleine Bestandespartien bis zu 5 Ar ausdehnen (GAYER, 1898). Im späteren Verjüngungsstadium können dann, wenn Umsäumungshiebe vorgenommen werden, noch größere Schirmhiebsflächen vorkommen.

Ebenso werden Hiebe geführt, die die angekommene Verjüngung oder bereits vorhandene Vorwüchse freistellen. Dadurch kommen die von VANSELOW (1931) als Grup-

penrandstellungen bezeichneten Bestandeslöcher von etwa 2 - 5 Ar Größe (GAYER, 1898) zustande. Größere ungeschützte Flächen entstehen dann durch Rändeln dieser Bestandeslöcher oder durch Abräumen der Verjüngungsfläche im Endstadium des Verjüngungsprozesses.

Die Aufgliederung des Femelschlages in seine Komponenten läßt den Hauptvorteil dieser Verjüngungsform bereits aufscheinen:

Es entstehen im Verjüngungsprozeß ökologisch verschiedenartige Teilflächen, die Baumarten mit verschiedenen ökologischen Ansprüchen das Ankommen ermöglichen. Das Femelschlagverfahren ist damit "die spezifische Methode der Schirmverjüngung für die Begründung gemischter Bestände" (GAYER, 1898).

Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, daß durch das zeitlich versetzte Anlegen Verjüngungsgruppen das Risiko des Mißlingens der Verjüngung gemindert wird, da nicht wie bei der Großschirmschlagverjüngung im Extremfall nur ein Samenjahr, sondern alle im Verjüngungszeitraum auftretende Samenjahre zur Verjüngung des Bestandes benutzt werden. Das Femelschlagverfahren ist damit auch eine sehr sichere Methode der Bestandesbegründung.

Als Nachteile des Femelschlages werden im allgemeinen die mangelnde räumliche Ordnung und die hohen Anforderungen an den Wirtschaftler genannt.

Die Idee des Femelschlages, wie sie hier kurz skizziert wurde (Näheres findet sich bei GAYER, 1895 und 1898; HEYER und HESS, 1906; VANSELOW, 1931, 1949 und 1957; RÖHRIG, 1982), wurde von GAYER 1898 mit den Worten empfohlen: "Möchte das Verständnis für diese naturgemäße Methode der Bestandesbegründung und ihre richtige Anwendung wachsende Verbreitung finden - zum Segen unserer Wälder und ihrer gesicherten Zukunft."

2.213 Die Ideen Karl GAYERS in der praktischen Anwendung

Die Gedanken GAYERS fanden vor allem in Bayern und in der Schweiz zustimmende Aufnahme. In Bayern wurde das Verfahren unter dem maßgeblichen Einfluß des Leiters der Bayerischen Staatsforstverwaltung v. HUBER geradezu zum bayerischen Verfahren schlechthin (VANSELOW, 1949). Bereits im Jahre 1885 wurde die Idee des Femelschlages in den sog. "Wirtschaftsregeln für den Complex Neuessing des Forstamtes Kelheim-Nord" amtlich festgelegt. Im Jahr 1893 fanden sie ihren Niederschlag in den Waldbaurichtlinien für den "Complex Hienheimer Forst des Forstamtes

Kelheim-Süd". Im bayerischen Hochgebirge wird das neue Verfahren ebenfalls berücksichtigt. Schon 1891 wird im Forsteinrichtungswerk des Forstamtes Kreuth die natürliche Verjüngung in Schirm- oder Femelschlagform als die "naturgemäße Betriebsmethode" angesehen (Forsteinrichtungswerk Forstamt Kreuth, 1977).

Die anfängliche Begeisterung schwand jedoch rasch und der hohe Anspruch, unter dem das neue Verfahren angetreten war, weniger gleichaltrige Reinbestände und dafür mehr ungleichaltrige Mischbestände zu begründen, konnte nicht erfüllt werden. Es waren vor allem drei Ursachen, die für das Scheitern der Idee des Femelschlages angeführt werden können:

- Eine Ursache ist darin zu sehen, daß ein zu rascher Verjüngungsfortschritt gefordert wurde. Die überalterten, aufgelichteten Bestände, die um die Jahrhundertwende zur Nutzung anstanden, sollten, forciert durch den Antrag Törring von 1908, rasch abgetrieben werden. Die Bodenreinertragslehre mit ihrer privatwirtschaftlich orientierten Zielsetzung drängte zusätzlich auf eine Verkürzung des Verjüngungszeitraumes.
- Überhöhte Wildbestände und die zusätzliche Belastung der Wälder durch Weidewirtschaft, vor allem im bayerischen Hochgebirge, stellen den zweiten Grund für das Scheitern des Femelschlages dar. Die in Gruppen angekommene Verjüngung wurde oftmals durch Schalenwild und Weidewirtschaft komplett vernichtet (Forsteinrichtungswerk Kreuth, 1977). Dadurch kam es zu einer weiteren Verlichtung und Vergrasung der Bestände.
- Als weitere Ursache kann die Überbetonung der räumlichen Ordnung unter dem Einfluß von JUDEICH (1871) und später von WAGNER (1914 und 1915) angeführt werden. Da beim Femelschlag durch wahllose Anlage von Verjüngungsgruppen Schwierigkeiten bei der Holzbringung entstanden, stellte man ihn geradezu als abschreckendes Beispiel für Unordnung hin (VANSELOW, 1949) und ging zu anderen Verfahren über, die der räumlichen Ordnung mehr Beachtung schenkten.

Diese Ursachen führten dazu, daß man vom klassischen Femelschlagverfahren abging (und z.B. mit künstlicher Verjüngung auf Kahlschlägen arbeitete) oder aber, daß man das Verfahren modifizierte, indem man es mit anderen Verfahren kombinierte. Bereits in den Richtlinien von 1893 für den Hienheimer Forst wird für eine rasche Verjüngung das Saumfemelschlag-Verfahren (s. hierzu SEEHOLZER, 1922) und insbesondere "die aus Saumschlag und Femelschlag kombinierte Form" (Bayerisches kombiniertes Verfahren) empfohlen (VANSELOW, 1949).

Auch im Hochgebirge wurde der Saumfemelschlag für ein geeignetes Verfahren gehalten. So schrieb REBEL 1922:

"Soweit jedoch die Bestände in nicht zu steiler und in nicht zu hoher Lage einigemaßen geschlossen sind, und soweit nicht die Weide stört, wäre es durchaus nicht nötig, die häßlichen Kahlhiebe zu machen und den herrlichen Gebirgsmischwald in reine Fichtenpflanzbestände umzuwandeln, besser gesagt zu verschandeln."

Und an anderer Stelle heißt es:

"Im Hochgebirg ist im allgemeinen weder das Klima so ungünstig, noch die Steilheit so groß, als daß nicht natürlicher und künstlicher Saumfemelschlag getrieben werden könnte. Nur in den höchsten Lagen des Schlagwaldes und nur an den Gehängen von mehr als 18° ist ein feineres Wirtschaften naturgesetzlich, technisch und wirtschaftlich ausgeschlossen."

Obwohl es in Württemberg zur Entwicklung der theoretisch wohl begründeten Verjüngungsform des Blendersaumschlages kam, hielt man in Bayern unter dem Einfluß v. HUBERs und später REBELs am Saumfemelschlagverfahren, das auf dem Gedankengut GAYERs aufbaute, fest. Bayern mußte sich deshalb den Vorwurf "eines einseitigen Persönlichkeitskultes (Gayer)", so PHILIPP und KURZ (1926) gefallen lassen.

Der Streit um das richtige Verjüngungsverfahren konnte nicht darüber hinwegtäuschen, daß es, ganz gleich, welches Verfahren angewandt wurde, immer wieder Mißerfolge gab. In Bayern wurde deshalb der künstliche Femelschlag entwickelt. Beim Versagen der Naturverjüngung wurden Verjüngungsgruppen künstlich durch Saat und Pflanzung begründet. Dieses Vorgehen war nicht neu; bereits GAYER (1898) sah für Stellen, an denen Naturverjüngung ausblieb, "künstliche Hülfe" vor. Weiter kann man bei GAYER (1898) nachlesen:

"Oft bedient man sich derselben (Kunstverjüngung, der Verf.) auch, um den Zusammenschluß und die Verbindung benachbarter Horste zu beschleunigen, wie denn überhaupt diese Bestandesbegründungsmethode (der Femelschlag, der Verf.) in ungezwungenster Weise dazu geeignet ist, auch der Saat und Pflanzung Spielraum zu gewähren."

Doch auch die Zuhilfenahme der künstlichen Verjüngung konnte die Nachteile des praktizierten Saumfemelschlagverfahrens nicht überdecken. Die Verlagerung des Schwergewichtes der Verjüngungstätigkeit auf den Saum hatte eine zu rasche Abnutzung der Altbestände zur Folge; die Verjüngung konnte damit nicht Schritt halten. VANSELOW (1931) erkannte, daß man sich mit diesem Vorgehen in Bayern von der ursprünglichen Idee des Femelschlages entfernt hatte. Er sah in der Aufgabe der Kleinflächenschirmstellungen im Bestandesinneren den größten Nachteil des

Saumfemelschlagverfahrens. 1931 rief er in seinem Buch "Theorie und Praxis der natürlichen Verjüngung im Wirtschaftswald" vergebens zur Umkehr auf. Übersteigerte Hiebsätze in dieser Zeit ließen eine naturgemäße Waldwirtschaft nicht zu. 1949 plädierte VANSELOW wiederum für eine Rückkehr zu GAYERs Idee:

"Ein Fortschritt kann m.E. nur erzielt werden dadurch, daß wir zurückkehren zu den ursprünglichen Ideen GAYERs und die Irrwege verlassen, auf die die Nachfahren GAYERs gekommen sind. Im alten Femelschlag ist heute wie ehemals eine unübertreffliche Möglichkeit enthalten, das neuzeitliche Ziel des Mischbestandes und der Ungleichaltrigkeit zu erreichen."

2.214 Die heutige Verbreitung des Femelschlages und seine Ausgestaltung im oberbayerischen Bergmischwald

Der Femelschlag ist auch heute noch ein sehr gebräuchliches Verjüngungsverfahren. Vielfach haben sich jedoch regionale Abwandlungen des ursprünglichen Femelschlagkonzeptes von Karl GAYER herausgebildet. Es würde hier zu weit führen, diese Abwandlungen im einzelnen zu besprechen. Eine allerdings unvollständige Aufzählung der Gebiete, in denen heute noch Verjüngungsverfahren praktiziert werden, die mehr oder weniger deutliche Anklänge an den GAYER'schen Femelschlag erkennen lassen, soll jedoch auf die weite Verbreitung hinweisen, die GAYERs Ideen gefunden haben.

Außerhalb Bayerns wird dem Femelschlag in der Schweiz besondere Bedeutung zuerkannt. Unter dem Einfluß von ENGLER (1905), der im Femelschlag allerdings nur eine Übergangsform zum Plenterwald sah, hat man in der Schweiz lange an den ursprünglichen Ideen GAYERs festgehalten. Auch in dem fortentwickelten heutigen "Verfeinerten schweizerischen Femelschlagbetrieb" (LEIBUNDGUT, 1946, 1949 und 1953), der dem Erziehungsprinzip nach den von SCHÄDELIN entworfenen Richtlinien des Auslese- und Veredelungsbetriebes, und weiter den Prinzipien der Vorratspflege und der räumlichen Ordnung, besondere Beachtung beimißt, findet sich noch GAYERs Gedankengut.

In Österreich orientiert man sich am Schweizer Femelschlag, denn nach MAYER (1976b) stellt dieser "eine Form der Waldbewirtschaftung dar, die optimal den wirtschaftlichen und überwirtschaftlichen Anforderungen an die Forstwirtschaft gerecht wird und die Nachhaltigkeit der standörtlichen Ertragsfähigkeit und der forstbetrieblichen Leistungsfähigkeit sicherstellt."

In den Wäldern der Tschechoslowakei ist der kleinflächige Femelschlagbetrieb das grundlegende, gesetzlich bestimmte Wirtschaftungsverfahren (KORPEL, 1971).

Im Westschwarzwald werden seit Jahren gute Erfahrungen mit einem Femelschlagverfahren gemacht, das dem Vorwuchs besondere Beachtung schenkt (HOCKENJOS, 1962 und 1968).

In Bayern wird dem Femelschlag nach wie vor ein breiter Raum eingeräumt. So hält man beispielsweise im Inneren Bayerischen Wald am Femelschlag fest (HOCHTANNER, 1962), auch wenn PLOCHMANN (1961 und 1962) der Ansicht ist, daß in dem in diesem Gebiet praktizierten Femelschlagverfahren ein Hauptgrund für den Rückgang der Tanne zu sehen ist (s. hierzu Kap. 8.2).

Im Kelheimer Raum, dem Entstehungsort der klassischen bayerischen Naturverjüngungsverfahren, wird das Femelschlagprinzip ebenfalls nach wie vor befürwortet. Zu dieser Empfehlung kommt FINSTERER (1973) aufgrund eingehender bestandesgeschichtlicher Untersuchungen in diesem Gebiet.

Auch im bayerischen Hochgebirge besinnt man sich neuerdings wieder auf die grundlegenden Ideen GAYERS. So wird in den kürzlich vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten herausgegebenen "Grundsätzen für die Waldbehandlung im bayerischen Hochgebirge" (1982) der langfristige zonenweise Femelschlag als das Verjüngungsverfahren angesehen, das den im Gebirge gestellten Anforderungen "hinsichtlich des Verjüngungszeitraumes und der Bestandesgliederung im Bergmischwald am besten gerecht wird".

In Altbeständen mit weitgehend naturnaher Baumartenmischung soll der langfristige zonenweise Femelschlag den Richtlinien gemäß wie folgt ablaufen:

"Die Verjüngung wird unter Ausnützen natürlicher Lichtstellen durch unregelmäßig angelegte Femelstellungen (Gruppenschirmstellungen) zur Vorausverjüngung der künftig hauptständigen Schattbaumarten Tanne und Buche eingeleitet. Der Verjüngungsablauf und das Maß der Schattbaumeteiligung kann über Zahl, Lage und Reihenfolge der Femelstellungen gesteuert werden. Durch nachfolgende, mehr schirmschlagartige Eingriffe soll ein Schattbaumgrundbestand möglichst auf ganzer Fläche erzielt werden. Durch anschließende Lichtungs- und Rändelungshiebe über bzw. um Verjüngungskerne ist ein buchtiger Saum gegen die Hauptwindrichtung zur bevorzugten Ansammler der Fichte anzubahnen und schließlich die Verjüngung zu Ende zu führen. Im ersten Eingriff sollen - abgestuft nach Höhenlage und Exposition - etwa 30 - 40% der Bestandsmasse, im zweiten 20 - 30% entnommen werden, der Rest ist in zwei bis drei weiteren Hieben zu entnehmen, in Schutzwäldern noch mehr verzögert."

Die Richtlinien lassen Raum für eine der jeweiligen Situation angepaßte Ausgestaltung des Verfahrens. So wird z.B. im Forstamt Kreuth ein Vorgehen praktiziert, das BÖHM (1973) als "femelschlagartiges" Verfahren bezeichnet hat, wobei zum Ausdruck gebracht werden soll, daß es sich um ein etwas modifiziertes Vorgehen handelt.

Im Forsteinrichtungswerk des Forstamtes Kreuth (1977) findet sich eine detaillierte Beschreibung des praktizierten Femelschlages:

Auf Standorten des "Buchenoptimums" (Inversionszone) gilt folgendes:
"Hier führt eine stärkere, schirmschlagartige Auflichtung der Bestände zu einer explosionsartigen flächigen Verjüngung der Buche, die das Ankommen der Nadelbaumarten auf geringe Anteile beschränkt und diese weitgehend in den Nebenbestand abdrängt. Hier muß also die Verjüngung sehr vorsichtig eingeleitet werden: zunächst durch die Anlage recht kleiner, nur 25 - 30 m großer Femellöcher, in erster Linie zur Vorausverjüngung der Tanne. Außerhalb der Femellöcher ist der Bestand geschlossen zu halten. Er muß im Arbeitsfeld noch nennenswerte Teilbereiche aufweisen, wo selbst das Seitenlicht von den Lochstellungen her nicht mehr hinreicht." Nachdem die Tannenvorausverjüngung gesichert ist und sich auch die Buche von selbst eingestellt hat, werden zur Verjüngung der Fichte der Außensaum buchtig ausgeformt und die Femellöcher gerändelt.

Beim Standardverfahren auf Standorten mit ausgeglichenen Wuchsrelationen der drei Hauptbaumarten können die Femelstellen teils als Löcher, teils als größere Gruppenschirmstellungen ausgeformt werden.

Man sieht, auch im bayerischen Hochgebirge ist man dabei, der Aufforderung VANSELOWs (1949) zur Umkehr zu den ursprünglichen Ideen GAYERS zu folgen. Allerdings hat sich diese Umkehr bisher nur in den Richtlinien und nicht in praktischen Erfolgen manifestiert, wie man den in Kap. 2.14 genannten Zahlen ohne weiteres entnehmen kann. Dies ist sicher zu einem Großteil auf den schädigenden Einfluß des Wildes und des Weideviehs auf die Verjüngung (s. a. Kap. 2.15) zurückzuführen. Inwieweit auch eine falsche Anwendung des waldbaulichen Verjüngungsverfahrens, wobei die biologisch-ökologischen Abläufe der Verjüngung nicht beachtet wurden, dazu beigetragen hat, soll in der vorliegenden Arbeit geklärt werden. Dazu ist es notwendig, sich darauf zu besinnen, wie VANSELOW (1949) sich die Umkehr vorstellte:

"Immerhin liegen 70 Jahre waldbaulicher Erfahrung hinter uns (seit der Bekanntgabe der Idee des Femelschlages durch Karl GAYER, der Verf.) und in dieser Zeit wurden nicht wegzudenkende wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen, die unser Wissen vom Wesen des Waldes, von seiner natürlichen Verjüngung und vom Femelschlag und seiner Anwendung vertieft und erweitert haben. Auf diesem doppelten Fundament, der Idee GAYERS und dem gegenwärtigen Wissensstand, muß eine Wiedergeburt des Femelschlages sich vollziehen und eine Fortbildung sich anbahnen."

Ein Teil dieses Fundaments, die Idee GAYERS, wurde in diesem Kapitel vorgestellt. Der andere Teil, der gegenwärtige Wissensstand über die Femelschlagverjüngung und die darauf aufbauende eigene Untersuchung, die zu einer Erweiterung dieses Wissensstandes beitragen soll, wird in den Kapiteln 3 bis 7 dargestellt.

2.22 Löcherhiebe im Rahmen der Femelschlagverjüngung

Der Femelschlag ist, wie man nach der Lektüre des vorstehenden Abschnittes 2.21 zugeben wird, ein viel zu komplexes Verfahren, als daß es in einer einzigen Arbeit experimentell untermauert werden könnte. Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich deshalb auf ein einziges, allerdings als charakteristisch für den Femelschlag angesehenes Verjüngungselement, die Löcherhiebe.

An der Zugehörigkeit der Löcherhiebe zur Femelschlagverjüngung besteht kein Zweifel. Löcherhiebe werden genauso wie Gruppenschirmstellungen zu den Femelhieben gerechnet, also zu der Hiebsart, die nach FABRICIUS (1932) auf der Ernte- und Verjüngungsfläche in mehreren Hieben und grundsätzlich ungleichmäßig eingreift. LEIBUNDGUT (1981) versteht unter Femelhieben "verschiedenartige, im Innern des Bestandes eingelegte und im Verlaufe des Verjüngungsvorganges in ihrer Art wechselnde, kleinflächige Verjüngungshiebe". Dabei kann es sich nach LEIBUNDGUT "vorerst sowohl um die Schaffung kleiner Bestandeslücken ('Löcherhiebe'), als auch um kleinflächige Schirmhiebe handeln."

Aufgrund der Zugehörigkeit zu den Femelhieben beziehen VANSELOW (1949), MAYER (1976b) und RÖHRIG (1982) folgerichtig die Löcherhiebe oder die Lochschläge, wie sie auch genannt werden, in die Beschreibung des Femelschlagverfahrens mit ein. Auch GAYER (1898) hatte betont, daß Bestandeslöcher bei der femelschlagweisen Verjüngung mitbeteiligt sein müssen.

Löcherhiebe werden beim Femelschlagverfahren neben den kleinflächigen Schirmstellungen zur Einleitung der Verjüngung verwendet, wie dies etwa im Forsteinrichtungswerk des Forstamtes Kreuth von 1977 vorgesehen ist (s. Kap. 2.214). Schon 1868 wurden von GERWIG Löcherhiebe zur Einleitung der Verjüngung in Tannenbeständen als erfolgversprechend angesehen. Er schrieb, daß bei der Verjüngung der Weißtanne die ansonsten empfohlene dunkle Schlagstellung nicht angewandt werden darf, "sondern man muß derselben eine entschieden lichte Stellung geben, in der Weise, daß zwischen 6 - 12 Quadratruthen (60 - 170 qm, der Verf.) große Lichtungen entstehen". Dies wird nicht erreicht durch "recht sorgfältig gewählte schachbrettartige Vertheilung der Samen- und Schutzbäume, als bei dem Betriebe einer s.g. Löcherwirtschaft, wobei entsprechend vertheilt Lichtungen von der oben angegebenen Größe in den Bestand gehauen werden". Diese Löcher empfahl GERWIG in Tannenbeständen im Hochgebirge mit den Worten:

"Bei der Frage der Verjüngung der Weißtannenbestände im Hochgebirge giebt der Verfasser der Methode der Löcherwirtschaft entschieden den Vorzug, wie überhaupt überall da, wo sich vornweg eine besondere Willigkeit des Bodens für die Weißtannenbesamung nicht kundgiebt."

Auch HEYER, HESS (1906) sahen in der Löcherwirtschaft, die unter dem Namen "Kesselhauen" bereits um die Mitte des 18. Jahrhunderts bekannt war, eine Möglichkeit, die Verjüngung in Weißtannenbeständen einzuleiten. In Fichtenbeständen wurde dagegen diese Methode aufgrund der Windwurfgefahr nicht für sinnvoll erachtet.

Löcherhiebe werden jedoch nicht nur in Verbindung mit natürlicher Verjüngung, sondern auch mit künstlicher Verjüngung praktiziert. Beim Voranbau von Baumarten im sog. künstlichen Femelschlag haben sich Löcherhiebe bestens bewährt. So propagierte MORTZFELDT bereits 1896 in Ostpreußen ein später unter dem Namen Mortzfeldt'scher Löcherhieb bekannt gewordenes Verfahren, bei dem in erster Linie Eichen, aber auch Spitzahorne, Eschen, Ulmen, Weißtannen und Douglasien in Bestandslücken angebaut wurden, um ihnen einen Wuchsvorsprung vor der etwa 10 Jahre später einsetzenden Hauptverjüngung des restlichen, an Mischbaumarten meist verarmten Bestandes, einzuräumen. Diese Bestandeslücken wurden in der Regel künstlich angelegt in runden Gruppen und Horsten von 5 bis 12 Ar Größe und nach einer intensiven Bodenbearbeitung durch Saat oder Pflanzung in Bestockung gebracht. Zum Schutz vor Wildverbiß wurden die Löcher gezäunt. Als Vorteil seines "horstweisen Vorverjüngungsbetriebes" sah MORTZFELDT an, daß die Verjüngung auf den Löchern durch den umgebenden Bestand gegen Dürre, aushagernde Winde und Spätfröste geschützt ist. Außerdem werde durch den vermehrten Lichteinfall in die durchlöcherten Bestände die Samenproduktion und die natürliche Besamung in unmittelbarer Umgebung der Gruppen angeregt.

Unzweifelhaft hat dieses Verfahren dazu beigetragen, in Ostpreußen der Eiche und anderen gefährdeten Baumarten Flächenanteile zu erhalten oder wiederzuschaffen (s.a. WIEDEMANN, 1927; RÖHRIG, 1982). Neuere Untersuchungen (v. LÖPKE, 1982) greifen dieses bewährte Verfahren wieder auf.

Im Zuge der Femelschlagverjüngung können Löcher im Altbestand nicht nur bei der Einleitung der Verjüngung oder als Voraussetzung für den gruppenweisen Voranbau von Baumarten beim künstlichen Femelschlag entstehen, sondern auch durch Hiebseingriffe, die die unter den Kleinflächen-Schirmstellungen angekommene Verjüngung freistellen. Daneben werden beim Femelschlagverfahren Löcher

ausgeformt, wenn sich unter natürlich zustande gekommenen Schirmstellungen Vorwuchs eingefunden hat. Diese Eingriffe in den Altbestand wird man jedoch besser nicht als Löcherhiebe bezeichnen, sondern als Lichtungshiebe, da es sich hierbei um eine Förderung der bereits vorhandenen Verjüngung handelt. Löcherhiebe dagegen öffnen das Kronendach des Altbestandes, bevor sich eine ausreichende Verjüngung am Boden eingefunden hat. Dieser bedeutsame Unterschied zwischen Lochhieb und Lichtungshieb wird in der vorliegenden Arbeit, die sich - darauf sei ausdrücklich hingewiesen - ausschließlich mit Löcherhieben zur Einleitung der Verjüngung oder zum Voranbau von Baumarten befaßt, im Schlußkapitel 8 wieder aufgegriffen werden.

3. DIE VERSUCHSANLAGE

3.1 Die vier Lochhiebparzellen

Im Sommer 1976 wurde in Bergmischwäldern im Forstamtsbereich Ruhpolding (Wuchsbezirk "Chiemgauer Alpen" nach KREUTZER und FOERST, 1977) ein 21 Versuchspartzellen umfassendes Versuchsflächennetz eingerichtet (s. Kap. 2.15).

Auf vier dieser Parzellen wurden Löcherhiebe als waldbauliche Verjüngungseingriffe ausgeführt, und damit eine von den übrigen Versuchspartzellen abweichende Ausgangslage geschaffen. Diese vier Lochhiebparzellen, im folgenden mit Lochhieb I, II, III und IV bezeichnet, bilden die Grundlage der vorliegenden Arbeit. Abb. 4 zeigt die geographische Lage der vier Parzellen.



Abb. 4: Die geographische Lage der vier Lochhiebparzellen

Die Parzellen I und II liegen nahe beieinander und gehören zu einer Versuchsfläche, die im Gesamtprojekt "Hauptversuchsfläche" genannt wird. Die Versuchseinheiten III und IV sind eigenen Versuchsflächen zugeordnet, die im Gesamtprojekt als "Nebenversuchsflächen" bezeichnet werden.

Die Lochhiebpazellen gehören zu folgenden Waldorten des Forstamtes Ruhpolding:

- I, II: Distrikt III 8 a⁰ Mahdeck
- III : Distrikt VII 2 c⁰ Jochberg Sonnenseite
- IV : Distrikt IV 1 b Sulzenmoos

Die wichtigsten Kenndaten der vier Lochhiebpazellen sind in Tab. 1 enthalten.

Lochhiebpazelle (Nr.)	Höhe über NN m	Hangrichtung	Hangneigung	Pflanzengesellschaft
I (1.4) ⁺	930	SW	25°	Abieti-Fagetum
II (2.4) ⁺	940	NW	30°	Abieti-Fagetum
III (9.4) ⁺	1200	S	22°	Abieti-Fagetum
IV (8.4) ⁺	1250	W	24°	Oxali-Abietetum

Tab. 1: Die wichtigsten Kenndaten der Lochhiebpazellen

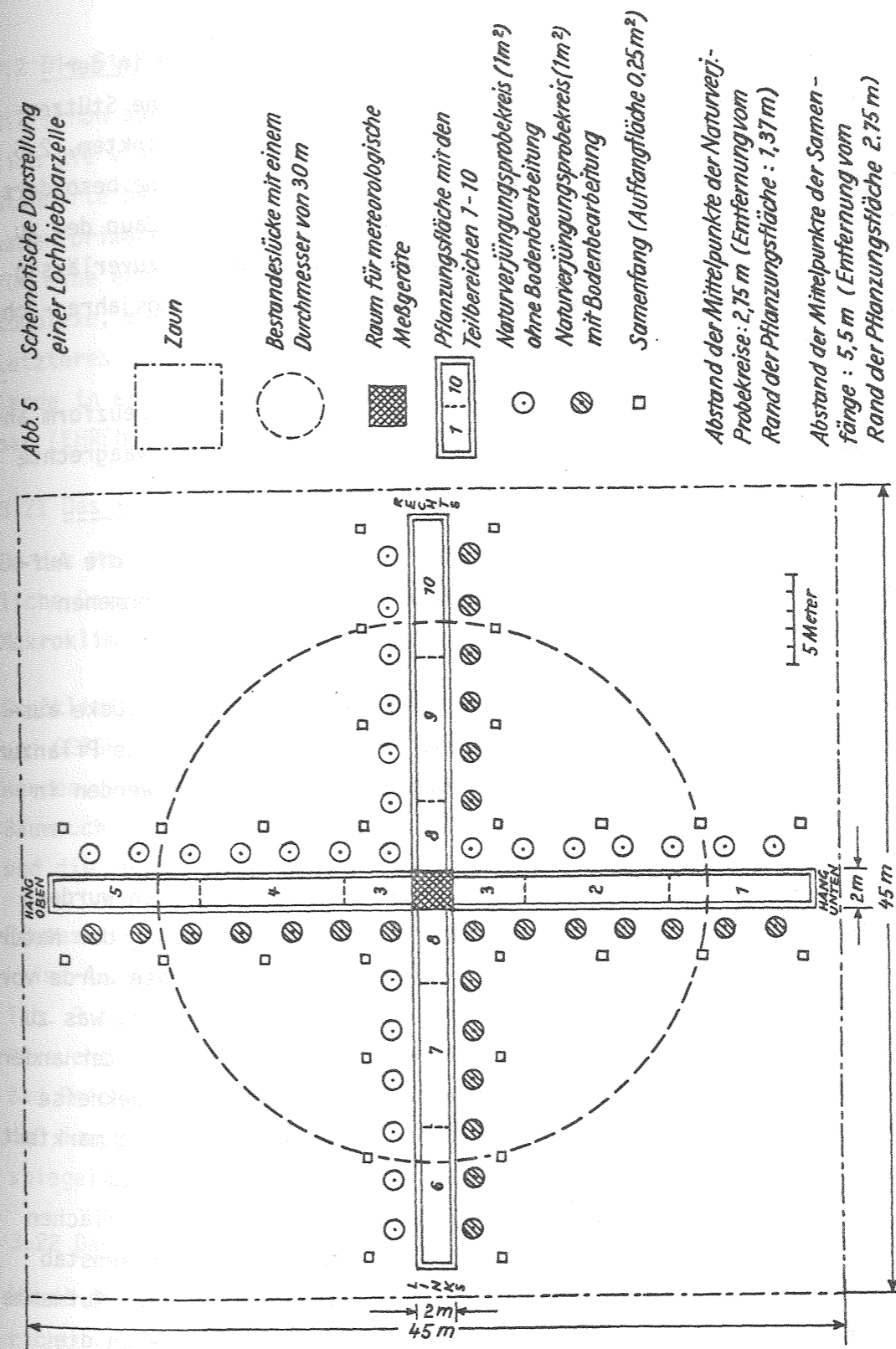
⁺) Interne Bezeichnung der Pazellen im Gesamtforschungsprojekt "Bergmischwald"

Die Lochhiebpazellen I und II liegen in der tiefmontanen, die Pazellen III und IV in der hochmontanen Höhenstufe (vgl. Abb. 1). Kennzeichnend sind auch die unterschiedlichen Hangrichtungen. Die Lochhiebe I, II und III können dem Abieti-Fagetum, der Lochhieb IV dem Oxali-Abietetum zugeordnet werden. Die Hangneigung reicht von 22° bis 30°.

Der waldbauliche Eingriff, nämlich die Entfernung des Altbestandes auf einer kreisrunden Fläche von 30 m Durchmesser, wurde im Sommer 1976 durchgeführt. Dabei ist darauf geachtet worden, daß die Maßnahme in Altbeständen erfolgte, die auf einer quadratischen Hangfläche von etwa 0,8 ha keine größeren Schlußdurchbrechungen aufwiesen. Damit war sichergestellt, daß nach dem Eingriff auf einer Entfernung von mindestens einer Baumlänge um das Loch herum noch geschlossener Altbestand vorhanden war.

Noch im Jahr des Hiebes wurden die in Abb. 5 wiedergegebenen Versuchseinrichtungen installiert.

Abb. 5 Schematische Darstellung einer Lochhiebpazelle



Eine quadratische Hangfläche von ca. 0,2 ha, mit der Bestandeslücke in der Mitte, wurde mit einem Zaun umgeben. Es wurde nicht der praxisübliche Stützenzaun gewählt, sondern ein Pfostenzaun von 2 m Höhe mit doppelt verzinktem, 2,5 mm starken Viereckgeflecht. Durch einen Pfostenabstand von nur 3 m, eine besonders stabile Eckenkonstruktion und eine solide Bauausführung sollte der Zaun dem zu erwartenden starken Schneedruck standhalten, und Wild und Weidevieh zuverlässig von der Fläche aussperren. (Was er dann auch bisher - 5 Untersuchungsjahre - ohne größeren Unterhaltungsaufwand tat.)

Innerhalb der gezäunten Fläche wurden die Versuchseinrichtungen in Kreuzform angeordnet, und zwar so, daß die senkrechte Achse in Falllinie und die waagrechte Achse parallel zu den Höhenschichtlinien zu liegen kam.

In der Mitte der Bestandeslücke wurde eine 2 m x 2 m große Fläche für die Aufstellung von meteorologischen Meßgeräten ausgespart. Die hier vorgenommenen Messungen sind in den Kap. 4.22 und 4.32 dargestellt.

Vier 2 m breite und ca. 21 m lange, auf den Mittelpunkt der Bestandeslücke ausgerichtete Flächenteile wurden für die Pflanzung reserviert. Das genaue Pflanzungsschema, die gepflanzten Baumarten und die Messungen an den Pflanzen werden in Kap. 7.2 mitgeteilt.

Links und rechts, bzw. oberhalb und unterhalb dieser Pflanzungsflächen wurden, wie aus Abb. 5 ersichtlich, 52 ein Quadratmeter große, der Beobachtung der Naturverjüngung dienende Probekreise festgelegt. Die Hälfte der Probekreise wurde vor Versuchsbeginn im Sommer 1976 mit Wiedehopfhauen intensiv durchgehackt, was zu einer Vermischung von organischer Auflage und Mineralboden führte, auf der anderen Hälfte der Probekreise blieb der Boden unbearbeitet. Jeder der 52 Probekreise einer Lochhiebsparzelle wurde durch einen Eisenstab im Zentrum dauerhaft markiert. Ein aus starkem Eisendraht gefertigter Aufnahmekreis mit Radius 56,42 cm ($\approx 1 \text{ m}^2$), der durch ein eingeschweißtes Eisenkreuz in vier gleiche Teilflächen aufgeteilt wurde, konnte über eine Öse im Kreuzschnittpunkt auf den Eisenstab aufgesetzt werden. Damit war eine Abgrenzung des Probekreises bei jeder Aufnahme gewährleistet. Über die Erhebungen auf den Naturverjüngungskreisen geben die Kap. 5.22 und 6.31 Aufschluß.

Weiter wurden dreißig $0,25 \text{ m}^2$ große Samenfänge nach dem in Abb. 5 dargestellten Muster über die Fläche verteilt. Das genaue, mit diesen Samenfängen durchgeführte Aufnahmeprogramm wird in Kap. 6.1 und 6.2 wiedergegeben.

3.2 Die Standorte der vier Lochhiebsparzellen

Wie schon aus den in Tab. 1 angegebenen wichtigsten Kenndaten hervorgeht, befinden sich die vier Lochhiebsparzellen auf verschiedenen Standorten. Man kann nun diese Standorte beschreiben, indem man die Größenordnungen der an diesem Standort wirkenden primären Standortfaktoren, wie Licht, Wärme, Wasser, usw. angibt, oder, was für eine erste Charakterisierung besser geeignet ist, indem man die Faktorenkomplexe, zu denen diese primären Standortfaktoren gebündelt sind, darstellt. Letzteres Vorgehen wird im folgenden gewählt. Die Faktorenkomplexe werden im Gelände in erster Linie als Klima, Relief, Boden und als biotische Faktoren erkennbar (EHRENDORFER, 1978).

3.21 Das Klima

Da das Mikro- und Mesoklima auf den vier Lochhiebsparzellen in Kap. 4 eine ausführliche Darstellung erfährt, soll hier nur das allen Lochhiebsparzellen gemeinsame Makroklima aufgezeigt werden.

Großklimatisch kann das Untersuchungsgebiet nach der Klimaeinteilung von KÖPPEN und GEIGER (1961) dem in ganz Mitteleuropa herrschenden "cf"-Klima zugeordnet werden, was bedeutet, daß genügend Wärme und Niederschlag für hochstämmigen Baumwuchs vorhanden ist, der Niederschlag zudem in allen Monaten des Jahres fällt und die Vegetationszeit eindeutig von der Temperatur bestimmt wird.

Dieses cf-Klima erfährt mit zunehmender Höhe über dem Meer eine spezielle Höhenklima-Ausprägung (BLÜTHGEN, 1964; v. EIMERN, 1971; BAUMGARTNER, 1981). Die in Tab. 2 dargestellten langjährigen Mittelwerte der Klimadaten der in der Nähe der Versuchspartellen gelegenen amtlichen Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes, Bad Reichenhall (465 m ü.N.N.) und Reit im Winkel (708 m ü.N.N.) lassen erkennen, daß im Untersuchungsgebiet die Klimadaten von der Höhenlage über dem Meeresspiegel beeinflußt sind.

3.22 Das Relief

Wurde in Tab. 1 das Relief der Lochhiebsparzellen durch Angabe der mittleren Hangrichtung und der mittleren Hangneigung bereits grob charakterisiert, so erscheint darüber hinaus wissenswert, wie diese Größen auf den einzelnen Flächen variieren. Nachdem für jeden einzelnen der 52 ein Quadratmeter großen Naturverjüngungsprobekreise jeder Lochhiebsparzelle die Hangneigung, die Hangrichtung und die "nicht besiedelbare Fläche"[†] bestimmt worden waren, kann durch Angabe

[†]) unter "nicht besiedelbarer Fläche" wurden den Verjüngungspflanzen oder der Bodenvegetation mittelfristig durch Bäume, Wurzelanläufe, frische Stöcke oder Steine nicht zugängliche Flächenteile verstanden.

Langjährige Mittelwerte der	Einheit	Klimastation	
		Bad Reichenhall 465 m ü.NN	Reit im Winkl 708 m ü.NN
Jahresmittel der Lufttemperatur	°C	7,8	6,4
mittleren Lufttemperatur in der Vegetationszeit (Mai - Sept.)	°C	15,0	13,7
mittleren Jahresniederschlagsmenge	mm	1542	1815
mittleren Niederschlagsmenge in der Vegetationszeit (Mai - Sept.)	mm	836	960
mittleren jährlichen Schneedeckenhöhe	cm	20	54
Tage mit Schneedecke	Tage	75	143
mittleren Dauer der Schneebedeckung (Beginn und Ende der Schneebedeckung)	Tage	138 (18.11.-4.4.)	173 (6.11.-27.4.)

Tab. 2: Die langjährigen Mittelwerte der Klimadaten der Wetterstationen Bad Reichenhall und Reit im Winkl (DEUTSCHER WETTERDIENST, WETTERAMT MÜNCHEN, 1975; CASPAR, 1962).

des jeweiligen geringsten und des größten gefundenen Wertes sowie der zugehörigen Variationskoeffizienten andeutungsweise ein Bild vom Kleinrelief der Lochhieparzellen gezeichnet werden (Tab. 3).

Die Angabe des Variationskoeffizienten ist zulässig, nachdem alle Größen normal verteilt sind (Prüfung auf Nicht-Normalität nach DAVID u. Mitarb., 1964, s. SACHS, 1978). Die Varianzen der einzelnen Größen auf den vier Lochhieparzellen sind weitgehend homogen, so daß Vergleiche zwischen den Lochhieparzellen vorgenommen werden können.

Die Hangneigung schwankt, wie aus den in Tab. 3 angegebenen Werten hervorgeht, ganz beträchtlich. Die größte Variation ist auf der Lochhieparzelle III zu verzeichnen. Die Parzelle II ist deutlich steiler als die übrigen Parzellen.

Eine wesentlich geringere räumliche Variabilität ist hinsichtlich der Hangrichtung gegeben. Auch die Mittelwerte für die "nicht besiedelbare Fläche" weisen keine besonders große Variation auf. Die größten nicht besiedelbaren Flächen weisen aufgrund ihres hohen Steinanteils die Parzellen II und III auf.

LOCHHIEB-PARZELLE	HANGNEIGUNG		HANGRICHTUNG ⁺		NICHT BESIEDELBARE FLÄCHE	
	Mittelwert Min.-Max. in Grad	Variations- koeffizient %	Mittelwert Min.-Max. in Grad	Variations- koeffizient %	Mittelwert Min.-Max. %	Variations- koeffizient %
I	$\frac{25}{7-47}$	31	$\frac{240}{190-300}$	10	$\frac{2}{0-17}$	5
II	$\frac{30}{15-45}$	22	$\frac{301}{260-330}$	7	$\frac{7}{0-45}$	10
III	$\frac{22}{6-37}$	34	$\frac{194}{150-230}$	9	$\frac{9}{0-61}$	13
IV	$\frac{24}{12-33}$	19	$\frac{275}{250-300}$	4	$\frac{5}{0-48}$	11

Tab. 3: Das Kleinrelief auf den Lochhieparzellen

- +) Hangrichtung: N = 0 bzw. 360 Grad
- O = 90 Grad
- S = 180 Grad
- W = 270 Grad

3.23 Die Geologie und die Böden

Das Untersuchungsgebiet gehört zu den nördlichen Kalkalpen. Das geologische Ausgangsmaterial für die Bodenbildung besteht daher überwiegend aus Kalken. Jedoch sind daneben viele andere Gesteine aus Trias, Jura und Kreide, die zu einem engen O - W gerichteten Schuppenbau zusammengepreßt wurden, am komplizierten geologischen Aufbau beteiligt (FISCHER, 1968).

Infolge der Vielfalt der Gesteine (vgl. SCHMIDT-THOMÉ, 1964), der geringen Mächtigkeit der Gesteinsschichten und der starken tektonischen Verstellung der Schichten, kommt es zu einem häufigen morphologisch gut erkennbaren Gesteinswechsel. So bilden Hauptdolomit, Plattenkalk und Wettersteinkalk zumeist die Gipfel und die Felswände, wobei der Hauptdolomit durch die starke Zerrung und die große Schuttansammlung im unteren Teil der Hänge auffällt. Die weicheren Gesteine, wie die Cenomanablagerungen, die Kössener Schichten und die Juragesteine wurden zum größten Teil ausgeräumt. Sie kommen meist nur noch in Tälern oder an niedrigeren, gerundeten Bergen vor. Größere Moränenvorkommen und aeolische Sedimente bezeugen die glaziale Überprägung des Gebietes.

Aus dem vielfältigen geologischen Ausgangsmaterial haben sich während des Holozäns zumeist flach- bis mittelgründige skelettreiche Lehm- und Tonlehmböden entwickelt.

Interessante Einzelheiten über die Pedogenese auf Hauptdolomit teilt MISHRA, 1982 mit.

In Tab. 4 werden die Bodenverhältnisse auf den Lochhiebpärzellen anhand der Beschreibung von zwei auf jeder Parzelle gegrabenen Profilen wiedergegeben, wobei das erste Profil den schlechteren und das zweite Profil den besseren Teil repräsentieren soll.⁺⁾

LOCHHIEB-PARZELLE	PROFIL-Nr.	GEOLOGISCHES AUSGANGSMATERIAL	BODENTYP	BODENART	GRÜNDIGKEIT UND MÄCHTIGKEIT DES OBERBODENS (cm)	FRISCHE
I	1	Hauptdolomithangschutt	Terra fusca	skelettreicher Lehm	mittelgründig (20-40)	mäßig frisch
	2	Hauptdolomit	Rendzina-Terra fusca	skelettreicher Lehm	flachgründig (20)	mäßig trocken bis mäßig frisch
II	1	Hauptdolomithangschutt	Terra fusca	skelettreicher Lehm	mittelgründig (20-40)	mäßig frisch
	2	Hauptdolomit	Rendzina-Terra fusca	skelettreicher Lehm	flachgründig (20)	mäßig trocken bis mäßig frisch
III	1	Plattenkalkhangschutt	Terra fusca	toniger Lehm	mittelgründig (20-40)	mäßig frisch
	2	Plattenkalk	Rendzina-Terra fusca	skelettreicher Lehm	flachgründig (20)	mäßig frisch
IV	1	Cenoman	Pelosol mit vergleytem Unterboden	Tonlehm	flachgründig (30)	hangfrisch bis mäßig grundfeucht
	2	Cenoman	Pelosol Gley	Tonlehm	mittelgründig (30-60)	grundfeucht

Tab. 4: Die Böden auf den vier Lochhiebpärzellen.

(Profil Nr. 1 repräsentiert den besseren Teil, Profil Nr. 2 den schlechteren Teil der Parzelle)

Wie aus Tab. 4 hervorgeht, hebt sich die Lochhiebpärzelle IV durch das besondere geologische Ausgangsmaterial Cenoman, eine Formation der Oberkreide, deutlich von den anderen Parzellen ab. Die leicht verwitterbaren, nährstoffreichen Mergel

⁺⁾ Die Profilbeschreibungen wurden im Herbst 1977 von Dr. FOERST, seinerzeit Mitarbeiter des Lehrstuhls für Bodenkunde, vorgenommen. Für die Überlassung der Profilsprachen sei ihm an dieser Stelle herzlich gedankt.

des Cenoman gelten als besonders verjüngungsschwierig, da sich auf ihnen Bodenvegetation sehr stark entwickelt. Außerdem ist auf diesen Böden eine gewisse Rutschgefahr und ein Narbenversatz durch Viehtritt infolge der Jahrhunderte langen Beweidung nicht auszuschließen.

Eine Abhängigkeit zwischen der Dichte der Naturverjüngung und dem Bodentyp, wie sie MOSER (1965), GAŠPERŠIČ (1974) und FAJMONOVÁ (1980) fanden, konnte im Forschungsprojekt "Bergmischwald" bisher nicht aufgedeckt werden. SCHÖRRY (1980) und MISHRA (1982), die dieser Frage nachgingen, kamen zu dem Ergebnis, daß die Differenzierung der von ihnen untersuchten Böden, die alle aus Hauptdolomit hervorgegangen waren, nicht groß genug war, um eindeutige Beziehungen zwischen Bodentyp und Ansamungserfolg entstehen zu lassen. Darüber hinaus ist anzunehmen, daß in der allerersten Verjüngungsphase andere Faktoren, wie z.B. die Überschirmung oder der Saugspannungsgradient im Boden (s. hierzu KREUTZER, 1981) stärker Einfluß auf die Naturverjüngung nehmen als der Bodentyp.

3.24 Die biotischen Faktoren

3.241 Die Bodenvegetation

Im Hinblick auf die eigenen Untersuchungen über die Bodenvegetation auf den Lochhiebpärzellen (s. Kap. 5) soll an dieser Stelle eine Kurzcharakterisierung des Zustandes der Bodenvegetation, wie er sich in den im Sommer 1977 vorgenommenen Aufnahmen⁺⁾ darstellte, ausreichen. Tab. 5 gibt die Bedeckung durch Bodenvegetation, die Artenzahl in der Krautschicht, die dominierenden Arten und die Pflanzengesellschaft für jede Parzelle wieder. Die Ansprache der Pflanzengesellschaft erfolgte dabei nach den von MAYER (1974) vorgeschlagenen soziologisch-ökologischen Artengruppen, die sich für das Untersuchungsgebiet als brauchbar erwiesen.

Wie Tab. 5 zeigt, war die Ausgangslage auf den Lochhiebpärzellen sehr unterschiedlich. Während die Lochhiebpärzellen II fast keine und die Lochhiebpärzelle I nur wenig Bodenvegetation aufwies, war auf den Parzellen III und IV bereits eine üppige Hochstaudenflur vorhanden. Durch ihre geringe Artenzahl in der Krautschicht unterschied sich die Parzelle II deutlich von den übrigen drei Parzellen.

⁺⁾ Die Aufnahmen wurden von Dr. FELDNER, seinerzeit Lehrinheit für Wildbiologie der Universität München durchgeführt. Für die Überlassung der Aufnahmedaten sei ihm an dieser Stelle herzlich gedankt.

LOCHHIEB-PARZELLE	Bedeckung durch Bodenvegetation %	Artenzahl in der Krautschicht	Dominierende Arten	Pflanzengesellschaft
I	30	42	- Carex alba - Calamagrostis varia - Brachypodium sylvaticum - Adenostyles glabra - Mercurialis perennis	Adenostylo glabrae-Abieti-Fagetum caricetosum albae
II	1	20	- Oxalis arcetosella	Adenostylo glabrae-Abieti-Fagetum
III	90	58	- Adenostyles glabra - Carex ferruginea	Adenostylo glabrae-Abieti-Fagetum asperuletosum Variante mit carex alba
IV	80	45	- Adenostyles alliariae - Luzula silvatica	Oxali-Abietetum adenostyletosum alliariae Variante mit Luzula silvatica

Tab. 5: Die Bodenvegetation auf den Lochhiebparzellen zu Versuchsbeginn (Sommer 1977).

3.242 Die Altbestände

Die Beschreibung der Altbestände auf den Lochhiebparzellen wurde von ZWIRGLMAIER (1977) vorgenommen. Die wichtigsten der von ihm ermittelten Daten zeigt Tab. 6.

Die Zahlen beruhen auf Erhebungen auf der gezäunten Fläche der Parzellen. Damit Vergleiche mit der Ertragstafel oder den Angaben anderer Autoren, wie z.B. PREUHLER (1981) vorgenommen werden können, wurden die auf die geneigte Fläche bezogenen Werte auf die Horizontalfläche umgerechnet. Die Horizontalflächen der jeweils 2025 m² großen Hangfläche der einzelnen Parzellen betragen:

I : 1812 m²; III : 1867 m²;
II : 1639 m²; IV : 1844 m².

Da das gesamte Untersuchungsgebiet zum Einzugsbereich der Saline Traunstein gehörte, ist anzunehmen, daß die Vorbestände der heute im Durchschnitt etwa 120 Jahre alten Bestände in großen flächigen Kahlhieben genutzt wurden, wobei der Tannenunter- und -zwischenstand stehen gelassen wurde. Solche Tannen sind heute noch daran zu erkennen, daß sie im Stammquerschnitt einen Kern von sehr engen Jahrringen aufweisen und sehr viel älter sind als der umgebende Bestand (s.a. PREUHLER, 1979).

LOCHHIEB-PARZELLE	Auf-nahme	Alter Jahre	Oberhöhe (der Fichte) m	Stammzahl N/ha	Grundfläche m ² /ha	Vorrat Vfm/ha	Beschirmungsgrad %	Baumartenanteil									
								Stammzahl %					Grundfläche %				
								Fi	Ta	Bu	BAh	SLh	Fi	Ta	Bu	BAh	SLh
I	v	114	27,6	1049	45,3	497	75	22	15	60	2	1	34	17	45	3	1
	n	74-161	27,1	640	28,0	304	-	19	19	60	2	1	31	23	42	3	1
II	v	107	23,4	1959	55,2	485	83	26	17	57	-	-	44	21	35	-	-
	n	89-132	23,3	1202	36,6	326	-	29	17	54	-	-	48	17	35	-	-
III	v	120	29,9	386	52,1	629	54	97	1	2	-	-	94	3	3	-	-
	n	116-125	29,5	246	33,6	410	-	96	2	2	-	-	90	5	5	-	-
IV	v	125	35,6	428	63,9	894	60	89	4	6	1	-	96	3	1	-	-
	n	113-135	35,0	377	40,8	568	-	90	2	6	2	-	97	1	2	-	-

Tab. 6: Die Altbestände auf den vier Lochhiebparzellen vor und nach dem waldbaulichen Eingriff (nach ZWIRGLMAIER, 1977, überarbeitet).

+++ Der Beschirmungsgrad wurde über Dachlotmessungen hergeleitet, die auf 196 regelmäßig über die Parzelle verteilten Punkte vorgenommen wurden. Er gibt das Verhältnis von Krone zu freiem Himmel an.

++ Alter in Stockhöhe

+ Aufnahme des Altbestandes

v = vor dem waldbaulichen Eingriff

n = nach dem waldbaulichen Eingriff.

Die Altbestände auf den Parzellen I und II gingen aus Naturverjüngungen hervor. Für den Altbestand der Parzelle IV läßt sich nachweisen, daß er aus Saat entstanden ist, über die Entstehung des Altbestandes auf Parzelle III ist nichts bekannt.

Die Baumartenzusammensetzung auf den Parzellen I und II entspricht etwa Befunden, die MAGIN (1959), v. BÜLOW (1962) und MEISTER (1969 a) für unberührte Bergmischwälder angeben. Auf den hochgelegenen Parzellen III und IV stocken Fichtenbestände, in denen die Bergmischwaldelemente Tanne und Buche nur noch sehr gering vertreten sind.

Die Leistung der geschlossenen Altbestände vor dem waldbaulichen Eingriff kann anhand der ertragskundlichen Größen Grundfläche, Höhe und Vorrat beurteilt werden (Tab. 6).

Die Grundflächen reichen von 45 m²/ha bis 64 m²/ha und liegen damit in der Höhe der Grundflächen der von MAGIN (1959) und PREUHLER (1979) untersuchten Bergmischwaldbestände. Die Grundflächen der Parzellen I und II können - da keine

Durchforstungen stattfanden - als "natürliche Grundflächen" angesehen werden, die das Ertragsvermögen des Standorts im gegebenen Alter zum Ausdruck bringen.

Für einen Vergleich der Oberhöhen auf den vier Parzellen konnte nur die Fichte herangezogen werden, da nur sie auf allen Parzellen in größerem Umfang vertreten war. Auf der Parzelle II erreicht die Fichte nur eine Oberhöhe von ca. 23 m. Hierin drückt sich das eingeschränkte Leistungsvermögen der Fichte auf dem überwiegend flachgründigen Oberhang aus. Auf der Parzelle IV dagegen weist die Fichte eine Oberhöhe von ca. 36 m auf und erreicht damit einen Wert wie ihn auch PREUHLER (1981) für die Fichte auf wasserbeeinflussten Mineralböden ermittelte. Zieht man trotz aller Einschränkungen, die bei altersbezogen aufgebauten Ertrags-tafeln angebracht sind, die Fichtenertragstafel v. GUTTENBERG (1915) zum Ver-gleich heran, so kann man die fast reinen Fichtenbestände der Parzelle III (Alter 120, Mittelhöhe 27,4 m) in die Ertragsklasse II.5 und der Parzelle IV (Alter 120, Mittelhöhe 32,8 m) in die Ertragsklasse I.5 einreihen.

Da Bestände nicht nur durch Oberhöhen und Mittelhöhen charakterisiert sind, sondern auch durch die Verteilung der Bäume auf die einzelnen Höhengschichten, wurde in Tab. 7 die Höhenstruktur der geschlossenen Altbestände auf den Loch-hiebparzellen dargestellt. Tab. 7 zeigt, daß eine ausgeprägte, aus Buchen und Tannen bestehende Unterschicht nur auf Parzelle I vorhanden ist. Die Mittel-schicht ist am besten auf den Parzellen I und II ausgebildet und besteht zum überwiegenden Teil aus Buchen. Nur 39% bzw. 27% der Stämme auf diesen beiden Par-zellen gehören der Oberschicht an. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, daß dies in absoluten Stammzahlen ausgedrückt bedeutet, daß 409 bzw. 529 Stämme am Aufbau der aus allen Baumarten zusammengesetzten Oberschicht beteiligt sind.

Auf den Fichten-Parzellen III und IV ist das Schwergewicht eindeutig in die Oberschicht verlagert. Hier kommt die Tendenz der Fichte zur Einschichtigkeit zum Ausdruck.

Die Vorräte auf den Parzellen I und II erreichen mit fast 500 Vfm/ha den Wert, den MAGIN (1959) und v. BÖLOW (1962) für naturnahe Mischbestände im Kalkbereich angeben. Auch PREUHLERs (1979) Bestände wiesen auf vergleichbaren Standorten ähnliche Vor-räte auf. Deutlich höhere Vorratshaltungen haben die auf besseren Standorten stocken den Fichtenaltbestände der Parzellen III und IV. Der Vorrat der Parzelle IV liegt mit 894 Vfm/ha nur knapp unter dem von PREUHLER (1979) gefundenen maximalen Wert von 915 Vfm/ha; allerdings waren in dem von PREUHLER beschriebenen Bestand die Mischbestandselemente Tanne und Buche stärker vertreten.

LOCHHIEB-PARZELLE	SCHICHT ⁺	Anteil der Schicht % (N/ha)	Anteil der einzelnen Baumarten an der Ober-, Mittel- und Unterschicht				Summe Baumarten % (N/ha)
			Fi % (N/ha)	Ta % (N/ha)	Bu % (N/ha)	Ah+Slh % (N/ha)	
I	Ober-schicht	39 (409)	40 (164)	9 (37)	48 (196)	3 (12)	100 (409)
	Mittel-schicht	41 (430)	15 (65)	8 (34)	73 (314)	4 (17)	100 (430)
	Unter-schicht	20 (210)	0	39 (82)	61 (128)	0	100 (210)
	Summe ⁺⁺ Schichten	100 (1049)	22 (229)	15 (153)	60 (638)	3 (29)	100 (1049)
II	Ober-schicht	27 (529)	51 (270)	15 (79)	34 (180)	0	100 (529)
	Mittel-schicht	67 (1312)	17 (223)	12 (157)	71 (932)	0	100 (1312)
	Unter-schicht	6 (118)	25 (30)	75 (88)	0	0	100 (118)
	Summe ⁺⁺ Schichten	100 (1959)	26 (523)	17 (324)	57 (1112)	0	100 (1959)
III	Ober-schicht	80 (309)	96 (297)	2 (6)	2 (6)	0	100 (309)
	Mittel-schicht	14 (54)	100 (54)	0	0	0	100 (54)
	Unter-schicht	6 (23)	100 (23)	0	0	0	100 (23)
	Summe ⁺⁺ Schichten	100 (386)	97 (374)	1 (6)	2 (6)	0	100 (386)
IV	Ober-schicht	83 (355)	95 (337)	5 (18)	0	0	100 (355)
	Mittel-schicht	13 (56)	70 (39)	0	20 (11)	10 (6)	100 (56)
	Unter-schicht	4 (17)	0	0	100 (17)	0	100 (17)
	Summe ⁺⁺ Schichten	100 (428)	89 (376)	4 (18)	6 (28)	1 (6)	100 (428)

Tab. 7: Die Höhenstruktur der geschlossenen Altbestände auf den vier Lochhiebparzellen (nach Angaben von ZWIRGLMAIER, 1977).

+) Die Schichten sind folgendermaßen definiert:

Oberschicht: Bäume, deren Höhe über 80% der gemessenen Maximalhöhe beträgt.

Mittelschicht: Bäume, deren Höhe zwischen 50% und 80% der gemessenen Maximalhöhe beträgt.

Unterschicht: Bäume, deren Höhe weniger als 50% der gemessenen Maximalhöhe beträgt.

++) Durch Auf- und Abrundungen ergeben sich geringfügige Abweichungen zu den in Abb. 6 angegebenen Stammzahlen pro Hektar.

Hinter diesen hohen Vorräten auf den Parzellen III und IV stehen vergleichsweise geringe Stammzahlen. Dagegen verteilen sich die auch nicht gerade niedrigen Vorräte der Parzellen I und II auf eine schier unglaubliche Anzahl an Stämmen. 1049 bzw. 1959 Stämme/Hektar in diesem Alter deuten darauf hin, daß es sich um vollständig undurchforstete Altbestände handelt, die eine natürliche Bestockungsdichte aufweisen. Diese Altbestände können somit als Weiserflächen mit sog. A-Grad-Charakter (undurchforstet oder nur schwach durchforstet) gelten.

Die Stammzahlverteilungen über den Brusthöhendurchmessern der einzelnen Parzellen gehen aus Abb. 6 hervor.

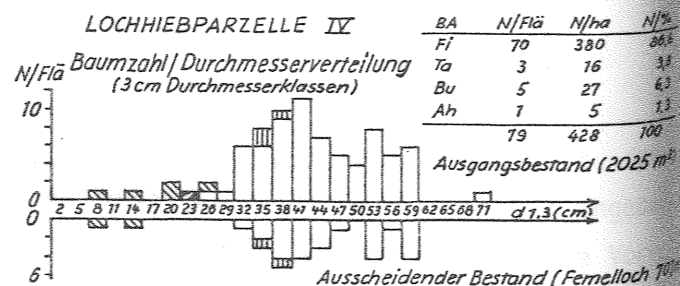
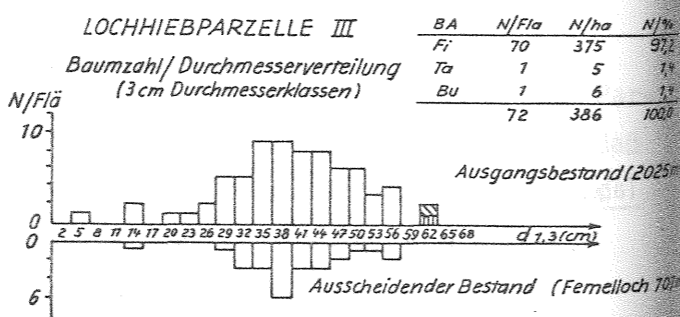
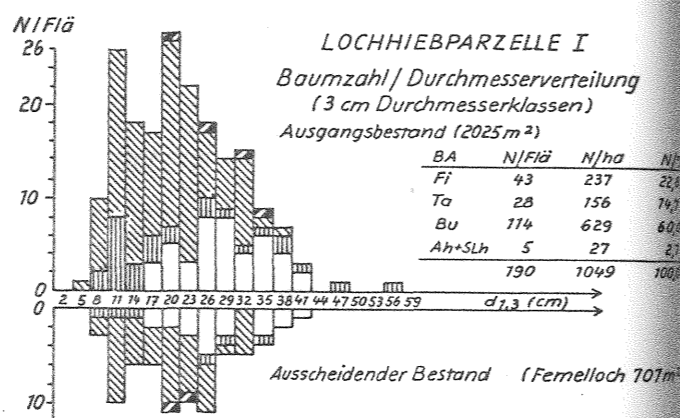
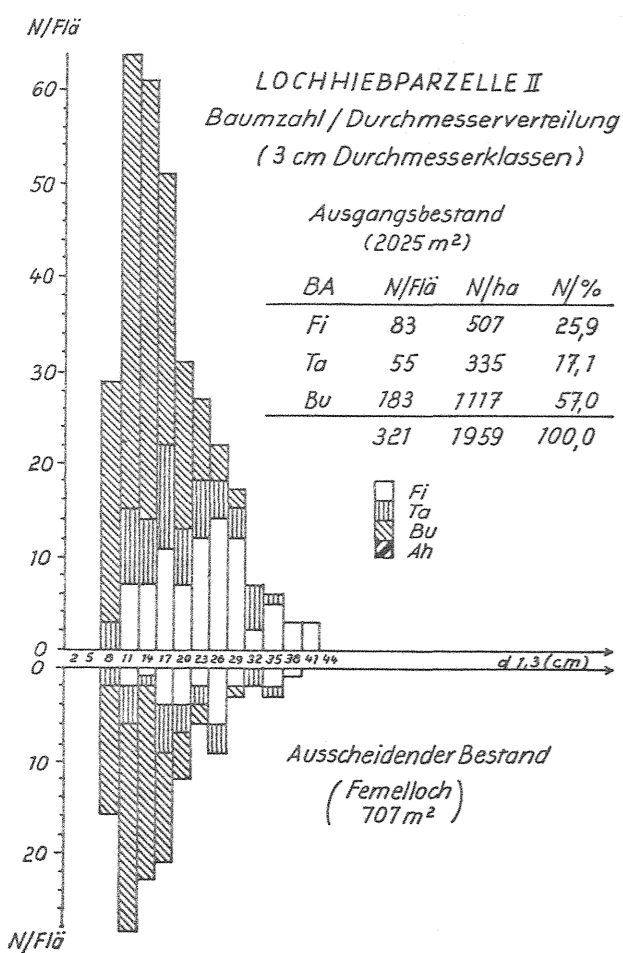


Abb. 6: Die Stammzahl-Durchmesser-Verteilungen auf den vier Lochhiebparzellen.

Während die Lochhiebparzellen III und IV Durchmesserverteilungen aufweisen, die den Grundtyp der Normalverteilung noch erkennen lassen, ist auf den Parzellen I und II eine deutliche Linksschiefe festzustellen, d.h. unter oder neben relativ wenigen starken Stämmen befindet sich eine größere Anzahl von schwächeren Bäumen. PREUHLER (1979), der diese Erscheinung auf einigen seiner Parzellen ebenfalls beobachtete, führte die Linksschiefe auf den Einfluß von Mischungsformen, unterschiedlichen Baumartenanteilen und verschiedenen Standortsfaktoren zurück. Auf den Parzellen I und II kommt die Linksschiefe durch die große Anzahl der in den Unter- und Zwischenstand abgedrängten Buchen zustande.

Auf den Parzellen III und IV ist das Schwergewicht in die stärkeren Durchmesserklassen verlagert. Die Durchmesserverteilungen werden von der Fichte bestimmt. Buche, Ahorn und auch Tanne sind nur vereinzelt im Unterstand vertreten (Parzelle IV), oder aber stammen vermutlich aus der vorherigen Bestandesgeneration, wenn sie, wie auf Parzelle III, noch spärlich in den stärkeren Durchmesserklassen vorhanden sind.

Die Durchmesserspreitungen liegen mit Ausnahme der Parzelle II über 50 cm, so daß die Bestände von daher als "stufig" bezeichnet werden können (s. auch LÖW, 1975; PREUHLER, 1979).

Die gleiche Abstufung der Parzellen wie bei den Stammzahlen lassen auch die Beschirmungsgrade erkennen. Die stammzahlreichste Parzelle II weist mit 83% den höchsten Beschirmungsgrad, die stammzahlärmste Parzelle III mit 54% den niedrigsten Beschirmungsgrad auf.

Der waldbauliche Eingriff, der Aushieb eines Loches mit Durchmesser 30 m, mußte bei einem gleichmäßig aufgebauten Altbestand theoretisch zu einem Grundflächenentnahmesatz von 35% führen (Lochfläche 706 m² : Parzellenfläche 2025 m²). Da dies bei allen Parzellen eintrat - Entnahmesätze: I (38,2%), II (33,7%), III (35,5%), IV (36,2%) -, und sich außerdem die Oberhöhen, die Baumartenanteile und die Baumzahl/Durchmesserverteilungen der verbleibenden Bestände nicht wesentlich von den Ausgangsbeständen unterschieden, kann angenommen werden, daß die Altbestände auf den einzelnen Flächen tatsächlich einen weitgehend gleichmäßigen Aufbau aufwiesen (Tab. 6).

Die Baumverteilungen auf den vier Lochhiebparzellen nach den waldbaulichen Eingriffen zeigen die im Anhang (Kap. 11) beigegefügt Karten. Diese Karten geben die nicht auf die Horizontalfläche reduzierten Verhältnisse wieder. Die Kronenprojektionen wurden auf der Grundlage von vier im Gelände mit Hilfe eines Dachlotes erhobenen Kronenradien gezeichnet.

4. DIE MIKROKLIMATISCHEN VERHÄLTNISSE AUF DEN LOCHHIEBPARTZELLEN

Bestandeslücken weisen von der Bestandes- und Freilandsituation abweichende mikro-klimatische Verhältnisse auf. Auf den Lochhiebpärzellen wurden diese spezifischen Verhältnisse anhand einiger wichtiger mikro-klimatischer Parameter beschrieben. Besondere Bedeutung ist dabei der Erfassung der Beleuchtung (Kap. 4.1), der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit (Kap. 4.2) und des Regen- und Schneenieder-schlags (Kap. 4.3) zugemessen worden.

4.1 Die Beleuchtungsverhältnisse

4.1.1 Die Bedeutung von Strahlung und Beleuchtung für das Pflanzenwachstum

Nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik sind sämtliche spontanen Verände-rungen in abgeschlossenen anorganischen Systemen mit einer Zunahme der Entropie verbunden. Den ständigen natürlichen Verlust an Ordnung können Lebewesen für sich umkehren, indem sie Energie zum Aufbau ihrer Ordnung aufnehmen (v. DENFFER, 1978). Die zur Erhaltung des Lebens notwendige Energie stammt aus der Sonnenstrahlung. Autotrophe Pflanzen sind in der Lage, diese Energie direkt zu nutzen, die hetero-trophen Tiere sind darauf angewiesen, diese Energie indirekt über die Nahrung aufzunehmen. Alles Leben ist somit abhängig vom Energiestrom der Sonnenstrahlung.

Die der Erde zugeführte Strahlungsmenge kann durch die folgende Strahlungsbilanz, wie sie BAUMGARTNER (1960 a) angibt, beschrieben werden:

$$S = I + D + G - r(I + D) - A$$

Darin bedeuten:

- S = die Strahlungsbilanz ($J/cm^2 \cdot min$)
- I = die kurzwellige direkte Sonnenstrahlung
- D = die kurzwellige zerstreute Himmelsstrahlung, die diffus von allen Seiten her ankommt
- G = die langwellige Gegenstrahlung, die aus der Atmosphäre zur Erdoberfläche gelangt
- $r(I+D)$ = die vom Reflexionsvermögen der Erdoberfläche (r) abhängige Reflexstrahlung
- A = die langwellige Ausstrahlung, die von der Erdoberfläche zur Atmosphäre gerichtet ist.

Die einzelnen Glieder der Strahlungsbilanz werden von verschiedenen Faktoren beeinflußt. So ist die direkte Sonnenstrahlung J abhängig von der Sonnenschein-dauer, die durch die geographische Breite, die Jahres- und Tageszeit, die Hang-richtung, die Hangneigung, das Wetter und die Horizontabschirmung bestimmt wird.

Des weiteren ist die Strahlungsdurchlässigkeit der Atmosphäre, die sich mit der Höhe über dem Meer ändert, von Bedeutung für die Sonnenstrahlung I (BAUMGARTNER, 1960 a; TURNER und TRANQUILLINI, 1961).

Die Himmelsstrahlung D ist im Gegensatz zur Sonnenstrahlung I weitgehend gelände-unabhängig. Lediglich durch Horizontabschirmung wird die Himmelsstrahlung ver-mindert (BAUMGARTNER, 1960 a).

Die Reflexstrahlung wird von der Beschaffenheit der reflektierenden Oberfläche bestimmt. So reflektieren Seeflächen und Schneedecken die Strahlung stärker als bewaldete Gebiete.

Die langwelligen Strahlungsströme hängen von der Temperatur der Atmosphäre und des Erdbodens ab (BAUMGARTNER, 1960 a). Während die Gegenstrahlung nahezu voll-ständig geländeunabhängig ist, ist die Ausstrahlung von der Temperaturverteilung im Gelände bestimmt. Allerdings ist der infolge Geländegestaltung veränderliche Anteil der Ausstrahlung nach BAUMGARTNER (1960 a) sehr gering.

Die von der Sonne herkommende Strahlungsmenge kann in Abhängigkeit von den oben aufgezählten Faktoren, die die einzelnen Glieder der Strahlungsbilanz beein-flussen, ganz erheblich schwanken. BAUMGARTNER (1960 a) sieht deshalb in dem unterschiedlichen Strahlungsangebot, das er durch den ergiebigsten und am stärksten geländeabhängigen Strahlungsstrom, die Sonnenstrahlung I, beschreibt, einen Standortfaktor, der die Differenzen der Standorte im Ausaperungs- und Aus-triebszeitpunkt, in der Holzartenverteilung, in der Wuchsleistung der Bestände, in der Pflanzensoziologie u.a. erklärt.

Dabei darf man jedoch nicht übersehen, daß die Menge der eingestrahnten Sonnen-energie nirgends auf der freien Erdoberfläche das Pflanzenwachstum verhindert. Mit Ausnahme von strahlungsempfindlichen Entwicklungsstadien der Pflanzen, in denen starke Strahlung zu Chlorophyllzerstörungen führen kann (TURNER und TRANQUILLINI, 1961), ist die absolute Strahlungsmenge in keinem Fall so hoch oder so niedrig, daß Pflanzen nicht gedeihen könnten.

Dagegen kann ein hoher Prozentsatz der eingestrahnten Energie infolge von Hori-zontabschirmung in erster Linie durch Pflanzenbedeckung (z.B. einen Baumbestand) absorbiert und reflektiert werden, so daß die darunter am Erdboden ankommende Strahlungsmenge so gering ist, daß ein Wachstum autotropher Pflanzen nicht mehr möglich ist (TURNER und TRANQUILLINI, 1961; EHRENDORFER, 1978).

Der Energiestrom der Sonnenstrahlung wird auf pflanzliche Organismen zum einen direkt und zum anderen indirekt übertragen.

Indirekt wirkt der Teil der Sonnenstrahlung, der an der Oberfläche der Erde absorbiert und vorwiegend in Wärme umgesetzt wird, auf die Pflanzen ein. Diese Energie (= Wärme), die als Pflanzen-, Boden- und Lufttemperatur feststellbar wird, greift katalytisch in die Stoffwechselfvorgänge der Pflanzen ein (BAUMGARTNER, 1960 a).

Direkt wird Strahlungsenergie für die Photosynthese der Pflanzen verwendet. Daneben werden Phänomene, wie die Photomorphogenese, der Photoperiodismus und der Phototropismus, direkt vom Energiestrom der Sonnenstrahlung gesteuert (MOHR, 1969; ZIEGLER, 1978).

Im folgenden soll nur die direkte Wirkung der Strahlung auf den Photosynthesevorgang betrachtet werden, der nach TURNER und TRANQUILLINI (1961) der biologisch bedeutsamste ist, da er die gesamte Stoffproduktion der Pflanzen und damit alles organische Leben ermöglicht. Da die Photosynthese durch den Teil der Strahlungsenergie gesteuert wird, der weitgehend dem Wellenlängenbereich zugeordnet werden kann, den wir als sichtbares Licht empfinden, ist es möglich, die Photosynthese in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke zu betrachten (TURNER und TRANQUILLINI, 1961).

Unter Beleuchtungsstärke, die nicht ganz zutreffend auch als "Helligkeit" bezeichnet wird, versteht man den auf eine Flächeneinheit auftreffenden Lichtstrom, der mit der Lichtempfindlichkeit des Auges bewertet und in Lumen gemessen wird (MITSCHERLICH, 1971). Wird die Beleuchtungsstärke in absoluten Werten angegeben, so ist ihre Maßeinheit Lux. Bei Messungen in Waldbeständen wird die Beleuchtungsstärke häufig nicht in Lux, sondern relativ in Prozent einer gleichzeitig auf einer ungeschirmten Fläche vorgenommenen Messung angegeben. Man spricht dann von der relativen Beleuchtungsstärke.

Die Bedeutung der Beleuchtung für die Photosynthese der Pflanzen wurde bereits frühzeitig erkannt. Eine wissenschaftliche Erforschung der quantitativen Zusammenhänge zwischen dem eingestrahlt Licht und der Wachstumsreaktion von Pflanzen setzte jedoch erst Ende des 18. Jahrh. ein (DIRMHIRN, 1964). Seitdem ist ein umfangreiches Wissen erarbeitet worden, das u.a. von LARCHER (1973 und 1980) und ZIEGLER (1978) zusammenfassend dargestellt worden ist.

Eine grundlegende Erkenntnis war, daß die Beziehung zwischen Lichtzufuhr und Nettophotosynthese einer Sättigungskurve folgt (LARCHER, 1973). Im Schwachlichtbereich ist die Stoffproduktion negativ, da die CO_2 -Abgabe durch die Atmung größer ist als die photosynthetische CO_2 -Fixierung. Von einer Kompensationsbeleuchtungsstärke an, bei der die Stoffproduktion gleich null ist, wächst die Photosyntheseaktivität proportional mit der Lichtintensität. Im Bereich hoher Beleuchtungsstärken verflacht die Lichtabhängigkeitskurve der Nettophotosynthese. Von einem Lichtsättigungspunkt an wird dann durch weitere Steigerung der Lichtintensität keine Zunahme der Photosyntheseleistung mehr erzielt (EHRENDORFER, 1978).

Diese einfache Beziehung zwischen Lichtintensität und Photosyntheseleistung wird nun allerdings von den verschiedensten Faktoren in verwickelter Weise beeinflusst. So haben unterschiedliche Pflanzenarten verschiedene Lichtsättigungskurven, und selbst innerhalb einer Art kann es in Abhängigkeit vom Alter der Blattorgane, von der Verteilung der Blattorgane innerhalb der Pflanze (Lichtblätter oder Schattenblätter) und vom Öffnungszustand der Stomata zu überaus unterschiedlichen Reaktionen auf gleiche Lichtintensitäten kommen. Da darüber hinaus die Photosynthese von der spektralen Zusammensetzung des Lichtes, von der Jahreszeit, von der Temperatur und von der Wasser-, Nährstoff- und CO_2 -Versorgung der Pflanze entscheidend beeinflusst wird, ist es so gut wie ausgeschlossen, allein durch Lichtmessungen im Freiland (und seien sie noch so aufwendig) eine kausalanalytische Erklärung des Wachstums oder der Verteilung von Pflanzen herbeiführen zu können.

Allenfalls in einem Bereich, in dem sich von allen Wirkungsfaktoren das Licht eindeutig im Minimum befindet (Gesetz des Minimums), können direkte Zusammenhänge zwischen Lichtintensität, Wachstum und Verteilung der Pflanzen offenkundig werden.

4.12 Ansätze für die eigenen Beleuchtungsmessungen

Nun wird in den meisten, im Freiland durchgeführten ökologischen Arbeiten gar nicht der Frage nachgegangen, wie der einzelne Faktor Licht die Pflanzen beeinflusst, sondern, wie die Lichtverhältnisse und das Wachstum oder die Verteilung der Pflanzen korreliert sind. Dabei müssen die Lichtverhältnisse als Ausdruck für einen ganzen Komplex von Standortfaktoren, wie Licht, Wärme, Wasser gewertet werden. BRECHTEL (1962) trägt dem Rechnung, wenn er die Bezeichnung "relative Beleuchtungsstärke", die die Wirksamkeit des Faktors Licht zu stark betont, durch den Ausdruck "Auflichtungs-Prozent" ersetzt. BRECHTEL konnte Zusammenhänge zwi-

schen relativer Beleuchtungsstärke, Kronenschlußgrad, Grundfläche, Niederschlag, Wärme und Bodenfeuchtigkeit nachweisen. Die bereits von CIESLAR (1904) aufgestellte These, daß die relative Beleuchtungsstärke einen exakten Ausdruck des Beschirmungsgrades darstellt, hatte also durch die Untersuchungen BRECHTELS ihre Bestätigung erfahren. Mittlerweile kamen VĚZINA und PÉCH (1964), MITSCHERLICH et al. (1967) und GROSSE (1983), der im übrigen auch eine enge Beziehung zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Globalstrahlung herleiten konnte, zu den gleichen Ergebnissen.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Beleuchtungsstärke im Sinne BRECHTELS als Indikator für die ökologische Situation herangezogen. Dabei galt es vier Punkte zu beachten:

Erstens sind Lichtmessungen im Wald mit einer Reihe methodischer Probleme behaftet. Aussagefähige Meßergebnisse sind nur zu erwarten, wenn die in der Literatur dargestellten methodischen Hinweise berücksichtigt werden. Eine Übersicht über die umfangreiche Literatur wird an dieser Stelle nicht gegeben. Es wird auf die Arbeit von EBER (1972) verwiesen, die den Zugang zur wichtigsten Literatur über die Methodik der Erfassung des Lichtklimas in Wäldern eröffnet.

Zweitens ist nur dann mit einem auch für die ökologischen Verhältnisse aussagekräftigen Beleuchtungswert zu rechnen, wenn bei Einzelmessungen ausschließlich die diffuse Himmelsstrahlung erfaßt wird. Die diffuse Himmelsstrahlung ist an gleichmäßig bewölkten Tagen, an denen keine stärkeren Schwankungen der Beleuchtung durch wandernde Lichtflecken auftreten, ein guter Ausdruck für die Überschirmung bzw. Auflichtung (NÄGELI, 1940; BRECHTEL, 1962). An Tagen mit bedecktem Himmel kommt die maximale Lichtintensität stets aus dem Zenit, so daß die ungerichtete Himmelsstrahlung fast nur durch die Horizontüberhöhung beeinflußt wird.

Es gibt Hinweise, daß diese diffuse Himmelsstrahlung von besonderer Bedeutung für Pflanzen ist, die an Standorten mit eingeschränktem Horizont wachsen. So fand EBER (1972) klare Zusammenhänge zwischen der Verteilung der diffusen Beleuchtung und dem Vegetationsmosaik am Waldboden. Eine Begründung für diese Erscheinung kann man LARCHER (1973) entnehmen, der darauf aufmerksam macht, daß Baumsämlinge und krautige Pflanzen im Unterwuchs dichter Wälder zu den Schwachlichtpflanzen gehören, deren Lichtsättigungskurven eine niedrige Kompensationsbeleuchtungsstärke und einen sehr frühen Lichtsättigungspunkt (etwa bei 10 kLux) aufweisen. Das bedeutet, daß diese Pflanzen an die an ihrem natürlichen Standort vorherrschenden diffusen Lichtverhältnisse angepaßt sind, und die kurzzeitig

auftretenden höheren Beleuchtungsstärken in Lichtflecken überhaupt nicht ausnutzen können.

Drittens ist nur die Angabe der Beleuchtung in Prozentwerten der Freilandbeleuchtung aussagekräftig. Absolute Werte haben nur für den Moment der Messung Gültigkeit und lassen keinen Vergleich mit anderen Zeitpunkten zu (BRECHTEL, 1962).

Viertens besteht eine Abhängigkeit der relativen Beleuchtungsstärke von der im Freiland herrschenden Beleuchtungsstärke (BURSCHEL und SCHMALTZ, 1965 a; MITSCHERLICH et al., 1967; GROSSE, 1983). Mit zunehmendem Freilandlicht steigt die absolute Beleuchtungsstärke im Bestand unterproportional an, so daß die relative Beleuchtungsstärke abnimmt. Reproduzierbare Meßergebnisse können nur dann erzielt werden, wenn bei definierten Freilandbeleuchtungsstärken gemessen wird. Am geeignetsten sind Messungen an Tagen mit gleichmäßig bedecktem Himmel, an denen die absolute Freilandbeleuchtungsstärke in einem niedrigen Bereich liegt, in dem Freiland- und Bestandeslicht noch weitgehend proportional sind.

Die vorstehend genannten vier Punkte mußten bei den eigenen Lichtmessungen Berücksichtigung finden. Es wurde deshalb die diffuse Himmelsstrahlung in Einzelmessungen bei gleichmäßig bedecktem Himmel und definierten Außenlichtverhältnissen erfaßt und als Relativwert ausgedrückt, wobei die methodischen Hinweise aus der Literatur beachtet worden sind.

Da unter diesen Bedingungen die relative Beleuchtungsstärke durch die Horizontabschirmung stark beeinflußt wird, wurden für einige Punkte auch Horizontogramme gefertigt.

4.13 Methodik der Untersuchungen über die Beleuchtungsverhältnisse

4.131 Die Erstellung von Horizontogrammen

Mit Hilfe eines Horizontoscops wurden in der Mitte der Vegetationsperiode auf den vier Lochhiebparzellen Horizontogramme gefertigt. Das Prinzip des von TONNE (1954) beschriebenen Horizontoscops ist folgendes: auf einer Glaskugel spiegeln sich, wenn sie von oben betrachtet wird, die gesamte Umgebung und auch die Himmelsfläche, die von einem Punkt aus sichtbar ist. Nimmt man nun statt einer Glaskugel eine aus durchsichtigem Kunststoff gefertigte Halbkugel, dann sieht man gleichzeitig mit dem Spiegelbild der Umgebung durch die gekrümmte Spiegelfläche hindurch auch Gegenstände, die sich unter dieser Fläche befinden. Man kann also, wenn man transparentes Papier unter die Spiegelfläche legt, die Umrisse der sichtbaren Himmelsfläche auf diesem Papier von unten eintragen. Das Horizontoscop, das auf diesem Prinzip aufgebaut ist, besteht aus einer gewölbten,

aus durchsichtigem Kunststoff gefertigten Schale von 11 cm Durchmesser, die unten mit einer ebenen Platte abgedeckt ist. In dem Raum zwischen Schale und Abdeckplatte sind eine Libelle und ein Kompaß untergebracht, mit deren Hilfe das Gerät auf einem Stativ waagrecht und nach der Himmelsrichtung ausgerichtet werden kann. In der Mitte der unteren Abdeckung befindet sich ein Druckknopf, an welchem das Stativ, Transparentpapierscheiben und auswechselbare Blätter mit den eingetragenen jahreszeitlichen Sonnenbahnen befestigt werden können.

Auf den vier Lochhiebparzellen wurden für jeweils fünf Punkte die Umrisse der Umgebung auf Transparentpapierscheiben eingetragen. Ausgewählt wurden folgende Punkte: die Mitte der Bestandeslücke, der obere und untere Bestandesrand, dort wo die durch den Lückenmittelpunkt verlaufende Falllinie den Bestandesrand schneidet, und der linke und rechte Bestandesrand, dort wo die durch den Lückenmittelpunkt und parallel zu den Höhenschichtlinien verlaufende Gerade den Bestandesrand schneidet.

Die Transparentpapierscheiben wurden mit einem Blatt, auf dem die Sonnenbahnen für 48° nördliche Breite eingezeichnet waren, zur Deckung gebracht. Damit war es möglich, für jeden Punkt abzuschätzen, wieviele Stunden im Jahr bei der gegebenen Horizontabschirmung unter der Annahme, daß der Himmel ständig wolkenlos wäre, die Sonne scheinen könnte.

Eine in dem Blatt mit den Sonnenbahnen eingetragene Gradskala erlaubte es, für jede beliebige Himmelsrichtung den Winkel zwischen siderischem und Waldhorizont bzw. zwischen Waldhorizont und Zenit abzulesen. Aus den mittleren Horizontüberhöhungen der acht Sektoren der acht Haupthimmelsrichtungen (z.B. Sektor Nord: 33,5° bis 22,5°) wurde eine mittlere Horizontüberhöhung für jeden Punkt errechnet.

Wurde den Transparentpapierscheiben statt des Blattes mit den Sonnenbahnen ein Blatt mit einem Netz von 1.000 Rechtecken unterlegt, wobei jedes Rechteck 0,1% relative Beleuchtungsstärke repräsentierte, so konnte durch Auszählen der Rechtecke, die auf die nicht durch Horizontüberhöhung abgeschirmte freie Himmelsfläche entfielen, der Prozentsatz des zerstreuten Himmelslichtes an diesem Punkt abgeschätzt werden.

4.132 Die Ermittlung der relativen Beleuchtungsstärke

4.132.1 Das Meßverfahren

- Meßtermine

Im Sommer 1978, ein Jahr nach Versuchsbeginn, und im Sommer 1981, im fünften Versuchsjahr, wurden auf den vier Lochhiebparzellen Beleuchtungsstärkemessungen durchgeführt.

- Meßgeräte

Dabei wurden zwei Luxmeter METRUX-K der Firma METRAWATT GmbH, Nürnberg, verwendet. Sie sind mit Selen-Photoelementen ausgestattet, die eine dem menschlichen Auge ähnliche spektrale Empfindlichkeit aufweisen. Eine genaue Beschreibung der Wirkungsweise der Selen-Photoelemente gibt DIRMHIRN (1964). Im Prinzip beruhen Photoelemente auf einem inneren photoelektrischen Effekt. Die auftreffende Lichtenergie wird in einen Photostrom verwandelt, dessen Stärke auf einer Skala direkt in Luxwerten abgelesen werden kann. Da, wie in den Untersuchungen von BRECHTEL

(1962), die Lichtintensität meist über dem Meßbereich der Luxmeter lag, mußten die mit einem Cosinusvorsatz versehenen Photoelemente durch den Meßbereich vergrößerte DämpfungsfILTER geschützt werden. Nur in den Fällen, in denen die Lichtintensität unter 5.000 Lux lag, wurde ohne DämpfungsfILTER gemessen.

Photoelemente haben eine Reihe gerätebedingter Nachteile (DIRMHIRN, 1964; EBER, 1972). So sind Lichtintensität und Photostrom oft nicht genügend linear, was aufwendige Eichungen erfordert. Außerdem zeigen Photoelemente eine starke Temperaturabhängigkeit. Und schließlich weisen Photoelemente Alterungs- und Ermüdungserscheinungen auf.

- Meßtechnik

Die Messungen wurden von zwei Personen vorgenommen, die sich mit Sprechfunkgeräten verständigen konnten. Eine Person befand sich mit einem Luxmeter auf einer Freifläche, die mindestens einen halben Hektar groß war und nicht weit von den Meßpunkten im Bestand entfernt lag, wo die zweite Person mit dem zweiten Luxmetergerät Messungen vornahm. Durch den ständigen Funkkontakt war es möglich, die Luxmeter exakt zur gleichen Zeit abzulesen, so daß die von BRECHTEL (1962) genannten Fehler, die durch Ableseverzögerungen auftreten, vermieden werden konnten.

Gemessen wurde grundsätzlich um die Mittagszeit bei gleichmäßig bedecktem Himmel. Erreichte die diffuse Lichtintensität auf der Freifläche 30.000 Lux, was an bewölkten Tagen sehr selten vorkam, so wurden die Messungen eingestellt.

Die Photoelemente waren an 1 m langen Holzstäben befestigt. Mit Hilfe dieser Holzstäbe konnten die Photoelemente soweit von der messenden Person entfernt gehalten werden, daß eine Abschattung durch den Körper der Meßperson ausgeschaltet war. Auch konnte damit die Meßhöhe recht einfach variiert werden, einmal direkt über dem Boden, das andere Mal in 1,5 m Höhe.

- Meßpunkte

Für die Messungen auf den Lochhiebparzellen I und II konnte ein gemeinsamer Freiflächen-Vergleichsmeßpunkt festgelegt werden. Für die Messungen auf den Lochhiebparzellen III und IV mußten eigene Freiflächen-Vergleichsmeßpunkte gefunden werden.

Auf den vier Lochhiebparzellen wurden zum einen in Kreuzform angeordnete Meßpunkte und zum anderen Meßpunkte in den Diagonalen ausgewählt. Bei den in Kreuzform angeordneten Meßpunkten handelt es sich um die Mittelpunkte der 52 Naturverjüngungsprobekreise jeder Lochhiebparzelle (s. Abb. 5). Als Meßpunkte in den Diagonalen wurden die Mittelpunkte der für Vegetationsaufnahmen vorgesehenen Probekreise (s. Abb. 23) festgelegt. In den Diagonalen standen damit 32 Meßpunkte auf jeder Lochhiebparzelle zur Aufnahme heran, wobei jeder Quadrant der Lochhiebparzelle 8 Meßpunkte enthielt und der Abstand der Punkte voneinander 3 m betrug. Der erste Meßpunkt jedes Quadranten lag 6 m vom Lückenmittelpunkt entfernt.

Gemessen wurde im Jahr 1981 auf allen kreuzförmig und in den Diagonalen angeordneten Meßpunkten zum einen am Boden und zum anderen in 1.50 m Höhe. Im Jahr 1978 wurde die Beleuchtungsstärke lediglich auf den kreuzförmig angeordneten Meßpunkten am Boden erhoben.

4.132.2 Die varianzanalytische Auswertung

Für die varianzanalytische Auswertung wurden nur die 1981 gemessenen Beleuchtungsstärken herangezogen. In einem ersten Auswertungsschritt wurde geprüft, ob eine Abhängigkeit der relativen Beleuchtungsstärke auf den Lochhiebparzellen von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt gegeben war. Zur Klärung dieser Frage erschien die Betrachtung der Versuchsanlage als Spaltanlage (split-plot design) geeignet.

Bei einer Spaltanlage unterscheidet man zwischen Hauptflächen (main-plots) und Teilflächen (sub-plots). Im übertragenen Sinn wurden als Hauptflächen die verschiedenen Entfernungsstufen vom Lückenmittelpunkt, als Teilflächen die verschiedenen Meßhöhen angesehen.

In Tab. 8 wird der Abstand der als Faktor A betrachteten Entfernungsstufen vom Lückenmittelpunkt in Meter angegeben.

Entfernungsstufe (= Faktor A)		1	2	3	4	5	6	7	8
Abstand vom Lückenmittelpunkt in Meter	der kreuzförmig angeordneten Meßpunkte	3,4	5,6	8,2	10,9	13,6	16,3	19,0	-
	der Meßpunkte in den Diagonalen	6	9	12	15	18	21	24	27

Tab. 8: Die in den Varianzanalysen als Faktor A betrachteten Entfernungsstufen der Lichtmeßpunkte auf den Lochhiebparzellen.

Da die Entfernungsstufen der Meßpunkte im Kreuz und in der Diagonalen verschieden waren, mußten getrennte Varianzanalysen für die Kreuz- und Diagonalmeßpunkte gerechnet werden. Die Meßhöhe am Boden und in 1,50 m Höhe ging als Faktor B in die Berechnung ein. Die Zusammenfassung des Faktors A und des Faktors B in einer Analyse hatte den Vorteil, daß auch Aussagen über die Wechselwirkung A x B möglich waren. Es wurden jedoch auch Einzelvarianzanalysen für die Meßhöhe am Boden und in 1,50 m Höhe gerechnet. Die vier Lochhiebparzellen konnten in jedem Fall als vier Wiederholungen (Blöcke) aufgefaßt werden.

In den Varianzanalysen wurden Mittelwerte verwendet, die im Fall der Diagonalmeßpunkte aus vier Einzelwerten der relativen Beleuchtungsstärke errechnet wurden, da es für jede Entfernungsstufe jeweils vier Meßpunkte gab, die den gleichen Abstand zum Lückenmittelpunkt hatten. Im Fall der kreuzförmig angeordneten Meßpunkte konnte für die Entfernungsstufen 2 bis 7 acht Einzelwerte für die Mittelwertbildung herangezogen werden, da jeweils acht Meßpunkte den gleichen Abstand zum Lückenmittelpunkt aufwiesen. Für die Entfernungsstufe 1 standen dagegen nur vier Einzelwerte zur Verfügung.

Das lineare additive Modell einer Spaltanlage mit 2 Faktoren und das Rechen-schema für die Tafel der Varianzanalyse findet sich bei van LAAR (1979).

4.132.3 Die regressionsanalytische Auswertung

War von den Varianzanalysen eine erste Information über die Abhängigkeit der relativen Beleuchtungsstärke von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt zu erwarten,

so sollte in einem zweiten Auswertungsschritt mit Hilfe von Regressionsanalysen die genaue Veränderung der relativen Beleuchtungsstärke auf den Lochhiebparzellen aufgezeigt werden.

Für die Varianzanalysen waren die Meßdaten der relativen Beleuchtungsstärke einzig nach dem Kriterium Entfernung vom Lückenmittelpunkt geordnet worden; in die Regressionsanalysen sollte nun neben der Entfernung vom Mittelpunkt als weiteres Kriterium die Lage des Meßpunktes innerhalb der Parzelle, ob oben oder unten, links oder rechts, usw. miteingehen. Dazu wurden die Meßdaten jeder Parzelle vier Linien zugeordnet, zwei Kreuzlinien und zwei Diagonallinien.

Die Diagonallinie D 1 verlief vom linken unteren Zauneck ins rechte obere Zauneck der Parzelle, die Diagonallinie D 2 vom rechten unteren Zauneck ins linke obere Zauneck der Parzelle. Auf jeder Diagonallinie befanden sich damit, wie man Kap. 4.132.1 entnehmen kann, 16 Meßpunkte, wobei die mittleren beiden Meßpunkte, die dem Lückenmittelpunkt am nächsten lagen, einen Abstand von 12 m voneinander hatten, und die übrigen Meßpunkte in 3 m-Abständen auf dieser Linie angeordnet waren.

Als Kreuzlinie K 1 wurde die durch den Lückenmittelpunkt verlaufende Falllinie und als Kreuzlinie K 2, die durch den Lückenmittelpunkt und parallel zu den Höhen-schichtlinien verlaufende Linie festgelegt. Da sich auf den Kreuzlinien selbst keine Meßpunkte befanden, wurden Mittelwerte herangezogen, die aus den Meßdaten von jeweils zwei links und rechts, bzw. oberhalb und unterhalb der Linien gelegenen Meßpunkten errechnet worden waren. Diese Mittelwerte stimmen gut mit tatsächlich auf der Linie erhobenen Meßwerten überein, wie eine stichprobenweise Überprüfung im Gelände ergeben hat. Die Werte der vier dem Lückenmittelpunkt am nächsten gelegenen Einzelmeßpunkte wurden zweimal für eine Mittelwertbildung benutzt und so ergaben sich für die Linie K 1 und K 2 jeweils 14 Mittelwerte. Der Abstand der mittleren beiden Punkte betrug ca. 5,5 m auf den Kreuzlinien, und die übrigen Punkte waren in Abständen von 2,75 m voneinander angeordnet. Wurden nun über den als Abszissen aufzufassenden Linien die relativen Beleuchtungswerte aufgetragen, und wurden diese Werte verbunden, so ließen sich funktionale Zusammenhänge zwischen Entfernung vom Lückenmittelpunkt und der relativen Beleuchtungsstärke erkennen. Diese funktionalen Zusammenhänge wurden mit Hilfe von Regressionsgleichungen beschrieben, wobei sich Parabeln als geeignet erwiesen. Für die Berechnung der Regressionsgleichungen der Messungen in 1,50 m Höhe konnten alle Meßwerte herangezogen werden; für die Berechnung der Gleichungen der Messungen am Boden waren dagegen aufgrund des uneinheitlichen Kurvenbildes nur Meßwerte von Punkten verwendbar, die sich auf der Lochfläche befanden.

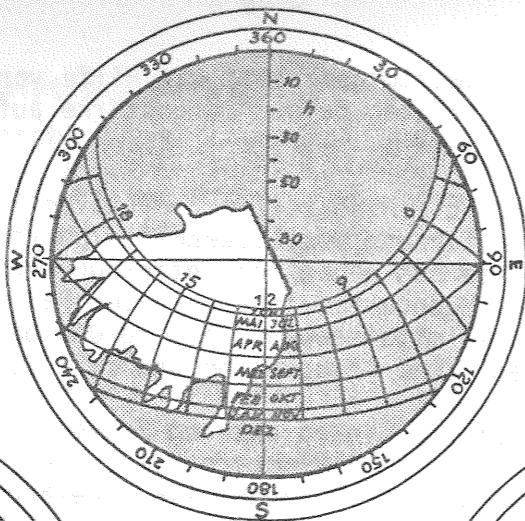
Die Regressionsgleichungen wurden varianzanalytisch getestet. Außerdem wurden die Vertrauensgrenzen der Extremwerte nach einem von LINDER (1954) beschriebenen Verfahren berechnet. Ein Vergleich der Regressionsgleichungen der Messungen von 1978 und 1981 wurde nach einer von LINDER (1964) und SACHS (1978) beschriebenen Methode durchgeführt.

4.14 Ergebnisse der Untersuchungen über die Beleuchtungsverhältnisse

4.141 Die Horizontogramme

Die Abb. 7 a - d zeigen die für jeweils fünf Punkte auf den vier Lochhiebparzellen gefertigten Horizontogramme. Bereits auf dem ersten Blick fällt auf,

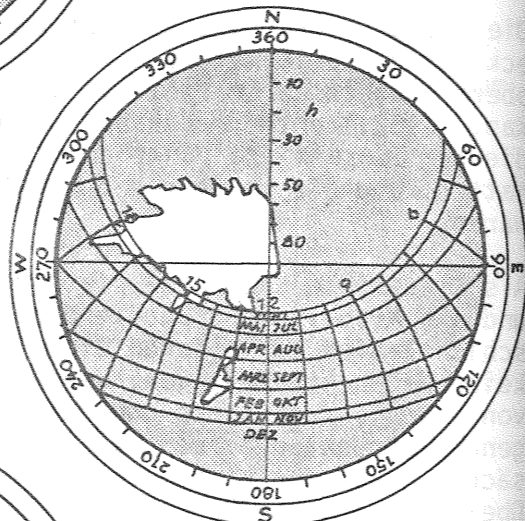
ABB.:
HORIZONTABSCHIRMUNG
AUF DER
LOCHHIEBPARZELLE
I (1.4)



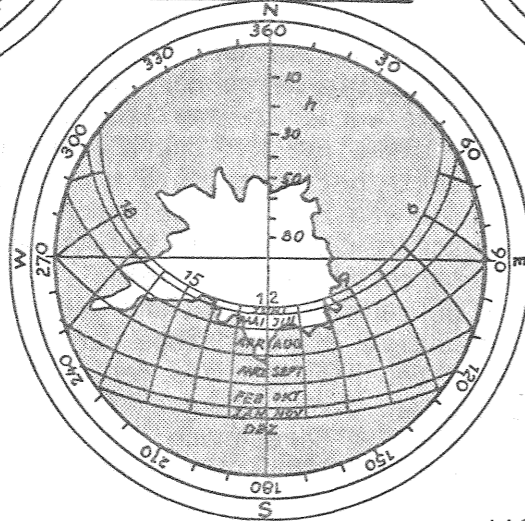
OBEN		
Grad	%	STD.
58	35	1395

MITTE		
Grad	%	STD.
49	51	713

LINKS		
Grad	%	STD.
71	26	922

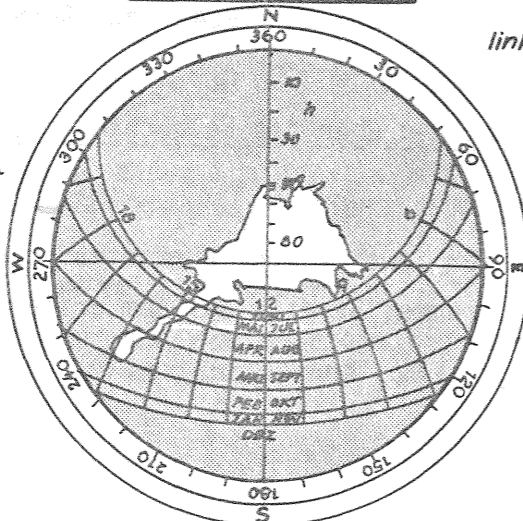
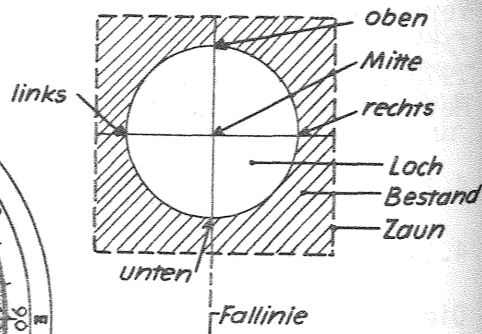


RECHTS		
Grad	%	STD.
70	24	114



UNTEN		
Grad	%	STD.
65	27	84

LAGE DER AUFNAHMEPUNKTE
AUF DER LOCHHIEBPARZELLE



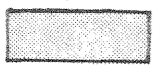
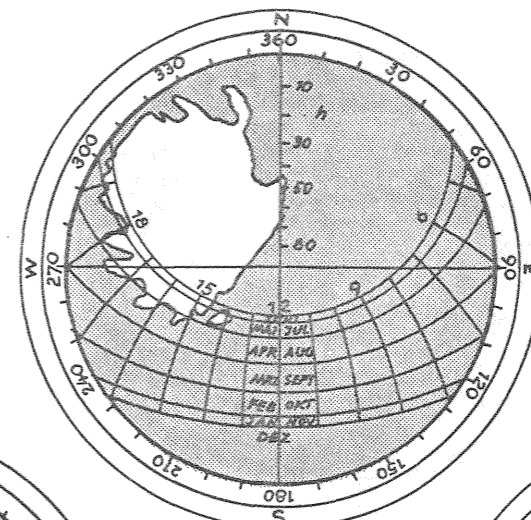
 Waldhorizont
 GRAD mittl. Horizont-
überhöhung in °
 % diffuses Tageslicht
in Prozent des
Freilandlichtes
 STD. örtlich mögliche
Sonnenschein-
dauer (Stunden
im Jahr)

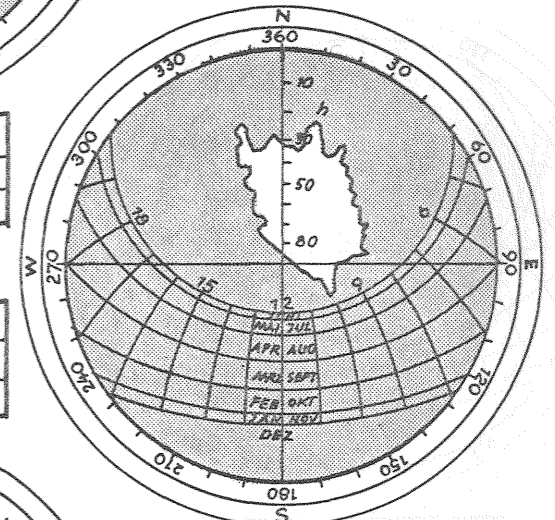
ABB.: 7b
HORIZONTABSCHIRMUNG
AUF DER
LOCHHIEBPARZELLE
II (2.4)



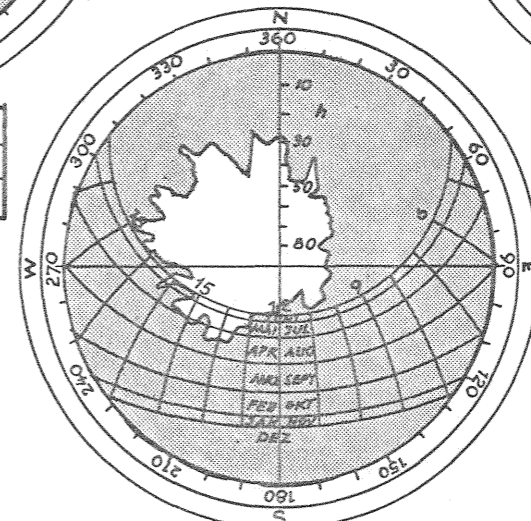
OBEN		
Grad	%	STD.
64	26	490

MITTE		
Grad	%	STD.
49	50	260

LINKS		
Grad	%	STD.
66	28	902



RECHTS		
Grad	%	STD.
72	24	0



UNTEN		
Grad	%	STD.
71	21	146

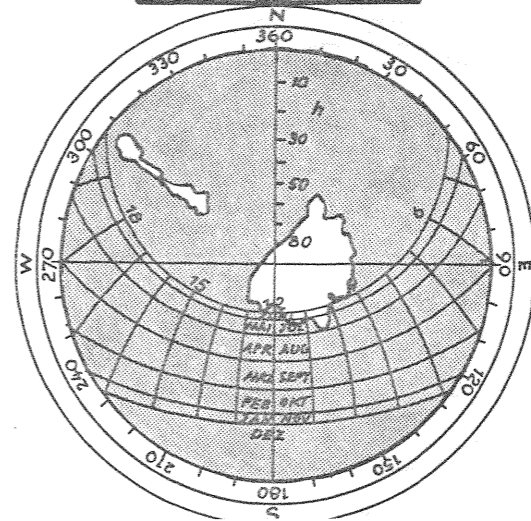
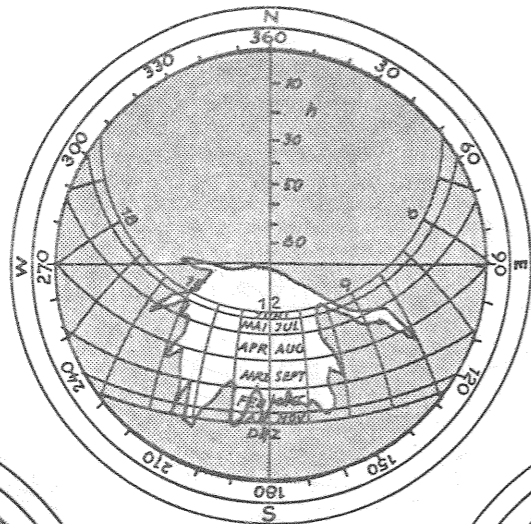


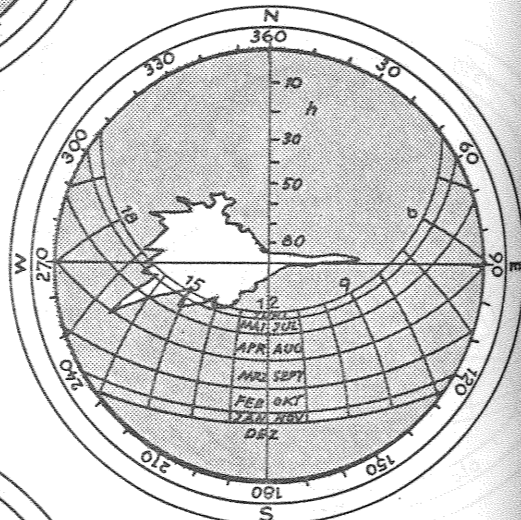
ABB.: 7c
HORIZONTABSCHIRMUNG
AUF DER
LOCHHIEBPARZELLE
III(9.4)



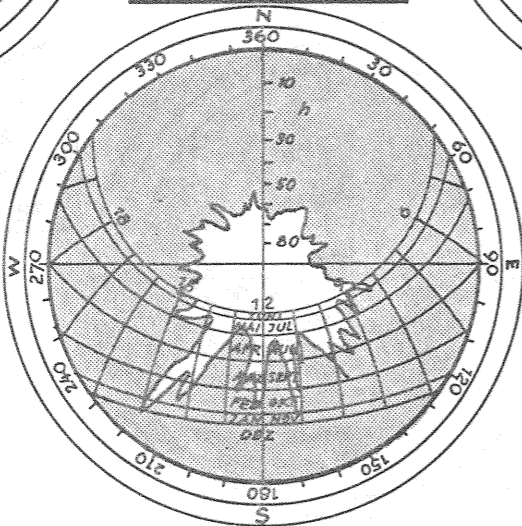
OBEN		
Grad	%	STD.
62	32	1338

MITTE		
Grad	%	STD.
54	45	905

LINKS		
Grad	%	STD.
70	22	528



RECHTS		
Grad	%	STD.
71	19	176



UNTEN		
Grad	%	STD.
73	18	0

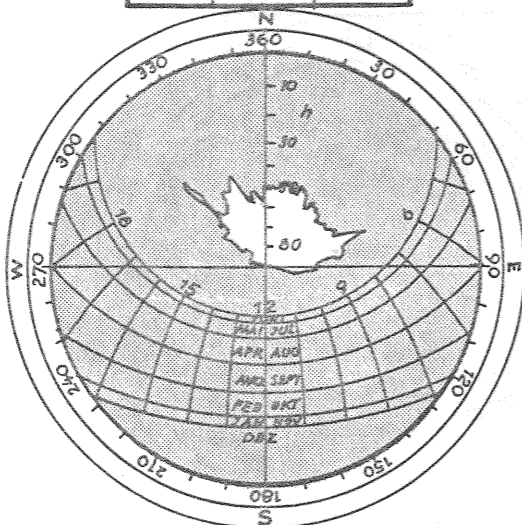
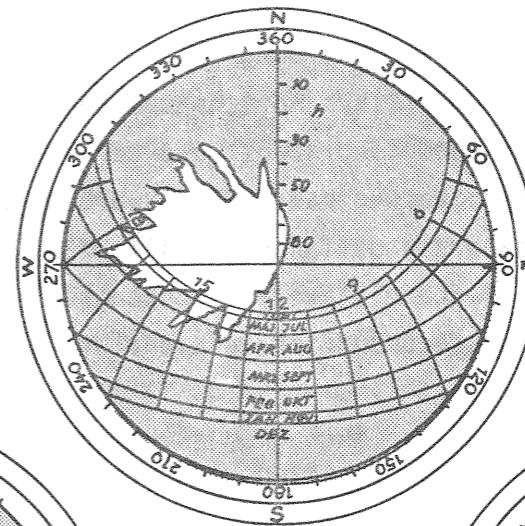


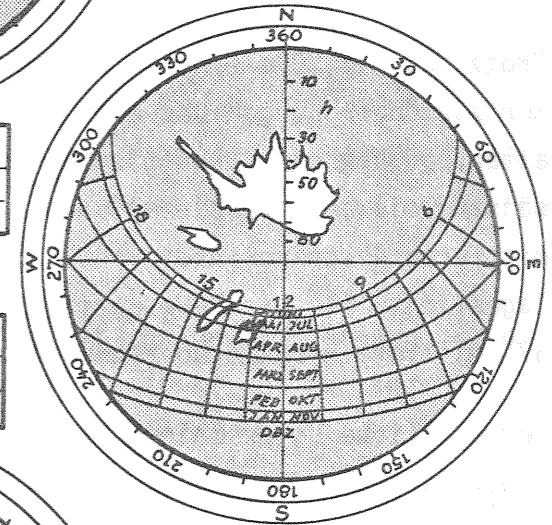
ABB.: 7d
HORIZONTABSCHIRMUNG
AUF DER
LOCHHIEBPARZELLE
IV(8.4)



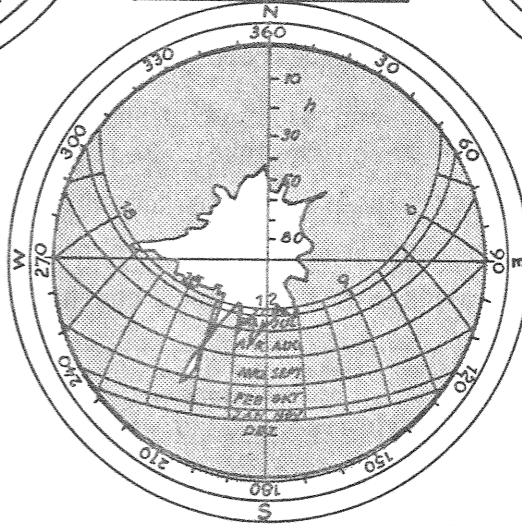
OBEN		
Grad	%	STD.
66	28	314

MITTE		
Grad	%	STD.
57	36	229

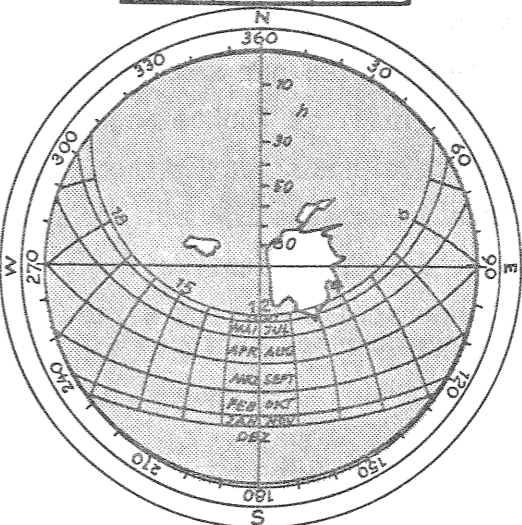
LINKS		
Grad	%	STD.
63	30	581



RECHTS		
Grad	%	STD.
78	14	100



UNTEN		
Grad	%	STD.
78	14	30



daß auf allen Punkten der Horizont ganz erheblich eingeengt ist. Als Maß für die Horizontabschirmung können die mittlere Horizontüberhöhung, also der mittlere Winkel zwischen siderischem und Waldhorizont, und der Prozentsatz des diffusen Tageslichtes verwendet werden. Vorweg muß erwähnt werden, daß der aus den Horizontogrammen entnommene Prozentsatz des diffusen Tageslichtes geringer sein muß als die auf diesen Punkten gemessene relative Beleuchtungsstärke, da das durch den Stammraum dringende Licht, das transmittierte Licht und das reflektierte Licht unberücksichtigt bleiben.

Trotz des mit 30 m einheitlich festgelegten Lochdurchmessers sind die mittleren Horizontüberhöhungen und die Prozentsätze des diffusen Tageslichtes nicht auf allen Lochhiebparzellen gleich. Betrachtet man nur die Mittelpunkte der Parzellen, so sind die Lochhiebparzellen I und II mit ca. 50% diffusem Tageslicht und einem mittleren Abschirmwinkel von 49 Grad heller als die Parzellen III (45% diffuses Tageslicht, 54° mittlere Horizontüberhöhung) und IV (36% diffuses Tageslicht, 57° mittlere Horizontüberhöhung).

Beträchtliche Unterschiede bestehen auch zwischen den Aufnahmepunkten innerhalb einer Parzelle. So haben die am Bestandesrand gelegenen Punkte gegenüber den Mittelpunkten, wie zu erwarten war, deutlich geringere Prozentwerte des diffusen Tageslichtes und höhere mittlere Abschirmwinkel. Bedingt durch die Hanglage sind die Punkte "unten" immer dunkler als die Punkte "oben". Den niedrigsten Prozentsatz des diffusen Tageslichtes haben mit 14% die Punkte "unten" und "rechts" auf der Parzelle IV. Diese Punkte weisen mit 78° auch den höchsten Abschirmwinkel auf.

Aus den Horizontogrammen ist auch zu ersehen, zu welcher Jahres- und Tageszeit ein Punkt von der Sonne beschienen werden kann. Augenfällig ist, daß es auf jeder Lochhiebparzelle Punkte gibt, die, wenn man von wandernden Lichtflecken einmal absieht, nie oder doch sehr selten direktes Sonnenlicht erhalten. So kann man auf den Punkten "rechts" und "unten" auf allen Parzellen mit keinen nennenswerten Beträgen an direkter Sonnenstrahlung während des ganzen Jahres rechnen. Doch auch die meisten anderen Punkte erhalten nur sehr wenig direkte Sonnenstrahlung. Die in den Abb. 7 a - d für die einzelnen Punkte angegebene Sonnenscheindauer in Stunden pro Jahr beträgt durch die Horizontüberhöhung immer nur einen Bruchteil der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer, die man für diese geographische Breite mit etwa 4.400 Std./Jahr ansetzen kann. Weiter gilt es zu bedenken, daß es sich bei diesen Angaben der Sonnenscheindauer um Werte handelt, die, unter der

Annahme, daß der Himmel ständig unbedeckt wäre, örtlich möglich sind. Man wird in dem niederschlagsreichen Ruhpoldiger Raum die örtlich mögliche Sonnenscheindauer noch um ca. 60% kürzen müssen, um die Größenordnung der tatsächlichen Sonnenscheindauer zu erhalten. Danach verbleibt nur für die Punkte "oben" auf den Parzellen I und III eine tatsächliche Sonnenscheindauer von über 500 Std./Jahr, sowie für die Punkte "Mitte" der Parzellen I und III, und für die Punkte "links" der Parzellen I und II eine tatsächliche Sonnenscheindauer von über 300 Std./Jahr. Nur im Umkreis dieser Punkte ist zu erwarten, daß das Pflanzenwachstum durch länger anhaltende starke Besonnung gefördert bzw. auch gefährdet werden kann (s. Kap. 7.32).

Auf den meisten Punkten spielt die direkte Sonneneinstrahlung eine untergeordnete Rolle. Hier sind die Pflanzen für ihr Wachstum fast ausschließlich auf die diffuse Himmelsstrahlung angewiesen.

4.142 Die relative Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt und von der Meßhöhe als Ergebnis der varianzanalytischen Auswertung.

Die Varianzanalysen sollten zeigen, ob Abhängigkeiten der relativen Beleuchtungsstärke von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt und von der Meßhöhe gegeben sind. In Tab. 9 a ist die Tafel der Varianzanalyse für die Daten, die auf den kreuzförmig angeordneten Meßpunkten erhoben wurden, wiedergegeben, in Tab. 9 b die Tafel der Varianzanalyse für die Daten, die von den Diagonalmeßpunkten stammen.

Ursache der Variation	Freiheitsgrade FG	Summe der Abweichungsquadrate Q	Mittleres Quadrat MQ	\hat{F}
Entfernung (Faktor A)	6	1.245,85	207,64	7,68 ⁺⁺
Parzellen (Blocks)	3	698,11	232,70	8,61 ⁺⁺
Fehler (a)	18	486,78	27,04	-
Meßhöhe (Faktor B)	1	9.919,15	9.919,15	307,48 ⁺⁺
Wechselwirkung Entfernung x Meßhöhe (A x B)	6	3.400,70	566,78	17,57 ⁺⁺
Fehler (b)	21	677,56	32,26	-
Gesamt	55	16.428,15	-	-

++) hochsignifikant

Tab. 9 a: Varianzanalyse: Die relative Beleuchtungsstärke auf den kreuzförmig angeordneten Meßpunkten.

Ursache der Variation	Freiheitsgrade FG	Summe der Abweichungsquadrate Q	Mittleres Quadrat MQ	\hat{F}
Entfernung (Faktor A)	7	2.801,16	400,17	8,66 ⁺⁺
Parzellen (Blocks)	3	178,62	59,54	1,29 n.s.
Fehler (a)	21	970,21	46,20	-
Meßhöhe (Faktor B)	1	6.973,08	6.973,08	289,58 ⁺⁺
Wechselwirkung Entfernung x Meßhöhe (A x B)	7	5.011,30	715,90	29,73 ⁺⁺
Fehler (b)	24	578,02	24,08	-
Gesamt	63	16.512,39	-	-

++) hochsignifikant
n.s. nicht signifikant

Tab. 9 b: Varianzanalyse: Die relative Beleuchtungsstärke auf den Meßpunkten in den Diagonalen.

Den Tab. 9 a, b ist zu entnehmen, daß die Variationsursachen Entfernung vom Lückenmittelpunkt, Meßhöhe, wie auch die Wechselwirkung Entfernung x Meßhöhe einen hochsignifikanten Einfluß auf die relative Beleuchtungsstärke haben.

Zu dem nur in Tab. 9 a auftretenden hochsignifikanten Einfluß der Parzellen ist folgendes zu bemerken: Werden für die der Tab. 9 a zugrunde liegenden Daten Einzelvarianzanalysen für die Meßhöhe 1,50 m und die Meßhöhe am Boden gerechnet, so bleibt der hochsignifikante Einfluß der Parzellen nur für die Meßhöhe am Boden bestehen, während für die Meßhöhe 1,50 m kein Einfluß der Flächen mehr aufscheint. Dieser Einfluß der Parzellen bei der Meßhöhe am Boden ist einzig und allein auf die Lochhiebparzelle II zurückzuführen, die sich hochsignifikant von den anderen Parzellen unterscheidet. Der Grund dafür ist in den intensiven Verjüngungspflanzenaufnahmen (Permanentaufnahmen, die in der vorliegenden Arbeit ausgeklammert wurden) auf dieser Parzelle zu sehen, die zu einer Störung der Vegetation, zwar nicht auf den Aufnahmekreisen selbst, so doch neben Kreisen führten. Dadurch konnte Seitenlicht auf die Meßstelle am Boden dringen, und die Meßwerte der relativen Beleuchtungsstärke am Boden lagen höher als auf allen anderen Parzellen. Für diese Deutung spricht, daß sich auf den ungestörten Diagonalmeßpunkten ein Einfluß der Parzellen nicht nachweisen ließ.

In Abb. 8 sind die Mittelwerte der relativen Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von den hochsignifikanten Einflußfaktoren Entfernung zum Lückenmittelpunkt und Meßhöhe dargestellt. Mittelwerte, die sich nach dem "Neuen multiplen Spannweitetest" von DUNCAN bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit unterscheiden lassen, sind mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet.

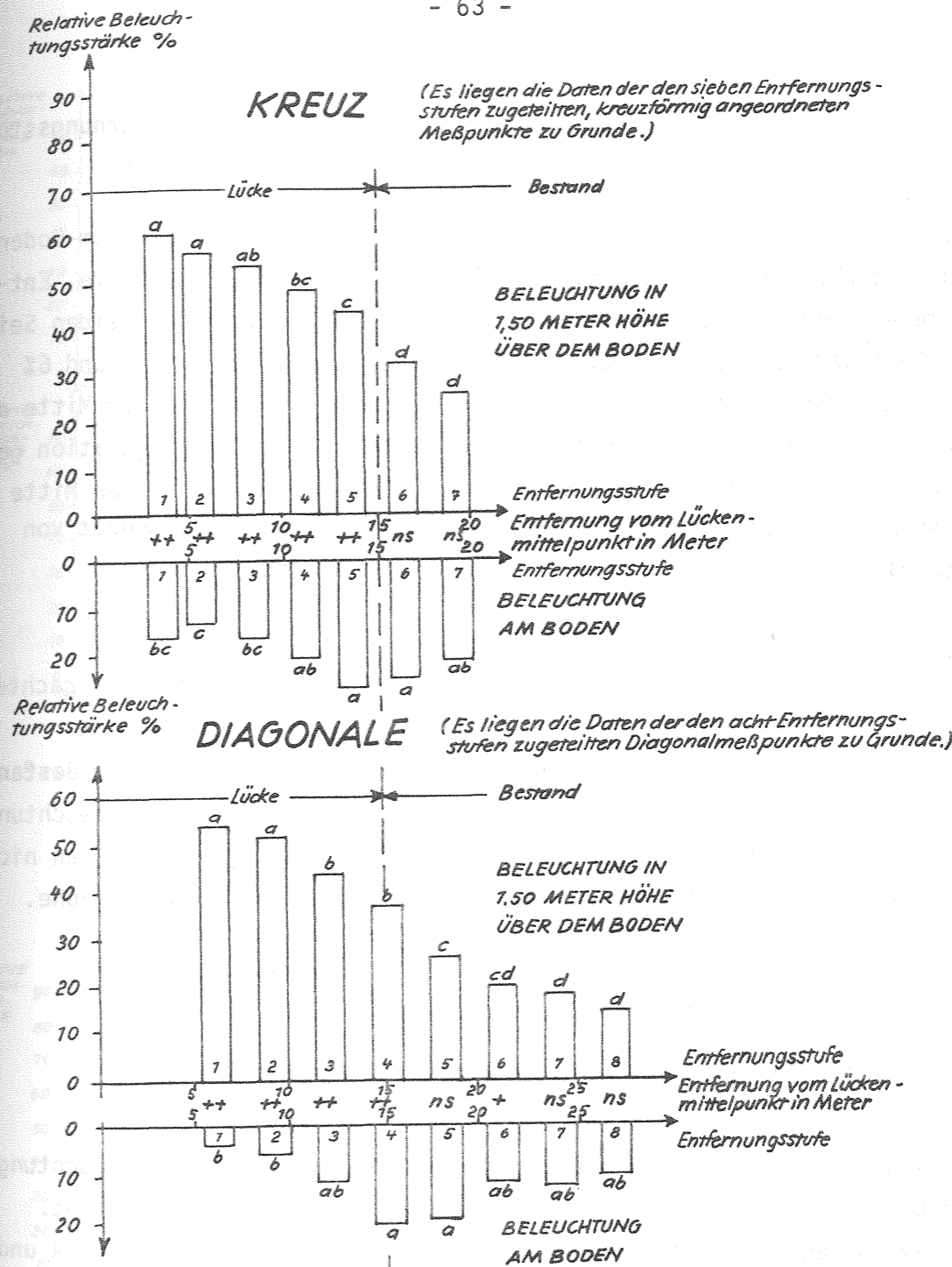


Abb. 8 Die relative Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt und von der Meßhöhe

Mit denselben Buchstaben gekennzeichnete Säulen (= Mittelwerte) unterscheiden sich bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht. Wechselwirkung Entfernung x Meßhöhe:

- + = signifikanter
 - ++ = hochsignifikanter
 - ns = nicht signifikanter
- } Unterschied zwischen Meßhöhe 1,50 m und am Boden

Wie aus Abb. 8 ersichtlich, nimmt die relative Beleuchtungsstärke in 1,50 m Höhe mit zunehmender Entfernung vom Lückenmittelpunkt kontinuierlich ab. Von 61% auf der dem Lückenmittelpunkt am nächsten gelegenen Entfernungsstufe 1 (Kreuz)

sinkt sie bis auf 14% auf der am weitesten im Bestand gelegenen Entfernungsstufe 8 (Diagonale).

Nahezu umgekehrt verhält es sich mit der relativen Beleuchtungsstärke am Boden. Sie erreicht mit 27% (Kreuz, Entfernungsstufe 5) bzw. mit 21% (Diagonale, Entfernungsstufe 4) ihre höchsten Werte am Bestandesrand, um dann nach beiden Seiten abzufallen. Bemerkenswert erscheint, daß die niedrigsten Werte mit 4% und 6% (Diagonale, Entfernungsstufen 1 u. 2) nicht im Bestand, sondern in der Mitte der Lückenfläche unter der bis zum Jahr 1981 üppig entwickelten Bodenvegetation gemessen wurden. Dies bedeutet, daß junge Naturverjüngungspflanzen in der Mitte der Lücke unter der dichten Bodenvegetation mit einem geringeren Angebot von diffuser Strahlung auskommen müssen als Pflanzen im Bestand.

Die Messung der relativen Beleuchtungsstärke am Boden der Lochfläche erbrachte infolge der Abschattung durch die Bodenvegetation signifikant niedrigere Werte als die über der Vegetation angesetzte Messung in 1,50 m Höhe. Im Bestand war die Vegetation sehr viel lockerer und die Messung der relativen Beleuchtungsstärke unterschied sich mit Ausnahme der Entfernungsstufe 6 der Diagonalen nicht signifikant von der Messung der relativen Beleuchtungsstärke in 1,50 m Höhe.

4.143 Die Beschreibung der Veränderung der relativen Beleuchtungsstärke mit Hilfe von Regressionsgleichungen

4.143.1 Die Regressionsgleichungen und die Lage der Extremwerte

Die Regressionsgleichungen

Wie in Kap. 4.132.3 mitgeteilt, wurden die Messungen der relativen Beleuchtungsstärke vier Linien, zwei Kreuz- (K) und zwei Diagonallinien (D) zugeordnet. Da die relative Beleuchtungsstärke jeweils in zwei Meßhöhen (in 1,50 m = A und am Boden = B) auf den vier Lochhiebparzellen erhoben wurden, standen insgesamt 32 Meßreihen (4 Linien x 2 Meßhöhen x 4 Parzellen) zur Beschreibung der Veränderung der relativen Beleuchtungsstärke auf den Parzellen zur Verfügung. In den Abb. 9 a - d werden die Meßergebnisse dieser 32 Meßreihen wiedergegeben. Der zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Entfernung zum Lückenmittelpunkt aufscheinende Zusammenhang wurde mit Hilfe von Regressionsgleichungen, die in Tab. 10 angegeben werden, beschrieben. Die Regressionsgleichungen, die in der Testung einen signifikanten Zusammenhang erkennen ließen, wurden in den Abb. 9 a - d graphisch dargestellt.

Wie der Tab.10 zu entnehmen ist, konnte für alle Meßreihen, denen Messungen

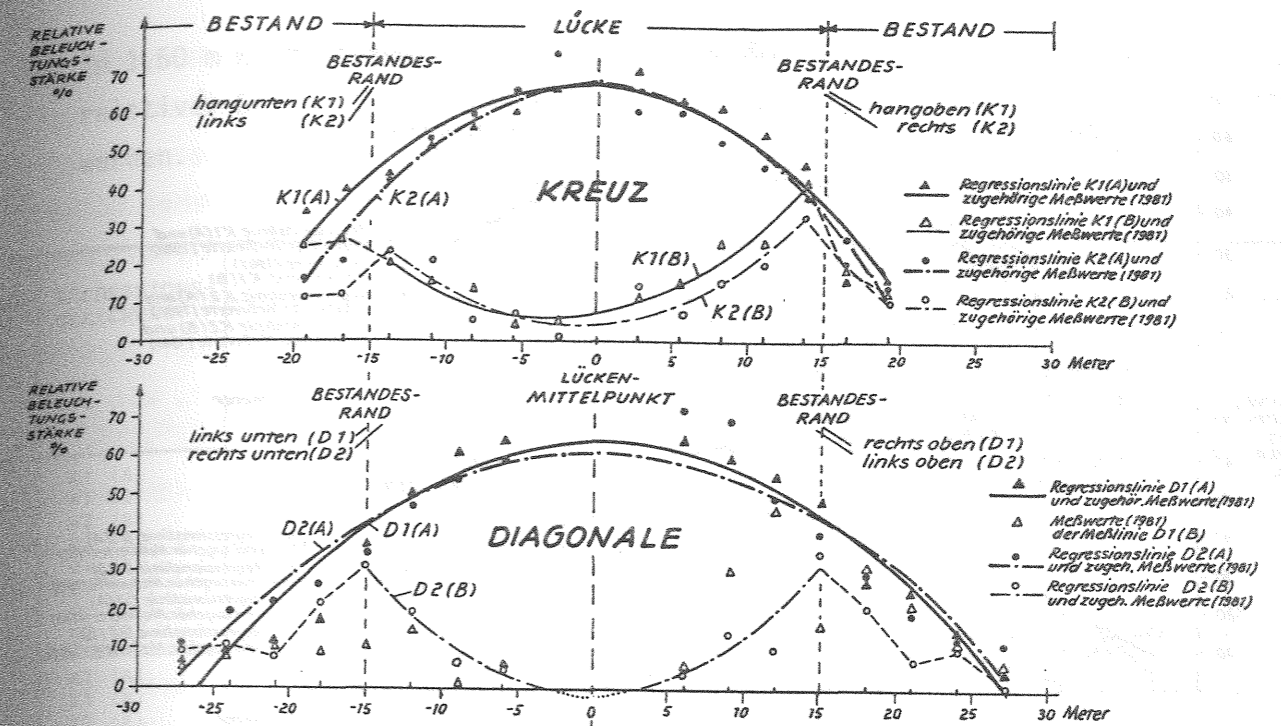


Abb. 9a: Die relative Beleuchtungsstärke auf der Lochhiebparzelle I.

Messungen auf den Kreuzlinien K1 und K2 sowie auf den Diagonallinien D1 und D2. Meßhöhe: 1,50 m (A) und am Boden (B). Die Werte der Regressionsgleichungen werden in Tab. 10 angegeben.

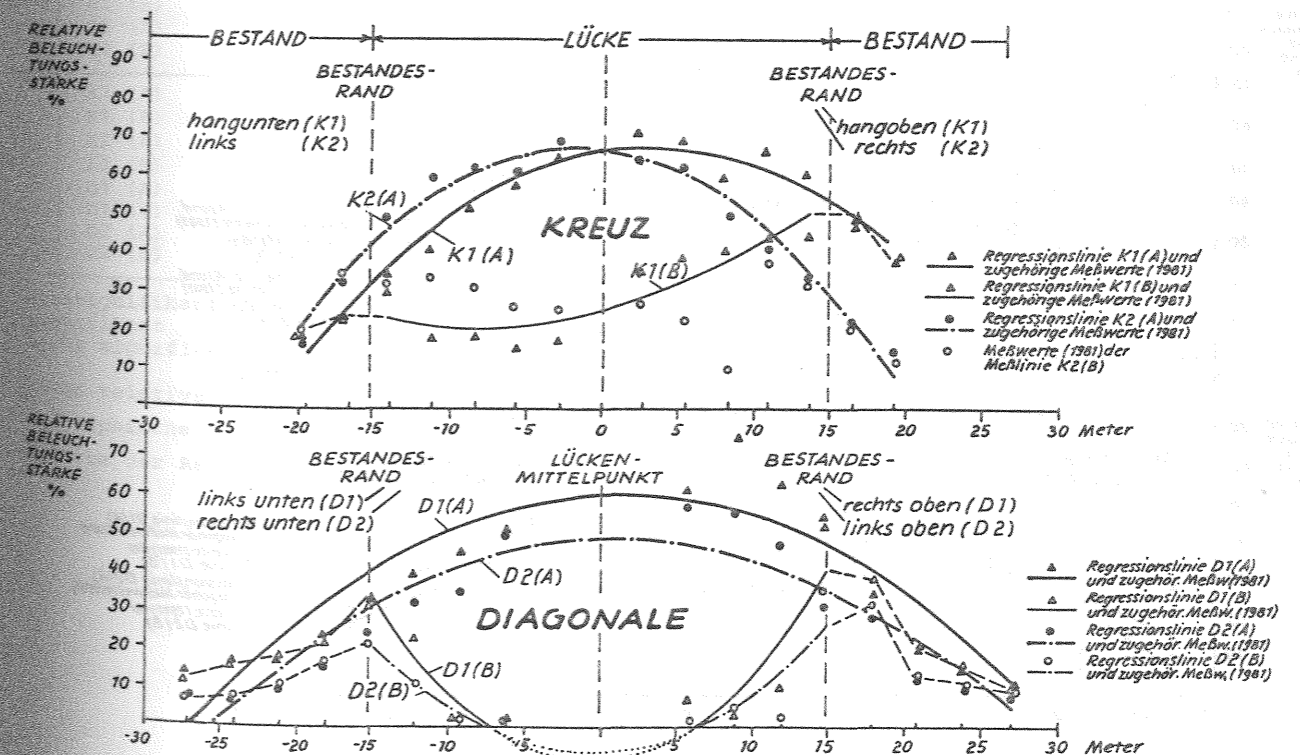


Abb. 9b: Die relative Beleuchtungsstärke auf der Lochhiebparzelle II.

Messungen auf den Kreuzlinien K1 und K2 sowie auf den Diagonallinien D1 und D2. Meßhöhe: 1,50 m (A) und am Boden (B). Die Werte der Regressionsgleichungen werden in Tab. 10 angegeben.

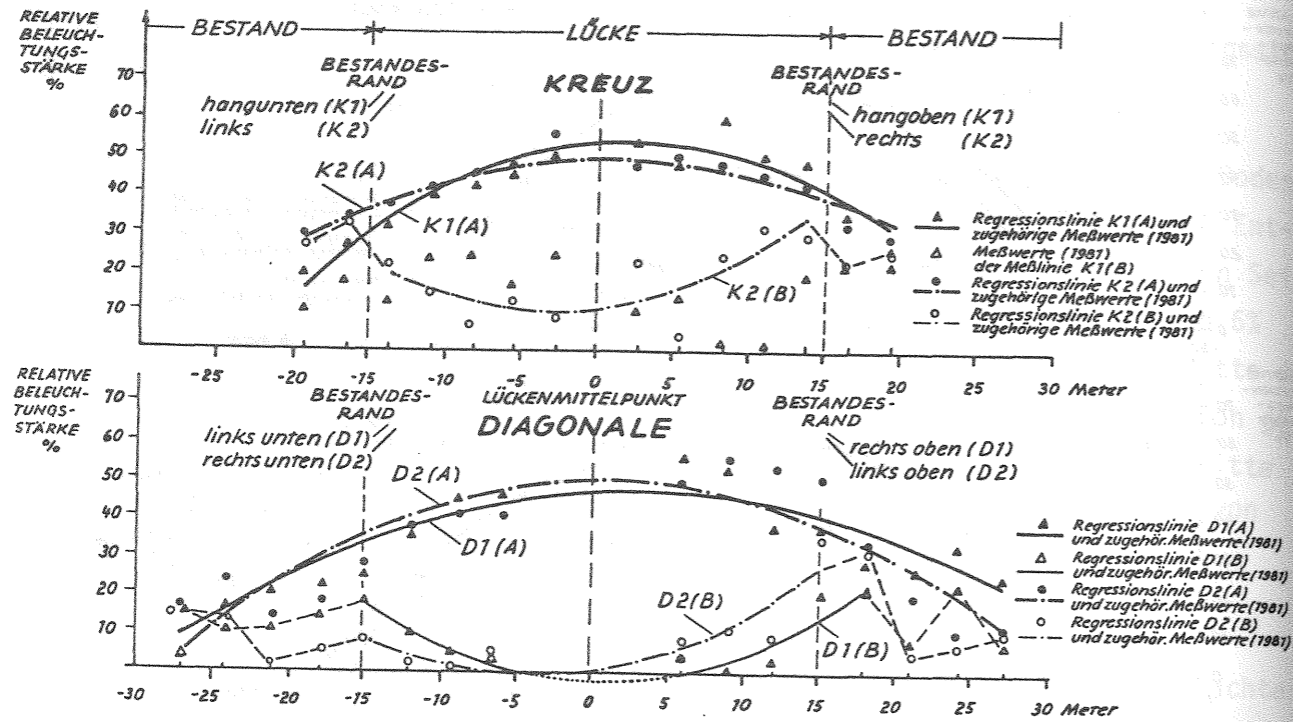


Abb. 9c: Die relative Beleuchtungsstärke auf der Lochhiebpazelle III.

Messungen auf den Kreuzlinien K1 und K2 sowie auf den Diagonal-
linien D1 und D2. Meßhöhe: 1,50 m (A) und am Boden (B). Die
Werte der Regressionsgleichungen werden in Tab. 10 angegeben.

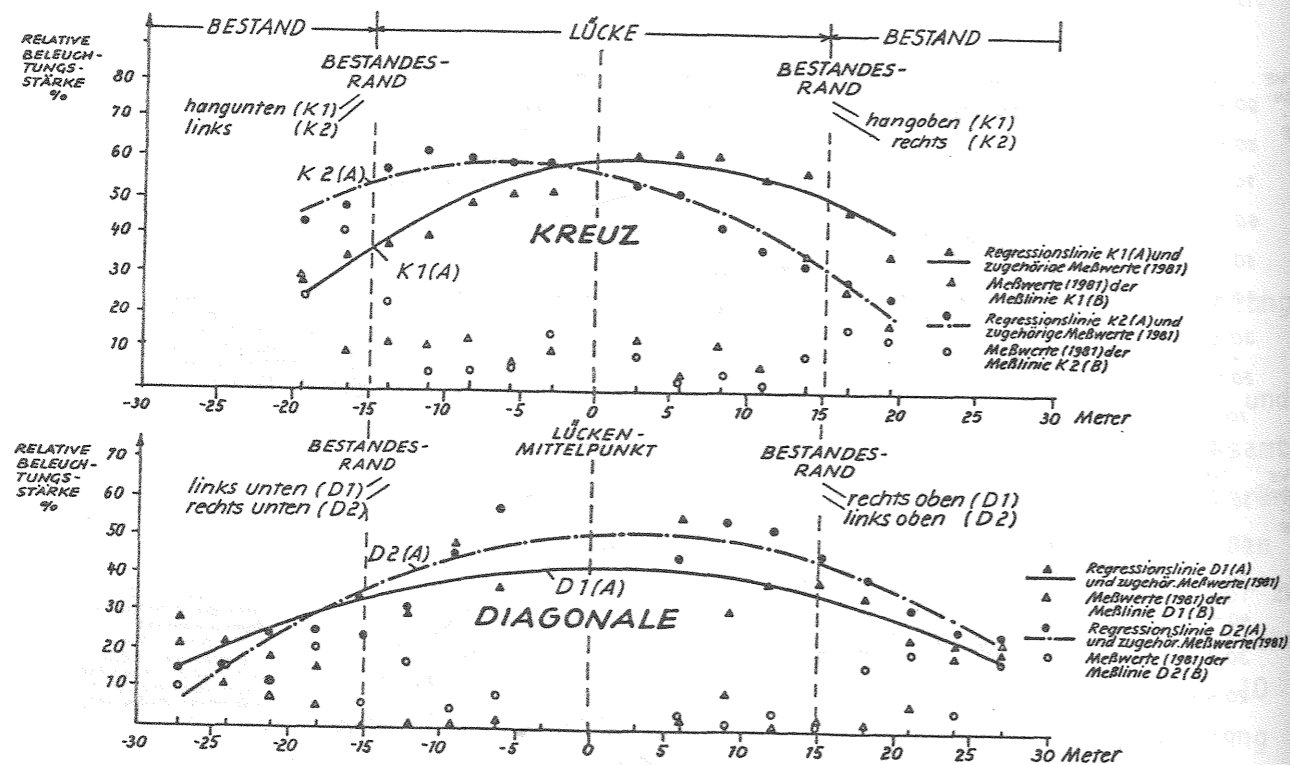


Abb. 9d: Die relative Beleuchtungsstärke auf der Lochhiebpazelle IV.

Messungen auf den Kreuzlinien K1 und K2 sowie auf den Diagonal-
linien D1 und D2. Meßhöhe: 1,50 m (A) und am Boden (B). Die
Werte der Regressionsgleichungen werden in Tab. 10 angegeben.

in 1,50 m Höhe (A) zugrunde lagen, ein signifikanter Zusammenhang zwischen
relativer Beleuchtungsstärke und Entfernung vom Lückenmittelpunkt nachgewiesen
werden.

SCHRIEB- PARZELLE	REGRESSIONS- GLEICHUNG	WERTE DER REGRESSIONSGLEICHUNG					LAGE DES EXTREMWERTES					
		b ₀	b ₁	b ₂	r ²	Sy.x	F̂	MAX. (A) bzw. MIN. (B) REL. BEL. %	MAX. (A) bzw. MIN. (B) bei m	untere Ver- trauens- grenze bei m	obere Ver- trauens- grenze bei m	Irrtums- wahr- schein- lichkeit %
I	K1 (A)	66,28	-0,248	-0,120	0,89	6,05	43,93 ⁺	66,40	-1,03	-2,37	0,17	5
	K1 (B)	7,96	0,698	0,122	0,93	3,28	48,50 ⁺	6,96	-2,86	-4,68	-1,65	5
	K2 (A)	67,02	-0,064	-0,145	0,96	4,34	119,60 ⁺	67,03	-0,22	-0,95	0,50	5
	K2 (B)	4,84	0,284	0,122	0,83	4,49	17,60 ⁺	4,68	-1,38	-3,12	0,35	5
	D1 (A)	63,71	0,148	-0,090	0,92	6,81	74,91 ⁺	63,77	0,83	-0,32	2,03	5
	D1 (B)	11,01	0,728	0,047	0,38	14,04	1,53 n.s.	-	-	-	-	-
	D2 (A)	61,54	0,043	-0,079	0,87	7,91	42,30 ⁺	61,54	0,28	-1,24	1,79	5
	D2 (B)	-1,69	0,028	0,148	0,88	4,84	18,92 ⁺	(-1,69)	-0,01	-1,49	1,47	5
II	K1 (A)	65,94	0,769	-0,102	0,95	3,93	112,80 ⁺	67,39	3,99	2,92	5,34	5
	K1 (B)	25,62	0,999	0,062	0,78	6,35	12,32 ⁺	21,60	-8,02	-26,98	-4,18	20
	K2 (A)	67,35	-0,356	-0,136	0,97	3,45	178,57 ⁺	67,58	-1,29	-1,95	-0,69	5
	K2 (B)	23,47	-0,162	0,058	0,31	7,36	1,54 n.s.	-	-	-	-	-
	D1 (A)	60,15	0,207	-0,075	0,81	9,58	26,95 ⁺	60,30	1,39	-0,56	3,61	5
	D1 (B)	-9,53	0,216	0,210	0,79	9,92	9,24 ⁺	(-9,58)	-0,52	-3,31	1,69	5
	D2 (A)	48,87	0,159	-0,067	0,83	7,89	32,33 ⁺	48,96	1,18	-0,59	3,14	5
	D2 (B)	-6,91	0,137	0,139	0,77	6,89	8,37 ⁺	(-6,94)	-0,49	-3,53	1,88	5
III	K1 (A)	53,49	0,366	-0,079	0,90	4,09	48,11 ⁺	54,16	2,33	1,06	3,90	5
	K1 (B)	15,58	-0,479	-0,007	0,30	8,10	1,47 n.s.	-	-	-	-	-
	K2 (A)	50,57	0,062	-0,057	0,96	1,68	125,05 ⁺	50,59	0,54	-0,16	1,27	5
	K2 (B)	11,08	0,539	0,084	0,62	6,85	5,80 ⁺	11,08	-3,21	-8,18	-1,11	20
	D1 (A)	46,05	0,240	-0,042	0,78	6,25	24,14 ⁺	46,39	2,84	0,59	5,86	5
	D1 (B)	-2,27	-0,099	0,086	0,79	4,07	9,24 ⁺	(-2,30)	0,58	-1,03	2,53	10
	D2 (A)	49,22	0,139	-0,056	0,74	8,60	18,54 ⁺	49,31	1,25	-1,12	3,99	5
	D2 (B)	0,52	0,616	0,079	0,78	5,85	9,08 ⁺	(-0,68)	-3,88	-9,12	-1,86	20
IV	K1 (A)	58,11	0,451	-0,067	0,89	4,02	43,09 ⁺	58,89	3,34	1,84	5,47	5
	K1 (B)	6,62	0,327	0,071	0,46	7,20	2,95 n.s.	-	-	-	-	-
	K2 (A)	56,53	-0,709	-0,062	0,94	3,46	79,77 ⁺	58,55	-5,69	-8,25	-4,02	5
	K2 (B)	5,73	-0,288	0,028	0,30	5,88	1,47 n.s.	-	-	-	-	-
	D1 (A)	41,30	0,075	-0,032	0,51	7,97	6,78 ⁺	41,34	1,18	-3,00	6,60	5
	D1 (B)	3,97	0,121	-0,011	0,32	2,85	1,15 n.s.	-	-	-	-	-
	D2 (A)	49,85	0,300	-0,048	0,83	6,23	30,91 ⁺	50,32	3,15	1,14	5,80	5
	D2 (B)	5,73	-0,308	0,003	0,53	4,05	2,81 n.s.	-	-	-	-	-

hochsignifikant
signifikant
nicht signifikant

Tab. 10: Die relative Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt
(graphische Darstellung s. Abb. 9 a - d).

Werte der Regressionsgleichung: $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ (Parabel)

wobei y = rel. Beleuchtungsstärke in %
x = Entfernung zum Lückenmittelpunkt in m
b₀ = Achsenabschnitt
b₁
b₂) = Regressionskoeffizienten

Angegeben sind weiterhin:

r² = Bestimmtheitsmaß
Sy.x = Standardfehler der Regression
F̂ = errechneter F-Wert zum Vergleich mit tab. F-Wert mit 2/n-3
Freiheitsgraden bei gegebener Irrtumswahrscheinlichkeit α.

Die Bestimmtheitsmaße für diese Meßreihen lagen im allgemeinen sehr hoch. Lediglich auf der Diagonallinie D 1 (A) wurde mit 0,51 ein niedriges Bestimmtheitsmaß errechnet. Der wellenförmige Verlauf der relativen Beleuchtungsstärke auf dieser Linie (Ansteigen der Beleuchtungsstärke im Bestand) kann von der Parabel nicht nachvollzogen werden. Die übrigen Meßreihen zeigen jedoch ein durch eine Parabel gut zu charakterisierendes Bild. Die relative Beleuchtungsstärke steigt von niedrigen Werten im Bestand auf maximale Werte zwischen 41% und 68% auf der Lochfläche, wobei das Maximum stets in etwa in der Mitte des Loches zu finden ist, wie ein Vergleich zwischen Achsenabschnitt b_0 und maximaler Beleuchtungsstärke zeigt. Ein Vergleich zwischen den Parzellen läßt einen Unterschied erkennen, der in den Varianzanalysen nicht aufschien: Die Regressionslinien (A) der Lochhiebparzellen III und IV verlaufen flacher als die Linien der Parzellen I und II. Der Grund ist zum einen in den niedrigeren maximalen Beleuchtungsstärken und zum anderen in den relativ hohen Beleuchtungsstärken im lockereren Bestand auf den Parzellen III und IV zu sehen.

Auch innerhalb der Flächen ergeben sich unterschiedliche Kurvenbilder. Da der Bestandesrand nicht homogen ausgebildet ist und die Horizontüberhöhung im allgemeinen hangoben niedriger ist als hangunten, entstehen für jede Kreuz- und Diagonallinie spezifische Kurvenverläufe. Selbst Kurven, die sehr ähnlich aussehen, wie die Kurven K 1 (A) und K 2 (A) oder D 1 (A) der Lochhiebparzelle I sind bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% signifikant verschieden. Dies bedeutet, daß für eine detaillierte Beschreibung des Lichtklimas auf einer Lücke eine dreidimensionale Betrachtung notwendig wird.

Für die auf den Messungen am Boden (B) basierenden Meßreihen konnte auf den Lochhiebparzellen I, II, III in jeweils einem Fall und auf der Parzelle IV in keinem Fall ein durch eine Parabel zu beschreibender signifikanter Zusammenhang zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Entfernung vom Lückenmittelpunkt aufgedeckt werden. Auf der Parzelle IV liegen die relativen Beleuchtungsstärken auf der Lochfläche einheitlich tief. Ein Ansteigen der Beleuchtung auf dieser Parzelle ist - bedingt durch die in den Bestand hineinlaufende Vegetation - erst tiefer im Bestand feststellbar. Auf allen übrigen Parzellen steigt die Beleuchtungsstärke zum Bestandesrand hin an; das Maximum fällt genau mit dem Bestandesrand zusammen. Das Minimum der Beleuchtung ist im allgemeinen in der Mitte der Lochfläche zu finden, wie aus dem Vergleich zwischen Achsenabschnitt b_0 und Minimum hervorgeht. Innerhalb der Flächen fällt auf, daß die im Kreuz verlaufenden Re-

gressionslinien stets über den Regressionslinien in den Diagonalen liegen. Dies dürfte auf die Störung der Vegetation auf den Kreuzmeßpunkten durch die Naturverjüngungsaufnahmen zurückzuführen sein. Besonders ausgeprägt ist diese Erscheinung auf der Lochhiebparzelle II, K 1 (B), wo - wie schon erwähnt - die intensivsten Naturverjüngungsaufnahmen stattfanden. Die wahren Verhältnisse der Beleuchtung am Boden dürften deshalb nur in den Meßreihen, die in den Diagonalen angelegt wurden, zum Ausdruck kommen.

Die Lage der Extremwerte

Da die Kurven ein Maximum bzw. ein Minimum meist in einem Bereich aufweisen, in dem es aus versuchstechnischen Gründen (Klimahütte in der Mitte der Parzelle) nicht möglich war, Beleuchtungsstärkemessungen vorzunehmen, mußte die Lage der Extremwerte statistisch abgesichert werden. Die nach dem Verfahren von LINDER (1954) berechneten Vertrauensgrenzen der Extremwerte sind in Tab. 10 angegeben. Die in dieser Tabelle enthaltenen Vertrauensbereiche wurden graphisch dargestellt. Durch Verbinden der am weitesten vom Lückenmittelpunkt entfernten Vertrauensgrenzen ergab sich das in Abb. 10 wiedergegebene Bild der Lage der Extremwerte auf den Lochhiebparzellen.

Aus Abb. 10 geht hervor, daß sowohl die maximale relative Beleuchtungsstärke in 1,50 m Höhe als auch die minimale relative Beleuchtungsstärke am Boden in der Mitte der Lochhiebparzellen angesiedelt sind. Die Bereiche der maximalen relativen Beleuchtungsstärke und der minimalen relativen Beleuchtungsstärke liegen nicht sehr weit voneinander entfernt bzw. überlappen sich sogar. Dies bedeutet, daß auf den Lochhiebparzellen I, II und III mit einer hohen Wahrscheinlichkeit dort, wo in 1,50 m Höhe die maximale relative Beleuchtungsstärke festgestellt wurde, am Boden auch die minimale relative Beleuchtungsstärke oder ein der minimalen Beleuchtungsstärke sehr nahekommender Wert zu finden war. Auf der Lochhiebparzelle IV ist zwar ein Bereich auszumachen, in dem mit einem Maximum der relativen Beleuchtungsstärke zu rechnen ist, ein Bereich für ein Minimum der relativen Beleuchtungsstärke konnte jedoch nicht abgegrenzt werden.

4.143.2 Vergleich der 1978 und 1981 ermittelten relativen Beleuchtungsstärken

Wurden bisher nur die 1981 erhobenen relativen Beleuchtungsstärken behandelt, so sollen nun auch die Messungen aus dem Jahr 1978 in die Betrachtung einbezogen werden.

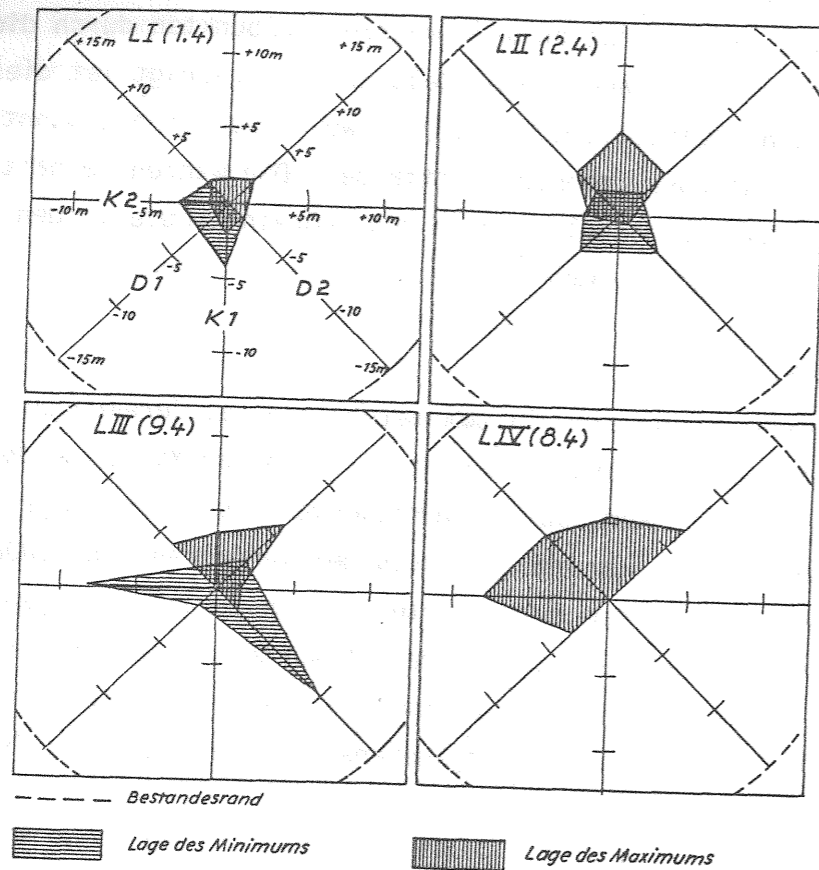


Abb. 10: Die Lage der Extremwerte der relativen Beleuchtungsstärke auf den vier Lochhiebparzellen.

Es wurden die Irrtumswahrscheinlichkeiten der Tab. 10 zugrunde gelegt. Das Minimum der Linie K 1 auf der Parzelle II wurde wegen der gestörten Vegetation auf dieser Linie nicht berücksichtigt.

Von den 1978 vorgenommenen Beleuchtungsstärkemessungen waren nur die Messungen auf den Parzellen I und II verwertbar. Auf den Parzellen III und IV zeigte sich, daß in der Mitte der Parzelle die Werte der relativen Beleuchtungsstärke nahezu 100% betragen. Daraus war zu schließen, daß eine Lückensituation mit einer anderen verglichen wurde - also keine echte Freifläche zum Vergleich herangezogen worden war. Der bereits von BRECHTEL (1962) gegebene Hinweis, daß nur dann,

wenn ausreichend große Freiflächen zur Verfügung stehen, aussagekräftige relative Beleuchtungswerte zu erwarten sind, sollte also bei zukünftigen Messungen unbedingt beachtet werden. (Für die 1981 durchgeführten Messungen wurden ausreichend große Freiflächen ausgewählt.)

Auf den Parzellen I und II konnten danach die Beleuchtungsstärkemessungen der Jahre 1978 (Meßhöhe am Boden) und 1981 (Meßhöhe 1,50 m) verglichen werden. Die aus den relativen Beleuchtungsstärkemessungen von 1978 und 1981 errechneten Regressionsgleichungen werden in Tab. 11 einander gegenübergestellt.

Schon ein erster Blick auf Tab. 11 zeigt, daß die Werte der Regressionsgleichungen von 1978 und 1981 sehr ähnlich sind. Ein nach einem von LINDER (1964) und SACHS (1978) vorgeschlagenen Verfahren vorgenommener Vergleich der Regressionsgleichungen brachte das in Tab. 12 dargestellte Ergebnis.

LOCHHIEB-PARZELLE	REGRESSIONSGLEICHUNG	Jahr der Messung	WERTE DER REGRESSIONSGLEICHUNG					LAGE DES EXTREMWERTES					
			b_0	b_1	b_2	r^2	$S_{y.x}$	\hat{F}	MAX. (A) bzw. MIN. (B) REL. BEL. %	MAX. (A) bzw. MIN. (B) REL. BEL. bei m	untere Ver- trauens- grenze bei m	obere Ver- trauens- grenze bei m	Irrtumswahr- schein- lichkeit %
I	K1	(A) 1981	66,28	-0,248	-0,120	0,89	6,05	43,98 ⁺⁺	66,40	-1,03	-2,37	0,17	5
		(B) 1978	65,92	-0,220	-0,109	0,93	4,14	77,52 ⁺⁺	66,03	-1,02	-1,98	0,10	5
	K2	(A) 1981	67,02	-0,064	-0,145	0,96	4,34	119,66 ⁺⁺	67,03	-0,22	-0,95	0,50	5
		(B) 1978	61,75	-0,328	-0,118	0,94	4,24	89,77 ⁺⁺	61,98	-1,38	-2,34	-0,52	5
II	K1	(A) 1981	65,94	0,769	-0,102	0,95	3,93	112,80 ⁺⁺	67,39	3,99	2,92	5,34	5
		(B) 1978	64,93	0,639	-0,101	0,95	3,70	111,69 ⁺⁺	65,94	3,16	2,20	4,29	5
	K2	(A) 1981	67,35	-0,356	-0,136	0,97	3,45	178,57 ⁺⁺	67,58	-1,29	-1,95	-0,69	5
		(B) 1978	54,96	-0,255	-0,101	0,79	7,45	20,89 ⁺⁺	55,12	-1,27	-3,41	0,52	5

Tab. 11: Die relative Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt in den Jahren 1978 und 1981.

Die Meßwerte der Meßreihen K 1 (A) und K 2 (A) wurden aus Tab. 10 übernommen. Erläuterungen s. Tab. 10.

Vergleich		Messung 1981		
Messung 1978		b_0	b_1	b_2
LOCHHIEB I	Linie K 1	n.s.	n.s.	n.s.
	Linie K 2	+	n.s.	+
LOCHHIEB II	Linie K 1	n.s.	n.s.	n.s.
	Linie K 2	+	n.s.	+

+ signifikanter Unterschied
n.s. nicht signifikanter Unterschied

Tab. 12: Vergleich der in den Jahren 1978 und 1981 durchgeführten Messungen der relativen Beleuchtungsstärke

Verglichen wurden die Achsenabschnitte (b_0) und die Regressionskoeffizienten (b_1, b_2) der in Tab. 11 angegebenen Regressionsgleichungen.

Der Entscheidung, ob die Nullhypothese "Achsenabschnitte bzw. Regressionskoeffizienten stammen aus der gleichen Grundgesamtheit" abzulehnen sei, wurde für die Angaben in Tab. 12 eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% zugrunde gelegt. Wird statt des 5% Niveaus das 0,1% Niveau gewählt, so lassen sich nur noch die Achsenabschnitte b_0 der Linien K 2 unterscheiden.

Dieser Unterschied in den Achsenabschnitten ist darauf zurückzuführen, daß 1978 die relative Beleuchtungsstärke teilweise bei sehr viel höheren Freilandhelligkeiten bestimmt wurde als 1981. Bei höheren Freilandhelligkeiten liegen die Prozentwerte niedriger, da die absoluten Werte im Bestand mit wachsender Freilandhelligkeit unterproportional ansteigen.

Von diesem erklärbaren Unterschied abgesehen, sind die Regressionsgleichungen von 1978 und 1981 weitgehend identisch. Daraus lassen sich zwei Schlußfolgerungen ableiten:

- Wenn auf vergleichbare Meßbedingungen geachtet wird und die Bestandessituation sich nicht verändert hat, ist es möglich, reproduzierbare Ergebnisse der relativen Beleuchtungsstärke zu erzielen.

- Die im Jahr 1981 in 1,50 m Höhe vorgenommenen Messungen der relativen Beleuchtungsstärke charakterisieren auf den Parzellen I und II auch die Beleuchtungsverhältnisse wie sie 1978 am noch unbewachsenen Boden geherrscht haben. Da die im Jahr 1981 am Boden erhobenen Beleuchtungswerte ein vollständig anderes Kurvenbild ergeben als die Werte des Jahres 1978, muß in der Zeit von 1978 bis 1981 eine entscheidende Veränderung eingetreten sein. Diese Veränderung ist auf die Bodenvegetation zurückzuführen, die sich, wie in Kap. 5 noch gezeigt wird, in dieser Zeit üppig entwickelt hat und nahezu eine Umkehrung der Beleuchtungsverhältnisse am Boden bewirkt hat.

4.2 Die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit

4.2.1 Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit als Wachsfaktoren

Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit sind wichtige Umweltfaktoren für die Pflanzen. Zwar wirken sie nicht in gleicher Weise wie etwa das Licht direkt auf Lebensvorgänge der Pflanzen ein, doch kommt ihrer mittelbaren Wirkung große Bedeutung zu.

So spielt die Pflanzentemperatur, die mit der Lufttemperatur durch eine gesetzmäßige Beziehung verbunden ist (AULITZKY, 1961 a), die Rolle eines Katalysators, der die Grenzen und das Leistungsoptimum von Lebensvorgängen bestimmt (BAUMGARTNER, 1960 b; LARCHER, 1973). Durch die Luftfeuchtigkeit, ausgedrückt als Dampfdruck, wird in Verbindung mit der Lufttemperatur das Sättigungsdefizit oder der Dampf hunger der Luft charakterisiert (van EIMERN, 1971). Dieses Sättigungsdefizit ist die antreibende Kraft für die Verdunstung der Pflanzen. Bei geringer relativer Luftfeuchtigkeit, also hohem Sättigungsdefizit der Luft, geht die Assimilationsleistung von Gehölzpflanzen stark zurück, da die Pflanzen selbst bei optimalem Bodenwasservorrat die Spaltöffnungen schließen (TRANQUILLINI, 1963, zit. nach LÖTZKE, 1967).

Aufgrund der Bedeutung von Lufttemperatur und Luftfeuchte als Wachsfaktoren wurde im Rahmen zahlreicher ökologischer Untersuchungen der Erfassung dieser Parameter ein breiter Raum eingeräumt. Deshalb liegt inzwischen ein umfangreiches Wissen über die Temperatur- und Luftfeuchteverteilung in Wald und Freiland vor, das GEIGER (1961), LÖTZKE (1961 u. 1967) und MITSCHERLICH (1971) zusammenfassend dargestellt haben. Die meisten der von diesen Autoren genannten Untersuchungen über Lufttemperatur und Luftfeuchte wurden jedoch außerhalb des Alpenraumes durchgeführt; die gewonnenen Erkenntnisse können sicherlich nicht ohne Überprüfung auf die montane Stufe der Kalkalpen übertragen werden. Selbst bei den in neuerer Zeit im Alpenraum erarbeiteten Ergebnissen über Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit

keit ist eine Anwendung auf die Verhältnisse der Ruhpoldinger Versuchsflächen fragwürdig, da sie meist aus Untersuchungen in Gebieten nahe der Waldgrenze oder darüber stammen (AULITZKY, 1961 und 1968; SCHÖNENBERGER, 1975; CERNUSCA, 1976). Im Bereich der Waldgrenze kommt zumindest der Temperatur als dem das Leben begrenzenden klimatischen Faktor (AULITZKY, 1968; TURNER, 1971) ein weitaus höherer Stellenwert zu als in der montanen Stufe. Für die montane Stufe der Kalkalpen können bisher nur die von MAYER, He. (1979) im Rahmen des Projektes "Bergmischwald" erhobenen mikroklimatischen Daten über Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit herangezogen werden. Von MAYER, He. (1979) wurden jedoch nur Angaben gemacht über die Lufttemperatur und Luftfeuchte auf verschiedenen vollbeschränkten, locker beschränkten und unbeschränkten Versuchspartzen im Jahr 1977.

Eine Beschreibung der Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse auf den Lochhiebpartzen steht noch aus und wird nun an dieser Stelle vorgetragen.

4.22 Die Messung von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit

Für eine Beschreibung der Lufttemperatur und Luftfeuchte auf den vier Lochhiebpartzen standen Meßwerte, die im Jahr 1977^{+) erhoben wurden, zur Verfügung. Außerdem waren für Vergleichszwecke die Originalwerte der Lufttemperatur- und der Luftfeuchtemessungen, die MAYER, He. (1979) auf einer vollbeschränkten⁺⁺⁾ und einer unbeschränkten⁺⁺⁺⁾ Parzelle vorgenommen hatte, vorhanden. Im Jahr 1981⁺⁺⁺⁺⁾ wurden die Lufttemperatur- und Luftfeuchtemessungen auf den vier Lochhiebpartzen und den beiden Vergleichspartzen wiederholt.}

- +)) Die bereits ausgewerteten Lufttemperatur- und Luftfeuchtemessungen des Jahres 1977 wurden mir freundlicherweise von Herrn Dr. MAYER, Lehrstuhl f. Bioklimatologie der Universität München überlassen. Es sei ihm dafür an dieser Stelle herzlich gedankt.
- ++) Der Beschirmungsgrad der im Gesamtforschungsprojekt "Bergmischwald" mit 1.0 bezeichneten Parzelle betrug 68%.
- +++)) Die im Gesamtforschungsprojekt "Bergmischwald" mit 1.3 bezeichnete unbeschränkte Parzelle liegt auf einer ca. 0,5 ha großen Freifläche.
- ++++)) Die Auswertung der Thermohygrographenstreifen des Jahres 1981 übernahm dankenswerterweise Frau KNIEP vom Lehrstuhl f. Bioklimatologie der Universität München.

Auf jeder der insgesamt sechs Parzellen war eine Wetterhütte installiert worden. Auf den Lochhiebpartzen befand sich die Hütte genau über dem Mittelpunkt der Parzelle. Alle Hütten hatten eine Höhe von 50 cm über dem Boden, so daß die in den Wetterhütten untergebrachten Thermohygrographen die Temperatur und Feuchte der für das Gedeihen der Pflanzen ausschlaggebenden bodennahen Luftschicht registrieren konnten. Die Registrierstreifen der Thermohygrographen wurden in der Vegetationszeit 1977 und 1981 wöchentlich gewechselt. Einmal wöchentlich, und zwar beim Wechseln der Registrierstreifen, wurden auf den Streifen Eichwerte der Lufttemperatur und der Luftfeuchte eingetragen, die mit einem Assmann-Aspirationspsychrometer ermittelt wurden. Dies erlaubte eine nachträgliche Korrektur der auf den Schreibstreifen aufgezeichneten Temperatur- und Luftfeuchtwerte.

War es aufgrund der Messungen in den Wetterhütten möglich, die Lufttemperatur- und Luftfeuchtwerte der sechs Parzellen miteinander zu vergleichen, so sollte darüber hinaus eine Beschreibung der Situation auf verschiedenen Meßstellen innerhalb der Lochhiebpartzen vorgenommen werden.

Dazu wurden neun - wie in Abb. 11 dargestellt - über jede Lochhiebpartze verteilte Meßpunkte ausgewählt; lediglich auf der Parzelle I befanden sich statt neun nur drei Meßpunkte (1, 2 und 3). Auf jedem Meßpunkt wurde wöchentlich einmal, und

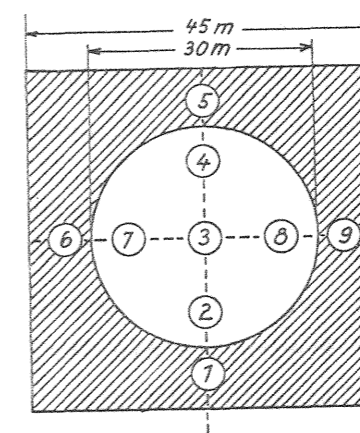


Abb. 11: Die Lage der neun Assmann-Aspirationspsychrometer-Meßpunkte auf den Lochhiebpartzen.

Entfernung der Meßpunkte 2, 7, 4, 8 vom Meßpunkt 3: 10 m
Entfernung der Meßpunkte 1, 6, 5, 9 vom Meßpunkt 3: 18 m.

Zwar jeweils am Montag, in 50 cm Höhe mit Hilfe eines Assmann-Aspirationspsychrometers die Lufttemperatur T_a und die Feuchtemperatur T_f bestimmt. Aus diesen Daten konnten mit Hilfe von Aspirationspsychrometertafeln die relative Luftfeuchtigkeit RH und der Dampfdruck e bestimmt werden. Die Messungen wurden auf der Parzelle I etwa um 9 Uhr, auf der Parzelle II etwa um 10 Uhr, auf der Parzelle III etwa um 14 Uhr und auf der Parzelle IV etwa um 12 Uhr vorgenommen. Die sehr unterschiedlichen Meßzeiten sind dadurch bedingt, daß es eine geraume Zeit dauerte, um von einer Parzelle auf die andere zu gelangen. Außerdem erforderte auch das Leeren

der Regenschirm, das gleichzeitig mit den Temperaturmessungen erfolgte, ein gewisses Maß an Zeit. Die Meßwerte der Aspirationspsychrometermessungen können also aufgrund der unterschiedlichen Meßzeiten nicht für Vergleiche zwischen den Lochhiebparzellen herangezogen werden. Ein derartiger Vergleich war allerdings auch nicht das Ziel dieser Messungen. Vielmehr sollte der Frage nachgegangen werden, ob zu dem jeweiligen Meßzeitpunkt größere Temperaturunterschiede innerhalb einer Lochhiebparzelle vorkommen können.

4.23 Die Ergebnisse der Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessungen

4.231 Vergleich zwischen den Parzellen

Die Lufttemperatur

Anhand der in Tab. 13 wiedergegebenen Mittelwerte, mittleren Tagesschwankungen⁺, absoluten Minima und Maxima⁺⁺ der Lufttemperatur Ta sowie anhand der in Abb. 12 dargestellten mittleren Tagesgänge der Lufttemperatur Ta können die Eigenheiten des Temperaturganges auf den vier Lochhiebparzellen und auf den Vergleichsparzellen "unbeschriftet" und "vollbeschriftet" aufgezeigt werden.

Betrachtet man die Abb. 12, so fällt als erstes auf, daß sich die Tagesgänge auf den Lochhiebparzellen III und IV deutlich im Gangniveau - nach BAUMGARTNER (1960 b) der Temperaturbereich, in dem sich die Temperaturen im Laufe des Tages bewegen - von den Tagesgängen der übrigen Parzellen unterscheiden.

Die mittleren Lufttemperaturen sind auf diesen beiden Parzellen, wie man Tab. 13 entnehmen kann, in allen Monaten sowohl 1977 wie 1981 erheblich niedriger als die Werte der anderen Parzellen. Dies entspricht durchaus der Erwartung, da die Parzellen III und IV ca. 300 m höher liegen als die übrigen Parzellen und die Temperaturabnahme mit der Höhe ein allgemein bekanntes Phänomen ist.

Vergleicht man die mittleren Tagesschwankungen der Lufttemperatur der Parzellen III und IV mit den entsprechenden Werten der beiden anderen Lochhiebparzellen, so stellt man fest, daß die Werte der Parzellen III und IV mit Ausnahme des September 1981 regelmäßig niedriger liegen. Dies kann mit der Abnahme der Tagesschwankung der Lufttemperatur mit steigender Seehöhe (s. BAUMGARTNER, 1960 b) sicher teilweise erklärt werden. Mit dazu beigetragen hat aber vermutlich auch die Tat-

+) Die mittleren Tagesschwankungen der Lufttemperatur sind aus den mittleren monatlichen Tagesgängen der Lufttemperatur, die hier nicht wiedergegeben werden, hergeleitet.

++) Die absoluten Minima und Maxima der Lufttemperatur wurden von den Registrierstreifen der Thermohygrographen abgelesen. Gegenüber exakter erfaßten Temperaturextremen mit Extremthermometern liegen diese Werte etwas zu hoch (LUFT, 1973).

JAHR	MONAT	VERGLEICHSPARZELLEN						LOCHHIEBPARZELLEN										
		vollbeschrift (10*)		unbeschrift (1,3*)		I		II		III		IV						
		mittl. Luft-temp. Ta in °C	mittl. Tageschw. ΔTa in K	abs. Max. Ta in °C	abs. Min. Ta in °C	mittl. Luft-temp. Ta in °C	mittl. Tageschw. ΔTa in K	abs. Max. Ta in °C	abs. Min. Ta in °C	mittl. Luft-temp. Ta in °C	mittl. Tageschw. ΔTa in K	abs. Max. Ta in °C	abs. Min. Ta in °C	mittl. Luft-temp. Ta in °C	mittl. Tageschw. ΔTa in K	abs. Max. Ta in °C	abs. Min. Ta in °C	
1977	JUNI	12.8	5.3	27.0 3.0	9.0	32.0 0.4	13.4	7.5	33.2 1.8	14.6	8.2	35.2 1.9	10.4	5.9	28.6 1.5	25.3 0.0	10.3	5.1
	JULI	14.7	5.1	23.8 7.5	8.7	27.2 5.0	14.4	7.4	26.5 6.2	13.5	8.2	28.8 1.5	11.8	5.8	23.8 3.1	21.5 4.7	12.1	4.6
	AUG.	13.1	4.2	22.2 6.9	7.6	26.9 5.5	13.8	6.3	25.9 6.7	13.8	6.6	29.4 3.9	11.9	4.6	21.5 5.3	22.2 4.8	11.5	3.6
	SEPT.	9.8	3.7	21.8 1.9	6.1	25.2 0.8	9.7	4.7	22.8 1.7	9.4	5.7	25.5 -1.8	7.7	4.0	18.5 1.0	18.7 -0.2	8.1	3.1
1981	MAI	-	-	-	12.7	31.7 2.1	12.2	6.5	26.5 4.1	11.8	5.5	24.0 4.2	-	-	-	-	-	-
	JUNI	14.3	3.7	26.3 3.5	8.0	32.2 3.1	13.7	6.2	30.8 3.0	13.4	4.9	29.4 3.1	11.0	4.5	24.9 1.4	23.9 1.0	11.0	3.6
	JULI	14.1	3.9	24.4 4.5	8.3	30.0 3.9	13.6	6.1	28.4 3.3	13.4	5.1	25.3 3.0	10.8	4.9	24.1 0.8	21.8 2.0	11.2	4.0
	AUG.	14.3	4.2	27.0 4.4	10.3	34.5 4.9	14.9	6.7	32.6 6.2	14.3	5.8	29.7 5.5	12.6	5.6	29.4 4.0	27.1 4.6	12.2	4.2
	SEPT.	11.9	3.1	23.6 4.8	7.0	29.9 5.1	12.5	4.4	26.0 6.1	11.9	3.4	23.3 5.2	10.4	4.5	23.0 3.2	20.4 3.9	11.0	2.9
OKT.	7.6	3.2	22.9 -3.8	6.6	28.7 -4.8	8.1	4.4	24.1 -3.2	7.7	2.6	22.7 -3.4	-	-	-	-	-	-	

Tab. 13: Mittelwerte, mittlere Tagesschwankungen, absolute Maxima und Minima der Lufttemperatur Ta in 50 cm Höhe über dem Boden auf den vier Lochhiebparzellen und zwei Vergleichsparzellen in den Monaten Juni - September 1977 und Mai - Oktober 1981.

+) Bezeichnung der Versuchsparzellen im Gesamtforschungsprojekt "Bergmischwald"

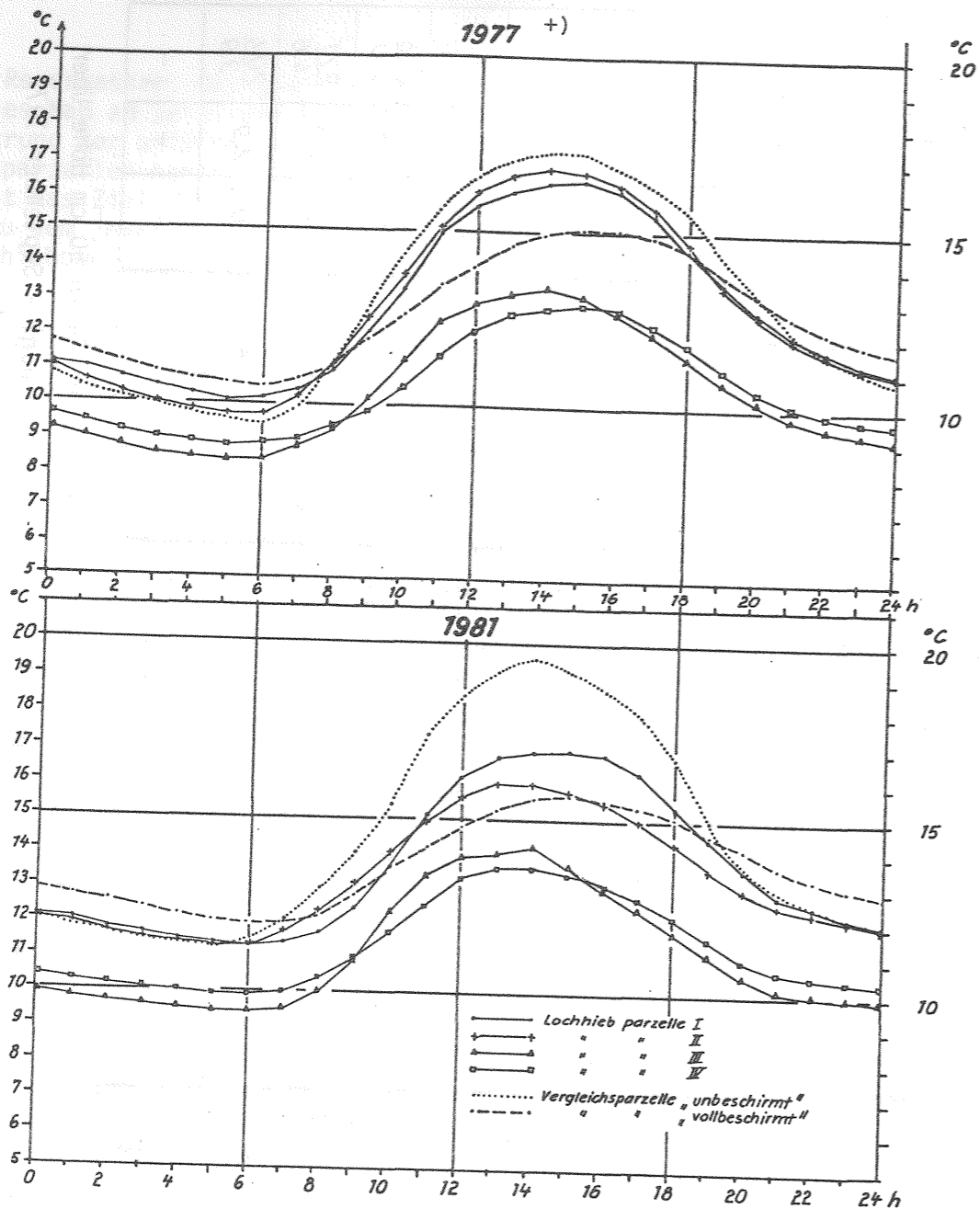


Abb. 12: Mittlere Tagesgänge der Lufttemperatur T_a der Monate Juni bis September in den Jahren 1977 und 1981 in 50 cm Höhe über dem Boden.

sache, daß die Parzellen III und IV eine höhere Horizontabschirmung als die Parzellen I und II haben. Der Abschirmwinkel ist auf Parzelle IV mit 57 Grad, auf Parzelle III mit 54 und auf den Parzellen I und II mit 49 Grad ermittelt worden (s. Abb. 7 a - d). Die Lücken der Parzellen III und IV sind also "kleiner" als die

+) Die mittleren Tagesgänge der Temperatur im Jahr 1977 auf den Parzellen "vollbeschrift" und "unbeschrift" weichen von den von MAYER, He. (1979) dargestellten Tagesgängen auf diesen Parzellen ab. Dies liegt daran, daß MAYER die mittleren Tagesgänge für die Sommermonate Juni, Juli, August angibt; in die Abb. 12 ging neben diesen drei Sommermonaten auch noch der September ein. Der gegenüber der Darstellung MAYERs etwas größere Unterschied zwischen "vollbeschrift" und "unbeschrift" im Bereich der Maximaltemperatur, ist darauf zurückzuführen, daß ein systematischer Gerätefehler (Aussetzen des Thermographenschreibers bei hohen Temperaturen auf der unbeschrifteten Parzelle) für die Abb. 12 nachträglich rechnerisch bereinigt werden konnte.

der beiden anderen Parzellen und müssen schon allein deshalb einen ausgeglicheneren Temperaturgang haben. Die Parzelle IV mit der stärksten Horizontabschirmung weist dabei noch niedrigere Werte der mittleren Tagesschwankung der Lufttemperatur auf als die Parzelle III. Auch die absolute Maximumtemperatur liegt auf der Parzelle IV in der Regel (Ausnahme August und September 1977) unter dem Wert der Parzelle III. Darin kommt neben der Wirkung des höheren Abschirmwinkels auch der Einfluß der Exposition zum Ausdruck. Die westexponierte Parzelle IV erwärmt sich bei Sonnenschein nicht so stark wie die südexponierte Parzelle III. Die höheren Maximumtemperaturen der Parzelle III werden jedoch durch (zumindest im Mittel, s. Abb. 12) niedrigere Minimumtemperaturen wieder ausgeglichen. So kommt es, daß sich die Parzellen III und IV hinsichtlich der mittleren Lufttemperatur nicht wesentlich voneinander unterscheiden.

Deutlich im Gangniveau von den Parzellen III und IV abgesetzt sind die mittleren Tagesgänge der Lufttemperatur der übrigen Parzellen (s. Abb. 12). Diese Parzellen, also die Lochhiebsparzellen I und II, die vollbeschriftete und die unbeschriftete Parzelle, die in der Folge verglichen werden sollen, haben die gleiche Höhenlage. Zwischen diesen Parzellen auftretende Unterschiede in den Temperaturwerten können somit nicht auf einen Einfluß der Höhenlage zurückgeführt werden. Von diesen Unterschieden ist anzunehmen, daß sie in erster Linie durch die verschiedenen Waldzustände auf den Parzellen bewirkt wurden.

Wie in Abb. 12 zu sehen ist, verlaufen die mittleren Tagesgänge der Lufttemperatur auf den Lochhiebsparzellen I und II sowohl 1977 wie auch 1981 zwischen den entsprechenden Tagesgängen der vollbeschrifteten und der unbeschrifteten Parzelle.

In beiden Jahren hat die unbeschriftete Parzelle den Temperaturgang mit der höchsten Amplitude (= 1/2 Tagesschwankung). In allen Monaten liegt die mittlere Tagesschwankung über den entsprechenden Werten der anderen Parzellen (s. Tab. 13). Den ausgeglicheneren mittleren Tagesgang der Lufttemperatur weist dagegen die vollbeschriftete Parzelle auf (s. Abb. 12). Sie hat stets (mit Ausnahme des Oktober 1981) die niedrigsten mittleren Tagesschwankungen der Lufttemperatur (s. Tab. 13). Auch die absolute Maximumtemperatur liegt mit Ausnahme der Monate September und Oktober 1981 auf dieser Parzelle immer unter den entsprechenden Werten der anderen drei Parzellen. Darin drückt sich der mäßigende Einfluß des Altbestandes aus. Bemerkenswert auf der vollbeschrifteten Parzelle ist die im Vergleich zur unbeschrifteten Fläche unterschiedliche Gangphase der mittleren Maximumtemperatur (s. Abb. 12); dies äußert sich in einer Verzögerung der Eintrittszeit des Temperaturmaximums gegenüber der Lichtungsfläche.

Im Jahr 1977 sind die mittleren Tagesgänge der Lufttemperatur auf den beiden Lochhiebpärzellen nicht besonders deutlich vom entsprechenden Tagesgang auf der unbeschirmten Parzelle abgesetzt (s. Abb. 12). Insbesondere auf der Lochhiebpärzelle II waren 1977 in allen Monaten mittlere Tagesschwankungen zu verzeichnen, die sehr nahe an die mittleren Tagesschwankungen der unbeschirmten Parzelle herankamen. Die absoluten Maximumtemperaturen lagen auf der Parzelle II sogar regelmäßig höher als auf der unbeschirmten Parzelle. Diese hohen Maximumtemperaturen auf der Parzelle II sind sicherlich durch die Windruhe auf der Lochhiebsfläche bedingt, die durch einen sehr dichten umgebenden Bestand vor Ventilation geschützt ist. Für das Zustandekommen der mit Ausnahme des Juni 1977 gegenüber der unbeschirmten Parzelle niedrigeren absoluten Minimumtemperaturen auf der Parzelle II könnte ebenfalls der reduzierte Windeinfluß verantwortlich sein.

Das Jahr 1981, das eine etwas wärmere Vegetationszeit aufzuweisen hatte als das Jahr 1977, brachte eine deutliche Differenzierung der mittleren Tagesgänge der Lufttemperatur auf den im Jahr 1977 so ähnlichen Parzellen I, II und "unbeschirmt" (s. Abb. 12). Abgehoben von den Lochhiebpärzellen I und II weist die Parzelle "unbeschirmt" regelmäßig die höchsten Mittelwerte, die höchsten mittleren Tagesschwankungen und die höchsten absoluten Maxima der Lufttemperatur auf (s. Tab. 13). Die im Jahr 1977 durch einen extremen Temperaturgang auffallende Parzelle II hat im Jahr 1981 einen mittleren Temperaturgang, der der Parzelle "vollbeschirmt" wesentlich näher kommt als im Jahr 1977 (s. Abb. 12). Die Temperaturwerte der Parzelle II werden im Gegensatz zum Jahr 1977 im Jahr 1981 auch deutlich von der Parzelle I übertroffen, die sich 1981 durch stets höhere Mittelwerte, höhere mittlere Tagesschwankungen und höhere absolute Maxima der Lufttemperatur auszeichnet. Hier mag in dem wärmeren Jahr 1981 die Exposition der Parzelle I (südwest) gegenüber der Parzelle II (nordwest) eine Rolle gespielt haben.

Es sind also im Jahr 1981 deutliche Unterschiede der Lufttemperaturwerte gegenüber den Werten des Jahres 1977 festzustellen. Zusammenfassend lassen sich diese Unterschiede wie folgt darstellen (angegeben sind Ta-Werte in K):

Parzelle	voll- beschirmt	un- beschirmt	I	II	III	IV
Unterschiede i.d.Mitteltemp. der Monate Juni-Sept. 1981 gegenüber dem gleichen Zeitraum im Jahr 1977	+1,1	+1,7	+0,9	+0,5	+0,7	+0,9
Unterschiede i.d.mittleren Tagesschwankung der Monate Juni-Sept. 1981 gegenüber dem gleichen Zeitraum im Jahr 1977	-0,9	+0,5	-0,6	-2,4	-0,2	-0,4

Es war im Jahr 1981 im Mittel der Monate Juni bis September auf allen Parzellen wärmer als im vergleichbaren Zeitraum 1977. Allerdings erreicht diese Erwärmung nicht auf allen Parzellen die gleiche Größenordnung. Die höchste Erwärmung mit 1,7 K ist auf der Parzelle "unbeschirmt" zu verzeichnen. Der niedrigste Wärmezugewinn mit 0,5 K ergibt sich für die Parzelle II. Eine um 0,5 K höhere Temperatur im Jahr 1981 gegenüber dem Jahr 1977 wurde für den gleichen Zeitraum im übrigen auch an der Klimastation Reit i. Winkl registriert.

Auch bei den Unterschieden der mittleren Tagesschwankung der Monate Juni - September 1981 gegenüber dem gleichen Zeitraum 1977 fallen wieder die beiden Parzellen "unbeschirmt" und "II" aus dem Rahmen. Während auf der Parzelle "unbeschirmt" die mittlere Tagesschwankung der Temperatur um 0,5 K zunimmt, nimmt sie auf der Parzelle II um 2,4 K ab.

Ob diese großen Differenzen allein auf die etwas stärkere Wärmezufuhr in der Vegetationszeit 1981 gegenüber der Vegetationszeit 1977 zurückgeführt werden können, darf bezweifelt werden. Vielmehr ist anzunehmen, daß veränderte Windverhältnisse und Veränderungen in der Bodenvegetation, die sich auf den Parzellen unterschiedlich entwickelt hat, ihren Teil am Zustandekommen dieser Differenzen beigetragen haben. Für eine fundierte Analyse des Temperaturgeschehens wären jedoch kontinuierliche Windmessungen⁺⁾ und eine Aufschlüsselung der Temperaturtagesgänge nach den jeweiligen Wetterverhältnissen notwendig gewesen. Ein Nachweis des Einflusses der Vegetation wäre nur mit Vertikalprofilen⁺⁾ der Temperatur zu erbringen gewesen.

Die Luftfeuchte

Die Eigenheiten des Luftfeuchteganges auf den verschiedenen Versuchspärzellen können besprochen werden anhand der in Tab. 14 wiedergegebenen Mittelwerte, mittleren Tagesschwankungen, absoluten Minima und Maxima der relativen Luftfeuchte RH sowie anhand der in Abb. 13 dargestellten mittleren Tagesgänge der relativen Luftfeuchtigkeit RH.

Aus Tab. 14 geht hervor, daß sich die Mittelwerte der relativen Luftfeuchtigkeit in keinem besonders weiten Rahmen bewegen. Den niedrigsten Mittelwert der relativen Luftfeuchtigkeit weist mit 71% die Parzelle I im Juli 1977 auf,

^{+) Die entsprechenden Messungen waren im Gesamtforschungsprojekt "Bergmischwald" vorgesehen. Leider scheiterte die Realisierung an der Versagung der finanziellen Mittel zum Kauf der erforderlichen apparativen Ausrüstung.}

JAHR	MONAT	VERGLEICHSPARZELLEN				LOCHHIEBPARZELLEN																						
		vollbeschirmt (1.0*)		unbeschirmt (1.3*)		I		II		III		IV																
		mittl. Luftfeucht. RH in %	abs. Max. abs. Min. der Luftfeucht. RH in %	mittl. Tageschw. ΔRH in %	mittl. Luftfeucht. RH in %	abs. Max. abs. Min. der Luftfeucht. RH in %	mittl. Tageschw. ΔRH in %	mittl. Luftfeucht. RH in %	abs. Max. abs. Min. der Luftfeucht. RH in %	mittl. Tageschw. ΔRH in %	mittl. Luftfeucht. RH in %	abs. Max. abs. Min. der Luftfeucht. RH in %	mittl. Tageschw. ΔRH in %															
1977	JUNI	75	98/25	20	75	98/29	26	75	99/31	22	76	99/31	22	76	99/31	20	76	99/31	20	76	99/31	17	79	98/23	13	80	99/40	
	JULI	73	95/35	22	73	98/31	33	73	95/31	23	71	95/31	22	73	96/38	22	73	96/38	22	73	96/38	20	74	99/40	15	76	96/43	
	AUG.	83	99/44	16	80	99/32	23	80	98/36	16	77	98/36	16	80	97/38	16	80	97/38	16	80	97/38	13	81	99/43	7	79	99/45	
	SEPT.	80	98/40	18	82	99/35	21	82	98/34	16	80	98/34	16	82	99/33	15	82	99/33	15	82	99/33	12	83	99/38	8	81	96/35	
1981	MAI	-	-	-	74	99/25	25	74	99/31	19	78	99/31	18	78	99/30	18	78	99/30	-	-	99/30	-	-	-	-	-	-	-
	JUNI	76	99/32	12	75	99/32	25	75	99/35	15	79	99/35	16	75	99/30	16	75	99/30	11	80	99/39	11	80	99/38	-	-	-	
	JULI	79	99/31	13	80	99/27	27	80	97/35	18	80	97/35	17	79	99/35	17	79	99/35	10	84	99/38	10	84	99/38	10	86	99/38	
	AUG.	73	99/45	16	78	99/33	38	78	96/37	21	76	96/37	15	78	99/41	15	78	99/41	14	84	99/48	14	84	99/48	12	87	99/56	
	SEPT.	82	98/37	12	75	96/20	24	75	99/41	12	79	99/41	9	84	99/40	9	84	99/40	9	85	99/43	9	85	99/43	11	-	-	
OKT.	-	-	-	75	94/25	23	75	99/27	12	74	99/27	11	79	97/28	11	79	97/28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tab. 14: Mittelwerte, mittlere Tagesschwankungen, absolute Maxima und Minima der Luftfeuchtigkeit RH in 50 cm Höhe über dem Boden auf den vier Lochhiebsparzellen und zwei Vergleichsparzellen in den Monaten Juni - September 1977 und Mai - Oktober 1981.

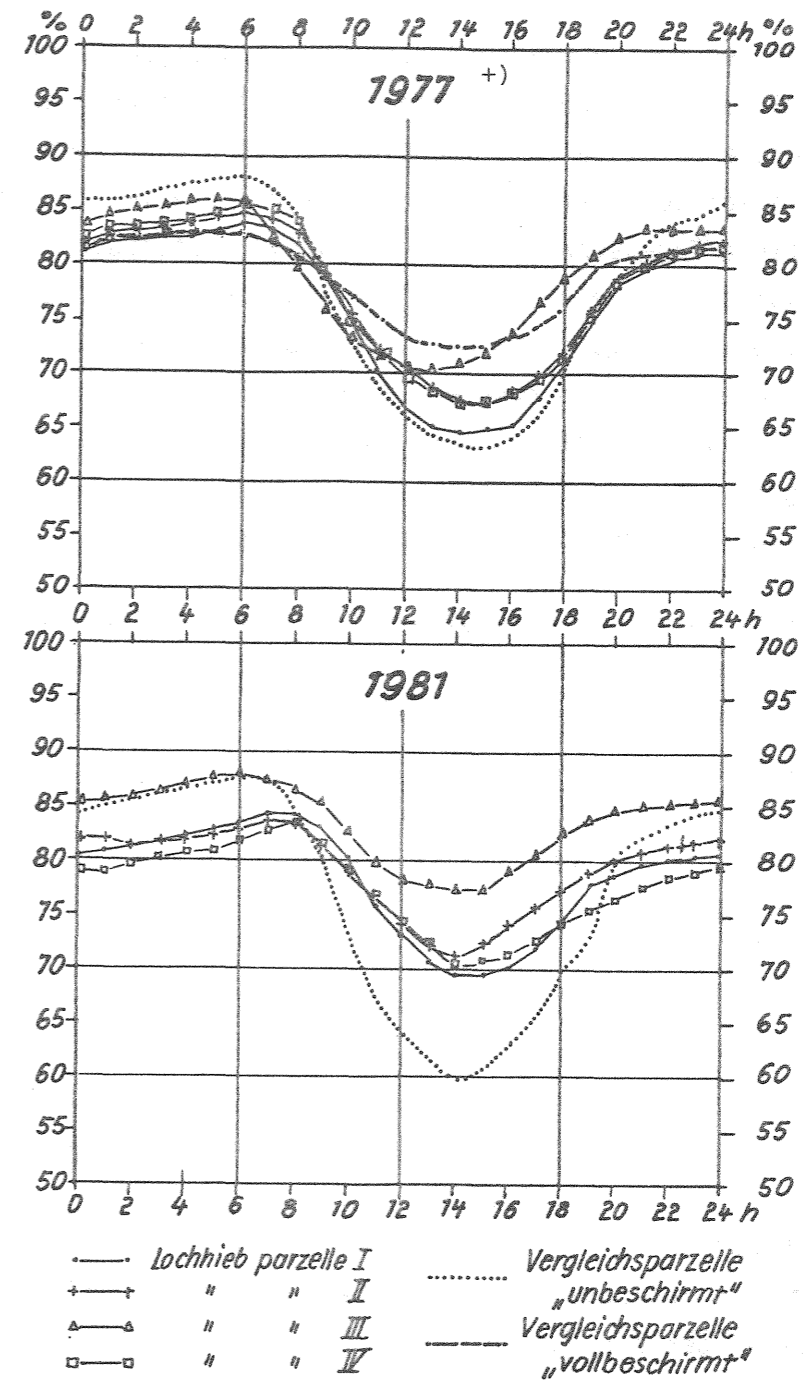


Abb. 13: Mittlere Tagesgänge der relativen Luftfeuchtigkeit RH der Monate Juni bis September 1977 und 1981 in 50 cm Höhe über dem Boden.

den höchsten Mittelwert mit 87% die Parzelle IV im August 1981. Etwa die Hälfte aller in Tab. 14 aufgeführten Mittelwerte liegt zwischen 75% und 80% relativer Luftfeuchtigkeit. Wenn man bedenkt, daß der Meßfehler der Hygrographen ± 2 beträgt, dann ist es wohl nicht möglich, große Unterschiede in der mittleren relativen

+) Die mittleren Tagesgänge der Luftfeuchtigkeit im Jahr 1977 auf den Parzellen "vollbeschirmt" und "unbeschirmt" weichen von den von MAYER, He. (1979) dargestellten Tagesgängen auf diesen Parzellen ab. Dies liegt daran, daß MAYER die mittleren Tagesgänge für die Sommermonate Juni, Juli, August angibt; in die Abb. 13 ging neben diesen drei Sommermonaten auch noch der September ein.

Luftfeuchtigkeit auf den verschiedenen Parzellen aufzuzeigen. Lediglich die Lochhiebparzellen III und IV haben mit Ausnahme des August und September 1977 immer eine etwas höhere relative Luftfeuchtigkeit als die übrigen Parzellen. Dies ist durch die niedrigere Temperatur auf diesen Parzellen leicht zu erklären. Die niedrigste mittlere Tagesschwankung der relativen Luftfeuchtigkeit ist mit 7% im August 1977 auf der Parzelle IV ermittelt worden, die höchste mittlere Tagesschwankung mit 38% im August 1981 auf der unbeschränkten Parzelle. Die unbeschränkte Parzelle wies in allen Monaten 1977 und 1981 höhere mittlere Tagesschwankungen der relativen Luftfeuchtigkeit auf als alle übrigen Parzellen. Die mit 20% niedrigste absolute Luftfeuchtigkeit wurde im zeitweise sehr trockenen September 1981 auf der unbeschränkten Parzelle festgestellt.

In Abb. 13 sind die mittleren Tagesgänge der relativen Luftfeuchtigkeit RH in den Monaten Juni bis September 1977 und 1981 dargestellt. Da es sich bei den Kurvenverläufen im wesentlichen um eine Umkehrung der Temperaturabläufe (s. Abb. 12) handelt, Unterschiede in der relativen Feuchtigkeit also nicht in erster Linie durch tatsächliche Feuchteunterschiede, sondern durch Temperaturänderungen zustande kommen, kann auf eine ausführliche Besprechung der Kurvenverläufe der Abb. 13 verzichtet werden.

4.232 Vergleich innerhalb der Parzellen

In Tab. 15 sind die Durchschnittswerte der in der Zeit vom 8.6. bis 5.10.1981 wöchentlich einmal auf den verschiedenen Meßpunkten innerhalb der Lochhiebparzelle erhobenen Meßwerte der Lufttemperatur T_a , der relativen Luftfeuchtigkeit RH und des Dampfdruckes e , aufgeführt. Es zeigt sich, daß weder für die Lufttemperatur T_a noch für die Luftfeuchtigkeit RH wesentliche Unterschiede zwischen den Meßstellen innerhalb der Parzellen aufgedeckt werden konnten. Auch der Dampfdruck e , der ein Ausdruck für die wahren Wasserdampfverhältnisse ist, differiert innerhalb der Parzellen kaum. Die Standardabweichungen und Variationskoeffizienten der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und des Dampfdruckes unterschieden sich ebenfalls nicht wesentlich. Auf eine Wiedergabe wurde deshalb verzichtet.

LOCHHIEB-PARZELLE	MESS-PUNKT Nr.	durchschn. Lufttemp. T_a in %	durchschn. Luftfeuchtigkeit RH in %	durchschn. Dampfdruck e in h Pa
I	3	12,1	86,6	12,3
	2	12,0	86,4	12,2
	1	12,0	86,3	12,2
II	3	11,6	86,4	12,0
	2	11,5	87,4	12,0
	7	11,9	85,2	11,9
	4	11,9	86,8	12,2
	8	11,9	84,4	11,9
	1	11,7	85,9	11,9
	6	11,8	84,5	11,8
	5	11,9	86,0	12,0
	9	11,9	84,2	11,8
III	3	12,4	79,0	11,3
	2	12,4	78,4	11,2
	7	12,8	77,7	11,4
	4	12,7	77,6	11,3
	8	12,7	76,7	11,0
	1	12,5	78,6	11,3
	6	12,6	77,6	11,1
	5	12,9	76,6	11,1
	9	12,6	76,4	10,9
IV	3	11,0	81,4	10,7
	2	11,0	82,7	10,9
	7	11,3	81,0	10,9
	4	11,2	81,5	10,8
	8	11,3	80,9	10,8
	1	11,1	81,6	10,8
	6	11,2	80,7	10,7
	5	11,2	80,8	10,8
	9	11,3	80,1	10,7

Tab. 15: Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Dampfdruck auf verschiedenen Meßpunkten innerhalb der Lochhiebparzellen. Angegeben sind die Durchschnittswerte der in der Zeit vom 8.6. bis 5.10.1981 wöchentlich einmal etwa um 9 Uhr auf Parzelle I, etwa um 10 Uhr auf Parzelle II, etwa um 14 Uhr auf Parzelle III und etwa um 12 Uhr auf Parzelle IV erhobenen Meßwerte. Die Lage der Meßpunkte ist aus Abb. 11 ersichtlich.

4.3 Der Niederschlag in Form von Regen und Schnee

4.31 Regen und Schnee als das Pflanzenleben beeinflussende Faktoren

Niederschlag kann in der feuchtgemäßigten mitteleuropäischen Klimazone zum einen in flüssiger Form, als Regen, und zum anderen in fester Form, als Schnee, fallen. In beiden Formen ist der Niederschlag ein wichtiger Einnahmeposten in der Wasserbilanzgleichung von Pflanzenbeständen. Die Wasserbilanzgleichung für einen Pflanzenbestand und den durchwurzelten Boden lautet unter der Voraussetzung, daß nur der Niederschlag den Wasserhaushalt versorgt und keine seitlichen Wasserzuflüsse erfolgen, in der von LARCHER (1973) angegebenen vereinfachten Form wie folgt:

$$N = \Delta W + V_{ET} + V_{AV}$$

Darin bedeutet N die über mehrere Jahre gemittelte Niederschlagssumme. Diese wird im Mittel der Jahre durch die Verdunstung der Pflanzen und des Bodens (Evapotranspiration V_{ET}) und durch Verluste von oberirdischem Abfluß und Versickerung (V_{AV}) aufgebraucht. Langfristig konstant bleibt der Wasservorrat im Ökosystem (ΔW).

Die selbst zum größten Teil aus Wasser bestehenden Pflanzen brauchen das aus dem Niederschlag stammende Wasser zur Aufrechterhaltung ihrer Lebensvorgänge. Wasser ist das Milieu, in dem die bio-chemischen Prozesse ablaufen (LARCHER, 1973). Tritt Wassermangel auf, so sind Pflanzen zunächst einmal in der Lage, ihren Wasserverbrauch einzuschränken; dies ist jedoch immer mit herabgesetzter Assimilationsleistung verknüpft. Verschlechtert sich die Wasserbilanz weiter, so kann es zu Trockenschäden oder zum Absterben der Pflanzen kommen.

Für eine Beurteilung des Wasserhaushaltes der Pflanzen ist eine genaue Bestimmung aller Glieder der Wasserbilanzgleichung Voraussetzung. Da dies jedoch sehr aufwendig ist, begnügt man sich meist mit einer groben Charakterisierung des Wasserhaushalts, indem man auf der Einnahmeseite den leicht zu messenden, am Boden ankommenden Niederschlag bestimmt.

Eine besondere Bedeutung für den Wasserhaushalt der Pflanzen hat ein Teil des Niederschlages, der Schnee. Er stellt einen wertvollen Wasserrückhalt dar (GEIGER, 1961), der im Frühjahr nach der Schneeschmelze den Pflanzen zu Gute kommt. Als weitere Besonderheit des Schneeniederschlags ist anzuführen, daß er, angehäuft als mächtige Schneedecke, den Pflanzen Schutz vor Frostschäden bietet.

Allerdings kann der Schnee auch negative Auswirkungen auf den Pflanzenwuchs haben. Insbesondere im Hochgebirge, wo ein Großteil des Niederschlages als Schnee fällt, kann eine schwere, an Hängen abgleitende Schneelast die Pflanzen umdrücken oder gar entwurzeln. Auch kann eine hohe Schneedecke, die sehr langsam abschmilzt, die Vegetationszeit verkürzen. Gerade Holzpflanzen reagieren auf eine Einengung der ihnen zur Verfügung stehenden produktiven Jahreszeit sehr empfindlich (TURNER, 1961).

Aufgrund der Bedeutung des Niederschlages in Form von Regen und Schnee für das Pflanzenleben wurde in der vorliegenden Arbeit eine Charakterisierung der Niederschlagsverhältnisse auf den Versuchspartellen vorgenommen.

4.32 Der Regenniederschlag

4.321 Die Regennmessungen

In der Zeit vom 1.6.1981 bis zum 5.10.1981 wurden auf den vier Lochhiebparzellen und auf zwei weiteren Parzellen, einer vollbeschrömtten Parzelle⁺) und einer ca. 0,5 ha großen unbeschrömtten Parzelle⁺⁺) Regennmessungen durchgeföhrt.

Die Regennmessungen erfolgten in 1 m Höhe über dem Boden mit Normalregennmessern nach HELLMANN, die eine horizontale Auffangfläche von 200 cm² haben. Auf den Lochhiebparzellen II, III und IV wurden je neun Regennmesser, auf der Lochhiebparzelle I drei Regennmesser und auf der vollbeschrömtten und der unbeschrömtten Parzelle jeweils ein Regennmesser aufgestellt. Die Regennmeßstellen auf den Lochhiebparzellen sind identisch mit den Meßpunkten der Aspirations-Psychrometer-Meßpunkte. Die Lage der Meßstellen kann der Abb. 11 und der Abb. 14 entnommen werden. Auf der Lochhiebparzelle I wurden nur auf den Meßpunkten 1, 2 und 3 Regennmesser installiert. Die Meßstellen 1 bis 5 der Lochhiebparzelle II decken sich mit den fünf von MAYER, He. (1979) ausgewählten Meßstellen, der die Niederschlagssummen auf diesen Stellen für die Vegetationsperiode 1977 bestimmt hatte. Auch die Meßstellen auf der unbeschrömtten und vollbeschrömtten Parzelle sind dieselben, die MAYER für seine Niederschlagssmessungen im Jahr 1977 heranzog.

Die Verwendung von Regennmessern mit einer horizontalen Auffangfläche ist im Gebirge nicht ganz unproblematisch. Es entstehen Meßfehler, die dadurch bedingt sind, daß die horizontale Auffangfläche weniger Regen empfängt als die Hangfläche. Dieser Fehler wächst mit der Hangneigung und dem von der Senkrechten aus gemessenen Einfallswinkel des Regens (BAUMGARTNER, 1958).

Zu geringe Niederschlagssmengen resultieren auch aus einer Vernachlässigung des Nebelzuschlages, der nach GRUNOW (1955) und BAUMGARTNER (1958) im Bergwald ganz beachtliche Größenordnungen erreichen kann.

⁺) Im Gesamtforschungsprojekt "Bergmischwald" mit 1.0 bezeichnet.

⁺⁺) Im Gesamtforschungsprojekt "Bergmischwald" mit 1.3 bezeichnet.

Ebenso ist bei einem Verzicht auf Verdunstungsschutz in Form von Öl in den Totalisatoren damit zu rechnen, daß zu niedrige Regenmengen ermittelt werden (BRECHTEL, 1962). Durch wöchentliches Leeren der Regensmesser auf den Versuchspartellen wurde versucht, diesen Fehler in Grenzen zu halten.

Die angewandte Meßmethodik ließ also zu niedrige Niederschlagssummen erwarten. Trotzdem wurde es für zulässig erachtet, die mit diesem Fehler behafteten Niederschlagsmessungen für Vergleiche zwischen den Partellen und innerhalb der einzelnen Partellen heranzuziehen.

4.322 Ergebnisse der Regenmessungen

Ein Vergleich der an der nahegelegenen Klimastation Reit i. Winkel in den Monaten Juni bis September 1981 registrierten Niederschlagsmengen mit den für diese Station vorliegenden langjährigen Mittelwerten (DEUTSCHER WETTERDIENST, WETTERAMT MÜNCHEN, 1975) ermöglicht zunächst eine Beurteilung der Niederschlagsverhältnisse im Untersuchungsgebiet in diesem Zeitraum. Danach betrug im Jahr 1981 der prozentuale Anteil des Niederschlages im langjährigen Mittel an der Klimastation Reit i. Winkel im Juni 67%, im Juli 149%, im August 110% und im September 97%. Die Niederschlagsmengen im Untersuchungsgebiet in den Monaten August und September kamen also dem langjährigen Mittel sehr nahe. Dagegen sind im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten der Juni als zu trocken und der Juli als erheblich zu feucht einzustufen. Betrachtet man die Gesamtsumme der Niederschläge in den Monaten Juni bis September an der Klimastation Reit i. Winkel, so liegt das Jahr 1981 mit 861 mm etwas über der mit 796 mm anzusetzenden langjährigen Niederschlagssumme für diese Monate.

Über die Niederschlagsverhältnisse auf den Versuchspartellen im Zeitraum Juni bis September 1981 gibt Tab. 16 Auskunft. Aus dieser Tabelle können folgende Befunde abgeleitet werden:

- Selbst im trockensten Monat des Untersuchungszeitraumes, im Juni 1981, gelangten auf den dicht beschirmtesten Stellen der Versuchspartellen noch Regenmengen von über 100 mm auf den Boden.
- Die Unterschiede von Partelle zu Partelle in den Gesamtmengen der Niederschläge in den Monaten Juni bis September waren sehr groß. Während auf der unbeschirmten Partelle mit einer Regenmenge von 887 mm nur geringfügig mehr Niederschlag zu verzeichnen war als an der Klimastation Reit im Winkel, wurde auf der vollbeschirmten Partelle mit 599 mm infolge von Interzeption durch Baumkronen deutlich weniger Niederschlag aufgefangen. Betrachtet man nur die Mittelpunkte der Lochhiebpartellen (Meßstelle 3), so zeigt sich, daß die Loch-

PARZELLE	Meßpunkt Nr.	MM NIEDERSCHLAG IM JAHR 1981 IM ZEITRAUM ⁺⁾						
		Juni	Juli	August	September	Mai bis Sept.	Mai bis Sept. in % der unbeschirmten Freifläche	Mai bis Sept. in % des jeweiligen Meßpunktes 3 (Mitte!)
unbeschirmt	-	152	336	226	173	887	100	-
vollbeschirmt	-	103	204	172	120	599	68	-
I	1	121	303	185	136	745	84	86
	2	148	325	211	170	854	96	99
	3	147	337	212	167	863	97	100
II	1	114	267	179	132	692	78	85
	2	123	272	175	124	694	78	85
	3	137	310	210	155	812	92	100
	4	138	315	210	157	820	92	101
	5	132	298	206	147	783	88	96
	6	119	263	207	141	730	82	90
	7	133	312	207	154	806	91	99
	8	137	304	201	153	795	90	98
	9	101	252	176	121	650	73	80
III	1	139	347	184	167	837	-	83
	2	174	361	226	203	964	-	96
	3	189	375	234	209	1007	-	100
	4	189	375	236	210	1010	-	100
	5	189	361	231	210	991	-	98
	6	142	344	180	156	822	-	82
	7	191	372	235	206	1004	-	100
	8	188	374	234	209	1005	-	100
	9	182	355	217	191	945	-	94
IV	1	147	448	283	184	1062	-	105
	2	137	409	239	175	960	-	95
	3	145	424	253	186	1008	-	100
	4	143	424	248	181	996	-	99
	5	131	438	238	160	967	-	96
	6	130	432	189	130	881	-	87
	7	144	424	238	183	989	-	98
	8	143	418	245	192	998	-	99
	9	140	416	231	167	954	-	95

Tab. 16: Die Monatssummen der Regenmengen (mm) auf den Partellen "unbeschirmt" und "vollbeschirmt", sowie an den verschiedenen Meßpunkten auf den Lochhiebpartellen im Jahr 1981. Lage der Meßpunkte s. Abb. 11.

^{+) Die Monatssummen gelten für folgende Zeiträume}

Juni	Juli	August	September
1.6.-29.6.	- 3.8.	- 31.8.	- 5.10.

hiebpartellen I und II mit 863 mm bzw. 812 mm die Menge des Freiflächen-niederschlags nicht ganz erreichten (97% bzw. 92% des Freiflächen-niederschlags). Auf den Lochhiebpartellen III und IV wurden mit 1007 mm bzw. 1008 mm größere Regenmengen als auf den übrigen Partellen gemessen. Dies ist im wesentlichen auf die höhere Lage dieser Partellen über NN zurückzuführen.

- Innerhalb der einzelnen Lochhiebpartellen traten größere Unterschiede in der auf den Boden gelangenden Regenmenge auf. Setzt man die Niederschlagsmenge, die der jeweilige Mittelpunkt der einzelnen Lochhiebpartelle erhielt, gleich 100 Prozent, so bewegen sich die Niederschlagsmengen auf der Partelle I zwischen

86% und 100%, auf der Parzelle II zwischen 85% und 101%, auf der Parzelle III zwischen 82% und 100% und auf der Parzelle IV zwischen 87% und 105%. Um eine ungefähre Vorstellung von der räumlichen Niederschlagsverteilung zu erhalten, wurden die in Abb. 14 wiedergegebenen Niederschlagskarten für die Lochhiebpärzellen II, III und IV entworfen. Die Linien gleicher Regenmenge (Isohyeten) ergaben sich dabei aus den in den Monaten Juni bis September auf den neun Meßstellen registrierten Niederschlagsmengen und daraus abgeleiteten interpolierten Werten.

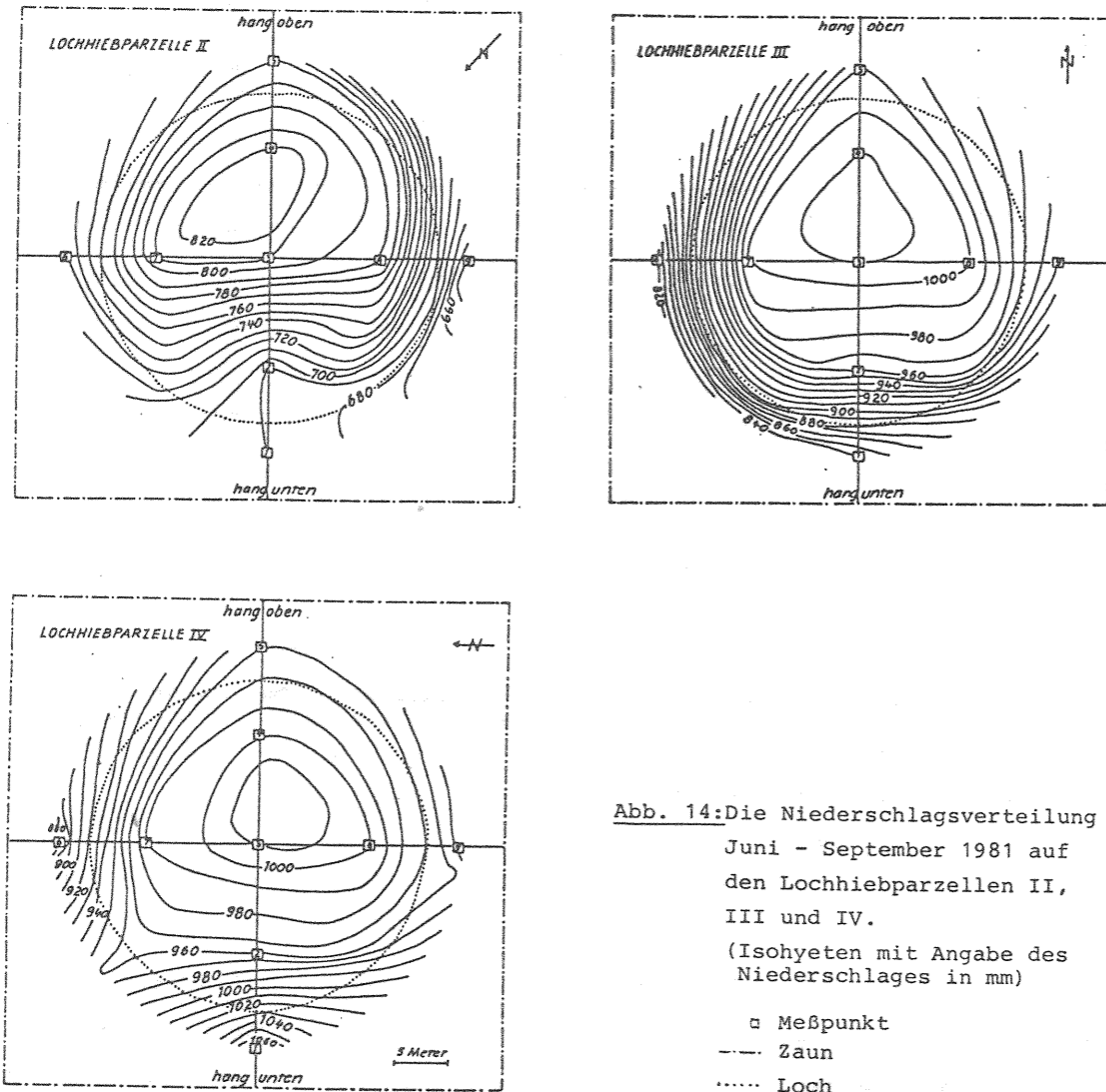


Abb. 14: Die Niederschlagsverteilung Juni - September 1981 auf den Lochhiebpärzellen II, III und IV. (Isohyeten mit Angabe des Niederschlages in mm)

Aus Abb. 14 ist ersichtlich, daß sich die Linien gleicher Niederschlagsmenge nicht konzentrisch um den Lückenmittelpunkt verteilen. Sie sind auf der Lochhiebpärzelle II nach links oben (Osten), auf der Parzelle III nach rechts oben (Nordosten) und auf der Parzelle IV nach rechts oben (Südosten) verschoben. Auf allen drei Pärzellen erhält also der hangoben gelegene Bestandesrand mehr Niederschlag als die hangunten, links oder rechts gelegenen Bestandesränder.

Eine Ausnahme scheint der hangunten gelegene Bestandesrand der Pärzelle IV zu machen. Hier wurde mit Abstand die höchste Regenmenge registriert. Dies ist jedoch darauf zurückzuführen, daß der Regennmesser im Traufbereich einer Fichte stand. Die gemessene Niederschlagsmenge kann deshalb für den unteren Bestandesrand nicht als repräsentativ gelten. Die Isohyeten im Bereich des unteren Bestandesrandes geben somit ein verzerrtes Bild wieder.

In einer Regressionsrechnung wurde geprüft, ob die Niederschlagsverteilung auf den Lochhiebpärzellen durch die relative Beleuchtungsstärke charakterisiert und somit die relative Beleuchtungsstärke als ökologischer Indikator verstanden werden kann. Dazu wurden zunächst die von Juni bis September 1981 auf den Lochhiebpärzellen gemessenen Regenmengen in Abhängigkeit von den über den Regennmessern erhobenen relativen Beleuchtungsstärken aufgetragen (s. Abb. 15).

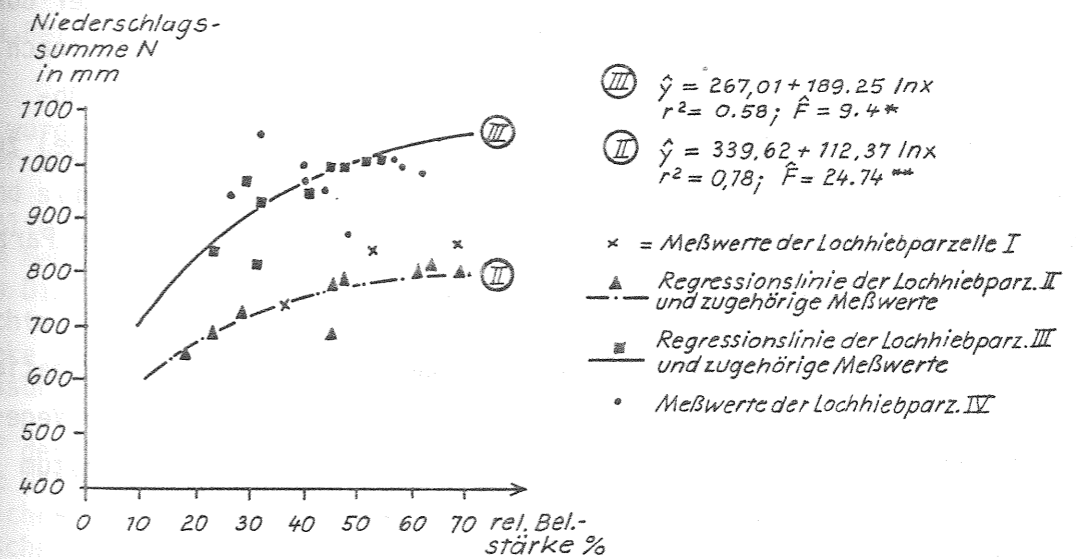


Abb. 15: Der Regenniederschlag im Zeitraum Juni bis September 1981 auf den Lochhiebpärzellen in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke.

Die graphische Darstellung ließ keinen Zusammenhang zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Regenmenge auf der Lochhiebpazelle IV erkennen. Auf der Lochhiebpazelle I konnten die wenigen Meßwerte kein vollständiges Bild ergeben. Dagegen deutete sich auf den Lochhiebpazellen II und III ein Zusammenhang zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Niederschlagsmenge an.

Dieser Zusammenhang konnte auf beiden Pazellen mit Hilfe von logarithmischen Ausgleichsfunktionen beschrieben werden. Für die Ausgleichsfunktion der Pazelle II errechnete sich ein Bestimmtheitsmaß von 0,78; in der varianzanalytischen Prüfung erwies sich die Beziehung als hochsignifikant (Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,01$). Auch die Funktion der Pazelle III hatte immerhin noch ein Bestimmtheitsmaß von 0,58; die Beziehung konnte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ abgesichert werden.

Die Berechnungen zeigen, daß statistische Zusammenhänge zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Niederschlagsverteilung bestehen. Die relative Beleuchtungsstärke kann also die Niederschlagsverteilung charakterisieren. Sie kann dies allerdings nicht immer gleich gut, weil andere, in der vorliegenden Untersuchung nicht erfaßte Faktoren, wie z.B. die Windrichtung und die Windstärke, in den Vordergrund treten und die Beziehung Regenmenge in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke überdecken können. So ist auf der Pazelle IV neben der durch Traufwirkung entstandenen größeren Abweichung vom übrigen Datenkollektiv nach oben (31% relative Beleuchtungsstärke und 1062 mm Regenmenge) auch eine Abweichung nach unten (40% relative Beleuchtungsstärke und 881 mm Regenmenge) zu verzeichnen, die sicher durch Windabschattung zu erklären ist. Auch beim Zustandekommen der größeren Abweichungen von den Ausgleichskurven auf den Pazellen II und III ist sicherlich Windeinwirkung beteiligt.

Die gefallenen Regenmengen und die Verteilung der Regenmengen über die Vegetationsperiode lassen den Schluß zu, daß der Regenniederschlag während der ganzen Vegetationszeit auf allen Stellen der Lochhiebe ausreicht, um ein Pflanzenwachstum zu ermöglichen. Der Regenniederschlag ist deshalb auf den untersuchten Lochhieben kein begrenzender Faktor für das Pflanzenwachstum.

4.33 Der Schneeniederschlag

4.331 Das Schneemeßprogramm

Bereits im Winter 1978/79 hatte BERTHOLD (1980) ein umfangreiches Schneeprogramm auf ausgewählten Bergmischwald-Versuchspazellen durchgeführt. Seine Untersuchungen lieferten wertvolle Informationen über die Schneeverhältnisse auf den verschieden überschirmten Pazellen. Die Lochhiebpazellen waren dabei jedoch nur am Rande behandelt worden (1 Schneepegel auf Lochhiebpazelle I, 6 Schneepegel auf Lochhiebpazelle II, keine Meßlinien). Im Winter 1981/82 wurde nun in einem eigenen Schneeprogramm das Augenmerk verstärkt auf die Lochhiebpazellen gerichtet.

4.331.1 Die Schneesondenmessungen

Für Schneesondenmessungen entlang von Meßlinien kamen nur die Lochhiebpazellen I und II in Frage, da sie mit noch vertretbarem Aufwand auch bei hoher Schneelage zu erreichen sind. Die Lochhiebpazellen III und IV schieden wegen zu langer Anmarschwege aus. Eine vollbeschrimte ^{+) und eine unbeschrimte ^{++) Pazelle wurden in das Schneesondenmeßprogramm einbezogen, um Vergleiche mit den Befunden der beiden Lochhiebpazellen anstellen zu können.}}

Es wurden insgesamt sechs 45 m lange Meßlinien ausgewählt, die mit Hilfe von 2m über dem Boden gespannten Schnüren fest vermarktet wurden. Je eine Meßlinie befand sich auf der vollbeschrimten und eine auf der unbeschrimten Pazelle. Die Meßlinien dieser Pazellen decken sich mit den von BERTHOLD (1980) festgelegten Meßlinien. Auf jeder der beiden Lochhiebpazellen wurden zwei Meßlinien in den Diagonalen vermarktet. Eine Meßlinie verlief vom linken unteren Zauneck ins rechte obere Zauneck der Pazelle, die andere vom rechten unteren Zauneck ins linke obere Zauneck. Die Diagonallinien wurden, wie schon bei den Beleuchtungs-messungen (s. Kap. 4.232.1), mit D1 und D2 bezeichnet.

Auf den sechs Meßlinien wurden jeweils zehn Einzelmeßpunkte im Abstand von 5 m mit Hilfe von an den Meßlinienschnüren angebrachten farbigen Bändern gekennzeichnet. Unter Beachtung der von BRECHTEL und DÖRING (1977) gegebenen methodischen Hinweise wurde auf diesen Einzelmeßpunkten im Winter 1981/82 wöchentlich, und zwar immer am Dienstag, mit der Schneesonde "München" die Schneehöhe und das Schneegewicht bestimmt. Die Schneesonde "München", die detailliert von MAYER, He. (1980) beschrieben wird, ähnelt in ihrem Aufbau der Sonde

^{+) Im Gesamtforschungsprojekt mit 1.0 und}

^{++) 1.3 bezeichnet.}

"Vogelsberg Typ C" (BRECHTEL, 1969). Bei der Schneesonde "München" ist das ca. 1,30 m lange Schneeausstechrohr im Gegensatz zur Sonde "Vogelsberg" nicht aus Kunststoff, sondern aus Aluminium gefertigt, und hält dadurch auch stärkerer Beanspruchung stand. Eine innen und außen aufgebrachte Teflonbeschichtung verhindert das Anfrieren von Schnee. Auf der Außenseite des Ausstechrohres befindet sich eine Skala, an der die Schneehöhe H_s , worunter nach BRECHTEL und BALÁZS (1976) die vertikale Mächtigkeit der Schneedecke in cm zu verstehen ist, abgelesen werden kann. Zur Bestimmung des Gewichtes der ausgestochenen Schneesäule wird die Sonde in einen Bügel gelegt und mit einer Federwaage gewogen. Als Differenz aus dem festgestellten Gewicht und dem bekannten Gewicht der leeren Sonde einschließlich des Bügels ergibt sich das Schneegewicht.

Nach der folgenden Formel errechnet sich daraus das Wasseräquivalent W_s , worunter das feste, flüssige oder gasförmige Wasser, das in der Schneedecke gebunden ist, zu verstehen ist, und das als Wasserhöhe über einer horizontalen Fläche ausgedrückt wird (mm oder l/m^2).

$$W_s = \frac{G}{A \cdot \gamma} \quad \text{mit } \gamma \approx 1 \text{ g/cm}^3 \quad (\text{BRECHTEL, 1969})$$

wobei:

- G = Gewicht der ausgestochenen Schneesäule
- A = Querschnittsfläche des Schneerohres (Innendurchmesser des Ausstechrohres = 5,55 cm \rightarrow A = 24,19 cm^2)
- γ = spezifisches Gewicht des Wassers

Die Schneedichte ρ_s der Schneedecke kann nach folgender Formel hergeleitet werden:

$$\rho_s = \frac{M}{V} \quad (\text{BRECHTEL, 1969})$$

wobei:

- M = Masse der ausgestochenen Schneesäule (das Schneegewicht angegeben als Menge i.S. eines Wäageergebnisses, wird als Größe von der Art der Masse betrachtet)
- V = Volumen der ausgestochenen Schneesäule.

Die so bestimmte Schneedichte ρ_s ist identisch mit der von BRECHTEL und BALÁZS (1976) angegebenen Lagerungsdichte D, die als dimensionsloser Dezimalbruch ausgedrückt, das Verhältnis Wasseräquivalent zu Schneedeckenhöhe wiedergibt

$$(D = \frac{W_s}{H_s}).$$

4.331.2 Die Schneehöhenmessungen an Schneepegeln

Lieferten schon die Schneesondenmessungen 20 Schneehöhenwerte pro Meßtermin für jede der beiden Lochhiebparzellen, so schien es dennoch angebracht, weitere Schneehöhenwerte zur Beschreibung der Variation der Schneehöhe auf den Lochhiebparzellen I und II zu gewinnen.

Zu diesem Zweck wurden auf den Lochhiebparzellen I und II jeweils 20 hölzerne Schneepegel aufgestellt. Wie Abb. 17 schematisch zeigt, wurden 16 Schneepegel

in Kreuzform, und zwar außerhalb des Pflanzungsareals (s. Abb. 5), angeordnet. Weitere vier Schneepegel wurden in den vier Zaunecken jeder Parzelle in der Verlängerung der Schneesondenmeßlinien installiert. Die Ablesung der Schneepegel erfolgte im Winter 1981/82 wöchentlich einmal, und zwar immer am Montag. Die Schneepegel, auf denen eine Einteilung in 10 cm Stufen angebracht war, wurden aus einiger Entfernung meist unter Zuhilfenahme eines Fernglases Schneedeckenparallel angepeilt. So konnte eine Störung der Schneedecke im Bereich der Schneepegel vermieden werden.

4.331.3 Die Schneegleitmessungen

Die Schneegleitbewegungen auf allen vier Lochhiebparzellen und einer vollbeschränkten ⁺) und einer unbeschränkten ⁺⁺) Parzelle wurden im Winter 1981/82 mit Hilfe von Schneegleitmessungen erfaßt.

Die von IN DER GAND (1954) entwickelten Schneegleitmesser, die mit frdl. Genehmigung nachgebaut wurden, beruhen auf einem einfachen Prinzip: Auf einem kleinen Schlitten aus Aluminium ist eine Spule mit dünnem Stahldraht montiert. Das Ende des Drahtes wird im Gelände mit Hilfe eines Nagels im Boden verankert. Wirkt nun eine Kraft (Schnees Schub) auf den Schlitten ein, gibt die Spule den Draht frei. Aus der Länge des ausgezogenen Drahtes kann am Ende des Winters nach Ausapern der Fläche summarisch auf die Schneegleitbewegungen geschlossen werden.

Auf jeder der sechs Parzellen wurden 14 Schneegleiter ausgebracht. Auf den Parzellen "unbeschränkt" und "vollbeschränkt" wurden sie zufällig verteilt, auf den Lochhiebparzellen wurden sie in Kreuzform angeordnet. Es wurde darauf geachtet, daß sich oberhalb und unterhalb der Ausbringungsstellen keine Hindernisse, wie z.B. Bäume, Stöcke, Steine oder größere Verjüngungspflanzen befanden. Die für die unmittelbare Umgebung des Schneegleiters geltende Hangneigung wurde bestimmt.

4.331.4 Die Erstellung von Ausaperungskarten

Es war von Interesse, ob innerhalb der Lochhiebparzellen Unterschiede im Ausaperungszeitpunkt auftreten, und wenn ja, ob sich diese Unterschiede in verschiedenen Jahren in gleicher Weise zeigen. Es wurden deshalb im Spätwinter der Jahre 1980, 1981 und 1982 die Lochhiebparzellen I und II mehrfach aufgesucht und der Stand der Ausaperung in Form von Ausaperungskarten festgehalten.

⁺) Im Gesamtforschungsprojekt "Bergmischwald" mit 2.0 bezeichnet. Die Parzelle 2.0 liegt ca. 70 m höher als die Parzelle 1.0. Sie weist mit 76% einen höheren Beschirmungsgrad als die Parzelle 1.0 (68%) auf. Mit einer Hangneigung von 31° wurde sie für Schneegleitmessungen für geeigneter erachtet als die Parzelle 1.0, die mit einer Hangneigung von 20° kaum Schneegleitbewegungen erwarten ließ.

⁺⁺) Im Gesamtforschungsprojekt "Bergmischwald" mit 1.3 bezeichnet.

4.332 Ergebnisse des Schneemeßprogrammes

4.332.1 Die Schneedeckenhöhen

Der Winter 1981/82 war ein ausgesprochener "Maximum"-Winter. An 174 Tagen ⁺⁾ wurde an der nahegelegenen Klimastation Reit im Winkl eine Schneedecke von mindestens 0 cm ⁺⁺⁾ registriert. Das ist ein Monat länger als es dem langjährigen Mittel von 143 Tagen an der Klimastation Reit im Winkl entspricht. Auch die mittlere jährliche Schneedeckenhöhe lag mit 87 cm ⁺⁾ deutlich über dem von CASPAR (1962) für Reit im Winkl angegebenen langjährigem Mittel von 54 cm.

Die Entwicklung der Schneehöhe H_s im Winter 1981/82 auf den Versuchspartellen zeigt Abb. 16.

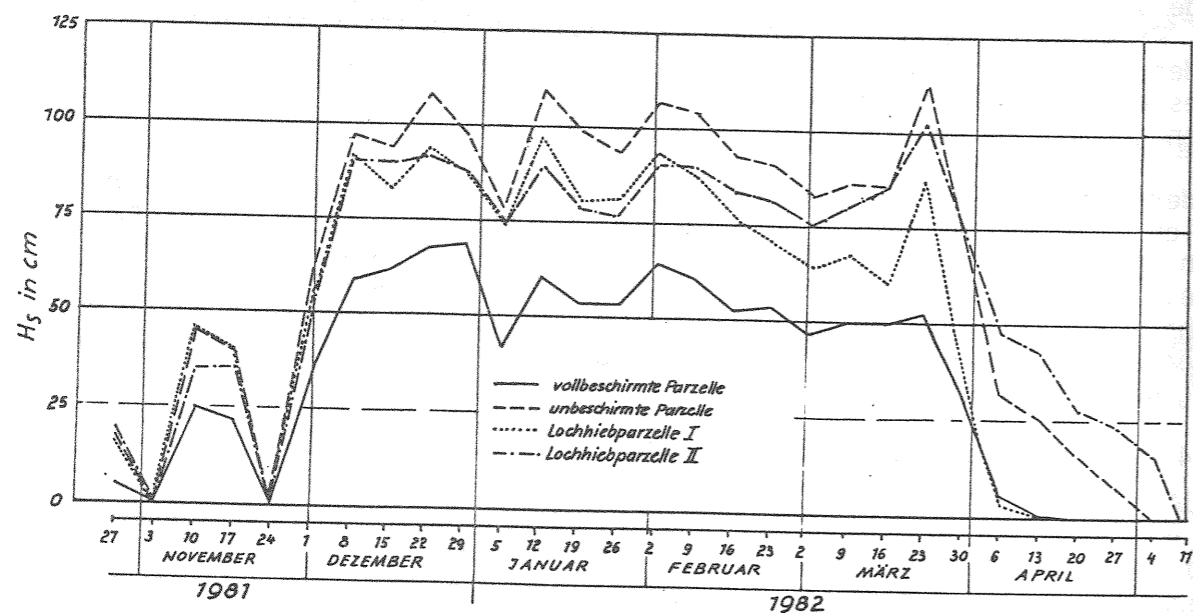


Abb. 16: Die Entwicklung der Schneehöhe H_s während des Winters 1981/82 auf einer vollbeschränkten und einer unbeschränkten Parzelle, sowie auf den Lochhiebparzellen I und II. (Schneehöhen hergeleitet aus den zu jedem Meßtermin vorgenommenen 10 Einzelmessungen mit der Schneesonde "München"; für die Lochhiebparzellen I und II wurde jeweils die Meßlinie D1 zu Grunde gelegt)

⁺⁾ Errechnet aus den Klimadaten der Station Reit im Winkl, WETTERAMT MÜNCHEN

⁺⁺⁾ Nach CASPAR (1962) wird die Höhe mit 0 bezeichnet, wenn die Schneedeckenhöhe kleiner als 0,5 cm ist, oder die Schneedecke weniger als die Hälfte der Erdoberfläche in der Umgebung der Meßstelle bedeckt.

Nach frühen Schneefällen im Oktober aperten die Versuchspartellen wieder aus. Eine bis Mitte November aufgebaute Schneedecke konnte sich ebenfalls nicht halten. Erst Ende November einsetzende Schneefälle schufen eine mächtige Schneedecke, die noch Ende März auf allen Versuchsflächen erhalten war. Während die letzte Schneedeckenperiode ⁺⁾ auf der vollbeschränkten Parzelle und der Lochhiebparzelle I Anfang April zu Ende ging, dauerte sie auf der unbeschränkten Parzelle und der Lochhiebparzelle II noch ca. 3 Wochen länger.

Die unbeschränkte Fläche wies durchweg größere Schneehöhen als die vollbeschränkte Parzelle auf. Dazwischen lagen die beiden Lochhiebparzellen. Dies kommt auch in den Tab. 17 angegebenen mittleren Schneedeckenhöhen ⁺⁺⁾ zum Ausdruck. Die größte mittlere Schneedeckenhöhe mit 71,7 cm hatte die unbeschränkte Parzelle, die kleinste mittlere Schneedeckenhöhe mit 45,0 cm die vollbeschränkte Parzelle. Mit mittleren Schneedeckenhöhen zwischen 61,2 cm und 68,2 cm erreichten die Lochhiebparzellen nicht ganz den Wert der unbeschränkten Parzelle. Die gleiche Abstufung wie bei den mittleren Schneedeckenhöhen ist bei den maximalen Schneedeckenhöhen zu erkennen.

Die auf den einzelnen Versuchspartellen unterschiedliche Zahl der Tage mit einer Schneedecke ≥ 1 cm ⁺⁺⁺⁾ kommt durch den unterschiedlichen Ausaperungsprozeß zustande, auf den bereits bei der Besprechung der Abb. 16 hingewiesen wurde.

Die zeitlichen Variationskoeffizienten liegen auf allen Partellen in einem relativ engen Rahmen von 38% bis 49%.

⁺⁾ Unter Schneedeckenperiode versteht man nach CASPAR (1962) einen Zeitabschnitt von ununterbrochen aufeinanderfolgenden Schneedeckentagen.

⁺⁺⁾ Die mittlere Schneedeckenhöhe, für Monate oder beliebige Zeitabschnitte, wird nach CASPAR (1962) dadurch ermittelt, daß die Summe der Schneehöhen der einzelnen Tage durch die Zahl der Tage mit Schneedecke dividiert wird. Davon zu unterscheiden ist die mittlere Schneehöhe, die sich ergibt, wenn die Schneedeckenhöhen summe durch die Gesamtzahl der Monatstage geteilt wird. Die in Tab. 17 angegebenen mittleren Schneedeckenhöhen wurden aus den Schneesondenmessungen wie folgt hergeleitet: Die Schneehöhen aller Termine, an denen das Mittel der 10 Einzelmessungen mindestens 1 cm betrug, wurden aufsummiert und durch die Anzahl dieser Termine geteilt.

⁺⁺⁺⁾ Die Zahl der Tage ergibt sich, einem Vorschlag von BRECHTEL und BALÁZS (1976) folgend, wenn zu den Wochen mit einer Schneehöhe von mindestens 1 cm noch 4 Tage hinzugezählt werden.

PARZELLE	Meß- linie	Mittlere Schnee- deckenhöhe H _s in cm	Variations- koeffizient in %	Maximale Schnee- deckenhöhe H _s max. in cm	Zahl der Tage mit einer Schnee- decke ≥ 1 cm
unbe- schirmt	-	71,7	49	113	186
vollbe- schirmt	-	45,0	46	69	165
I	D 1	67,7	38	97	158
	D 2	61,2	44	95	165
II	D 1	68,2	41	103	186
	D 2	66,2	47	103	179

Tab. 17: Die mittleren Schneedeckenhöhen, die Variationskoeffizienten, die maximalen Schneedeckenhöhen und die Zahl der Tage mit einer Schneedecke ≥ 1 cm auf den verschiedenen Versuchsparzellen.

MONAT	VARIATIONSKOEFFIZIENTEN (%) DER SCHNEEHÖHE AUF DER PARZELLE											
	vollbeschrmt			unbeschrmt			I			II		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
Dezem- ber 81	6	10	8	8	13	11	8 (14)	18 (18)	12 (16)	14 (13)	17 (18)	16 (16)
Januar 82	9	13	11	15	19	18	17 (15)	20 (28)	18 (21)	25 (16)	34 (17)	29 (17)
Februar 82	11	16	13	17	21	19	17 (29)	30 (49)	22 (38)	25 (18)	33 (20)	29 (19)
März 82	18	31	22	28	55	37	25 (48)	52 (84)	34 (63)	34 (19)	52 (37)	39 (25)
April 82	-	-	-	114	164	138	- (-)	- (-)	- (-)	96 (-)	127 (-)	114 (-)

Tab. 18: Die räumlichen Variationskoeffizienten in den Monaten Dezember 1981 bis April 1982 auf den verschiedenen Versuchsparzellen. Die Werte auf den Lochhiebparzellen I und II stammen von der Meßlinie D1; in Klammern werden die Werte von der Meßlinie D 2 angegeben.

Dagegen sind bei den in Tab. 18 dargestellten räumlichen Variationskoeffizienten +) große Unterschiede zwischen den Parzellen zu erkennen. Während auf der vollbeschrmtten und der unbeschrmtten Parzelle nur im Spätwinter höhere Variationskoeffizienten auftraten - also in einer Phase des Ausaperungsprozesses, in der die Schneedecke meist nicht mehr geschlossen war - sind auf den Lochhiebparzellen auch im Hochwinter sehr hohe Variationskoeffizienten zu verzeichnen.

Legt man die folgende von BRECHTEL und BALÁZS (1976) angegebene einfache Schätzformel zugrunde:

$$n \sim 0,03 c^2 \quad \text{für } \alpha = 0,1 \quad \text{und } e = 0,1$$

worin

- n = die Zahl der theoretisch notwendigen Stichproben
- c = der Variationskoeffizient in %
- α = die Irrtumswahrscheinlichkeit
- e = das Fehlerprozent,

so errechnet sich bei einer Stichprobenzahl von 10 ein Variationskoeffizient von etwas über 18%. Auf der vollbeschrmtten und der unbeschrmtten Parzelle wurde dieser Prozentsatz bis in den März hinein nicht wesentlich überschritten. Es haben also 10 Stichproben ausgereicht, um mit einer gewählten Irrtumswahrscheinlichkeit von α = 0,05 repräsentative Mittelwerte mit einem Fehler von 10% zu bestimmen.

Dagegen traten auf den Lochhiebparzellen bereits im Januar und Februar diesen Prozentsatz deutlich übersteigende Variationskoeffizienten auf. Die räumliche Variation der Schneedecke auf den Lochhiebparzellen war also schon im Hochwinter zu groß, als daß zehn Stichproben ausgereicht hätten, um repräsentative Mittelwerte zu erzielen.

Dies gab Veranlassung, für jeden einzelnen Meßpunkt der Lochhiebparzellen I und II (20 Sondenmeßpunkte und 20 Pegelmeßpunkte auf jeder Parzelle) die mittlere

+) Der räumliche Variationskoeffizient (Standardabweichung in % des arithmetischen Mittels) wurde für jeden Meßtermin und für jede Meßlinie hergeleitet aus den jeweils 10 mit der Schneesonde vorgenommenen Messungen. Nach BRECHTEL und BALÁZS ist er ein Maß für die räumliche Variabilität der Schneehöhe (bzw. auch des Wasseräquivalents).

Schneedeckenhöhe \bar{H}_S zu berechnen. Aus diesen mittleren Schneedeckenhöhen und daraus abgeleiteten interpolierten Werten ließen sich die in Abb. 17 dargestellten Karten der Schneedeckenhöhenverteilung zeichnen, die ein anschauliches Bild von der räumlichen Variation der Schneedeckenhöhe auf den beiden Lochhiebpärzellen geben. Die Linien gleicher mittlerer Schneedeckenhöhe sind nicht konzentrisch um den Lückenmittelpunkt angeordnet, sondern auf der Lochhiebpärzelle I nach SO und auf der Lochhiebpärzelle II nach S verschoben. Diese Verschiebungen dürften auf Schneeverwehungen und den Einfluß der direkten Sonnenstrahlung zurückzuführen sein.

Inwieweit die räumliche Variation der mittleren Schneedeckenhöhe auf den Lochhiebpärzellen durch die relative Beleuchtungsstärke, die ein Maß für die Überschildung darstellt, beschrieben werden kann, wurde in Regressionsrechnungen überprüft.

Das Ergebnis zeigt die Abb. 18. Danach ist auf beiden Pärzellen eine hochsignifikante lineare Beziehung zwischen relativer Beleuchtungsstärke und mittlerer Schneedeckenhöhe festzustellen. Das Bestimmtheitsmaß beträgt auf der Lochhiebpärzelle I 60% und auf der Pärzelle II 75%. Bei der Berechnung der Regressionsgeraden ⁺⁾ fiel auf, daß besonders niedrige Werte der mittleren Schneedeckenhöhe nicht zufällig über die Lochhiebpärzellen verteilt waren, sondern Bereiche abzugrenzen waren, in denen diese Werte vorkamen. Auf der Lochhiebpärzelle I war es ein Bereich, der links (nordwestlich) von der Kreuzlinie K_1 (s. Kap. 4.132.3) lag, auf der Pärzelle II der Bereich, der links unterhalb (nördlich) von der Diagonallinie D_2 lag. Diese Bereiche zeichneten sich dadurch aus, daß sie zuerst ausaperten (s. Kap. 4.332.5). Wurden auf jeder Lochhiebpärzelle für die Meßstellen, die sich in diesem Bereich befanden ⁺⁺⁾, und für die übrigen Meßstellen getrennte Regressions berechnet, so ergaben sich neue Regressionslinien. Diese unterschieden sich von der Regressionslinie der Gesamtpärzelle nur im Achsenabschnitt, nicht jedoch in der

+) Es wurden auch nicht-lineare Ausgleichsfunktionen ausprobiert, die jedoch keine höheren Bestimmtheitsmaße als die linearen Ausgleichsfunktionen erbrachten.

++) Ausgenommen von dem Bereich waren auf der Lochhiebpärzelle I die beiden Meßstellen auf der Diagonallinie D_1 , die am weitesten in westlicher Richtung im Bestand lagen. Auf beiden Lochhiebpärzellen wurden somit jeweils 14 Meßstellen dem früh ausaperten Bereich zugeordnet.

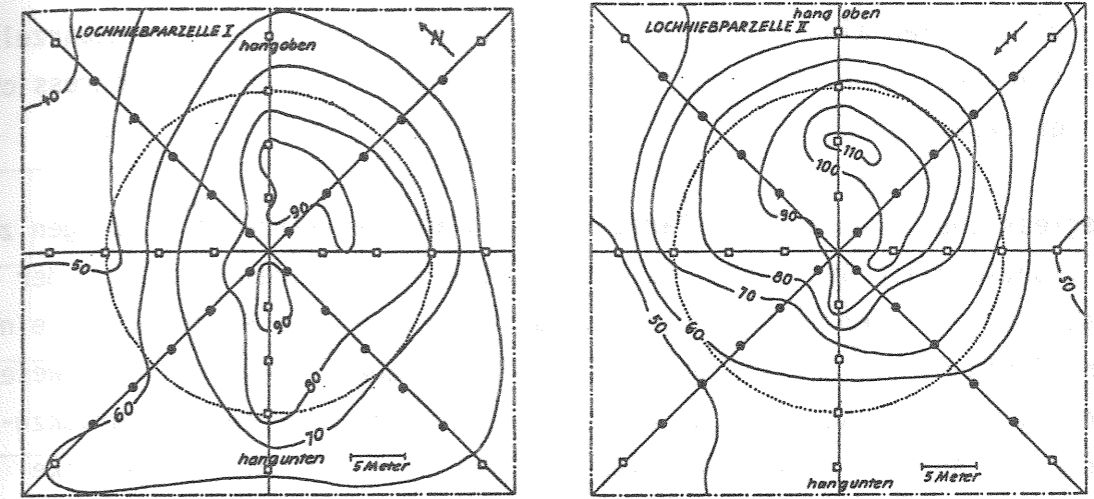
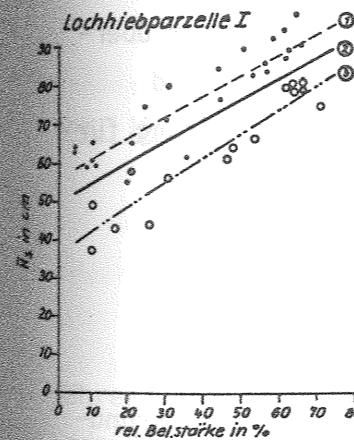


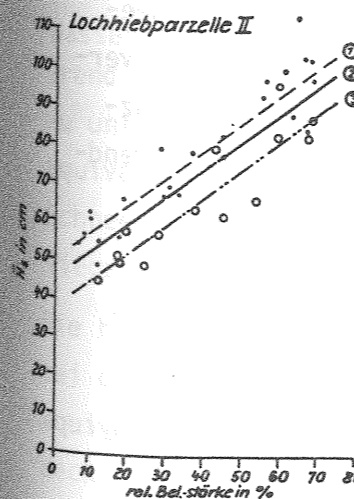
Abb. 17: Die Schneedeckenhöhenverteilung auf den Lochhiebpärzellen I und II im Winter 1981/82.

(Linien gleicher mittlerer Schneedeckenhöhe \bar{H}_S mit Angabe der Schneehöhe in cm).

- — — — — Zaun
- Loch
- Schneepegelmeßpunkt
- Schneesondenmeßpunkt



- 1 Die mittlere Schneedeckenhöhe \bar{H}_S auf dem spät ausaperten Teil der Pärzelle:
 $\hat{y} = 55,22 + 0,532x$; $r^2 = 0,80$; $F = 90,62^{++}$
- 2 Die mittlere Schneedeckenhöhe \bar{H}_S auf der Gesamtpärzelle:
 $\hat{y} = 49,87 + 0,529x$; $r^2 = 0,60$; $F = 57,05^{++}$
- 3 Die mittlere Schneedeckenhöhe \bar{H}_S auf dem früh ausaperten Teil der Pärzelle:
 $\hat{y} = 35,88 + 0,618x$; $r^2 = 0,88$; $F = 90,54^{++}$



- 1 Die mittlere Schneedeckenhöhe \bar{H}_S auf dem spätausaperten Teil der Pärzelle:
 $\hat{y} = 49,34 + 0,722x$; $r^2 = 0,85$; $F = 139,52^{++}$
- 2 Die mittlere Schneedeckenhöhe \bar{H}_S auf der Gesamtpärzelle:
 $\hat{y} = 45,18 + 0,722x$; $r^2 = 0,76$; $F = 111,79^{++}$
- 3 Die mittlere Schneedeckenhöhe \bar{H}_S auf dem früh ausaperten Teil der Pärzelle:
 $\hat{y} = 37,12 + 0,731x$; $r^2 = 0,82$; $F = 54,86^{++}$

Abb. 18: Die mittlere Schneedeckenhöhe \bar{H}_S im Winter 1981/82 in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke auf den Lochhiebpärzellen I und II.

Steigung^{*)}, liefen also parallel zu der Regressionslinie der Gesamtparzelle. Die Bestimmtheitsmaße lagen stets über dem Bestimmtheitsmaß der Regressionslinie der Gesamtparzelle.

Die Regressionslinien auf der Parzelle I und auf der Parzelle II zeigen zwar einen grundsätzlich ähnlichen Verlauf, doch wird bei einem Vergleich der Regressionskoeffizienten offenkundig, daß die Linien der Parzellen II eine größere Steigung als die Linien der Parzelle I haben. Dies dürfte im wesentlichen auf die unterschiedliche Exposition der beiden Parzellen zurückzuführen sein. Auf der südwestexponierten Parzelle I wird die Schneedecke schneller abgebaut als auf der nordwestexponierten Parzelle II. Dies kommt besonders bei hohen relativen Beleuchtungsstärken (= lockere Überschildung) zum Tragen. Hier hat bei gleicher relativer Beleuchtungsstärke die Parzelle I stets eine geringere mittlere Schneedeckenhöhe als die Parzelle II.

Doch auffälliger als diese Unterschiede zwischen den Parzellen sind die Unterschiede innerhalb der Lochhiebsparzellen. Bei gegebener Höhenlage und Exposition variiert die mittlere Schneedeckenhöhe ganz beträchtlich. Neben der Überschildung sind jedoch noch andere Faktoren, wie die Sonnenscheindauer und die Windverhältnisse, die den Ausaperungsprozeß beeinflussen, von Bedeutung für die räumliche Variation der mittleren Schneedeckenhöhe.

4.332.2 Die Wasseräquivalente der Schneedecke

Die Entwicklung des Wasseräquivalents der Schneedecke während des Winters 1981/82 auf den verschiedenen Versuchsparzellen zeigt die Abb. 19. Die chronologisch angeordneten, wöchentlich ermittelten Mittelwerte des Wasseräquivalents der Schneedecke können ebenso wie die entsprechenden Mittelwerte der Schneedeckenhöhe lediglich Trendverläufe wiedergeben. Eine exakte Erfassung von Vereisungen bzw. freigesetzten Wassermengen ist durch die wöchentlichen Bilanzmessungen nicht möglich (BRECHTEL und BALÁZS, 1976). Doch sind auch die Trendverläufe aufschlußreich.

*) Die Achsenabschnitte und Regressionskoeffizienten wurden nach der von LINDER (1964) und SACHS (1978) beschriebenen Methode verglichen. Ein signifikanter Unterschied wurde konstatiert, wenn der nach dieser Methode errechnete \bar{t} -Wert den für das 5%-Niveau angegebenen tabellierten t -Wert überschritt.

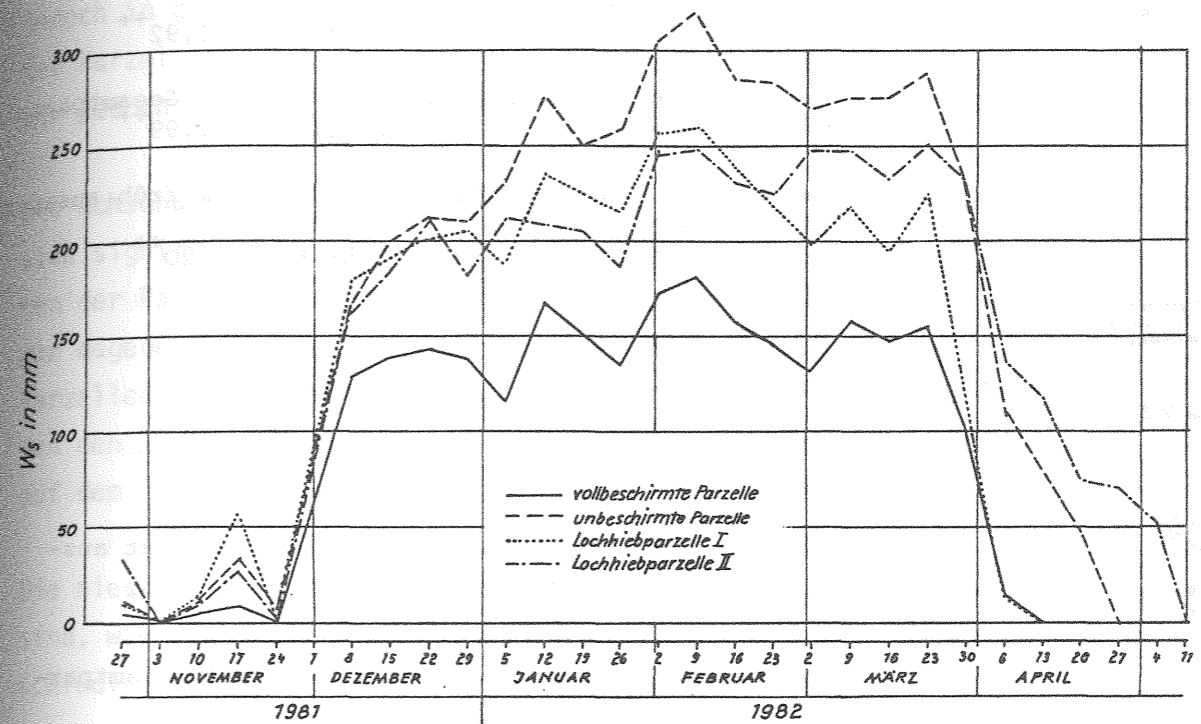
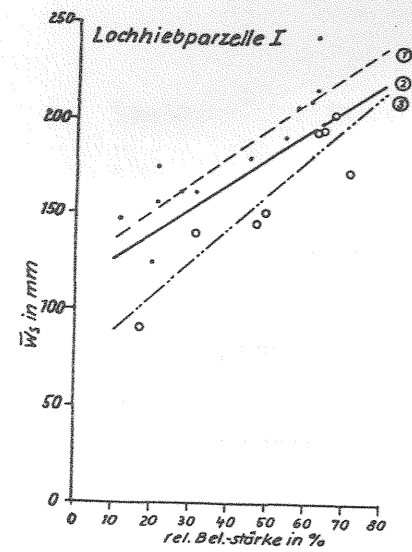


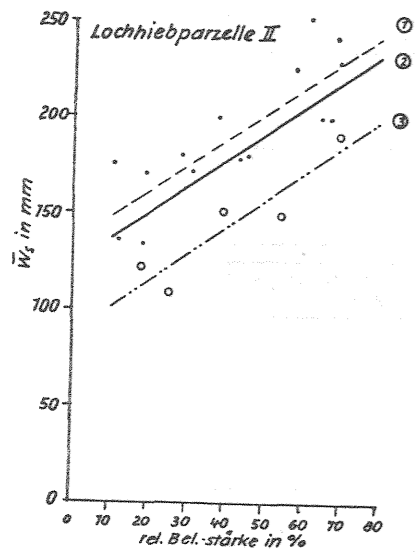
Abb. 19: Die Entwicklung des Wasseräquivalentes der Schneedecke (W_s) während des Winters 1981/82 auf einer vollbeschilderten und einer unbeschilderten Parzelle, sowie auf den Lochhiebsparzellen I und II. (Wasseräquivalente hergeleitet aus den zu jedem Meßtermin vorgenommenen 10 Einzelmessungen mit der Schneesonde "München"; für die Lochhiebsparzellen I und II wurde jeweils die Meßlinie D₁ zu Grunde gelegt)

Während bei der Entwicklung der Schneedeckenhöhe in der von Anfang Dezember bis Ende März reichenden Schneedeckenperiode ein gleichbleibender bis leicht abnehmender Trend festzustellen ist (s. Abb. 16), ist bei der Entwicklung des Wasseräquivalentes in dieser Zeit deutlich ein bis Anfang Februar ansteigender Trend (Akkumulationsperiode) von einem danach abnehmenden Trend (Ablationsperiode) zu unterscheiden (s. Abb. 19). Weiter ist aus Abb. 19 zu ersehen, daß die Wasseräquivalente der Schneedecke auf den beiden Lochhiebsparzellen, wie schon bei den Schneedeckenhöhen, zwischen der vollbeschilderten und der unbeschilderten Parzelle liegen.

Die beiden Lochhiebsparzellen wiesen an den meisten Meßterminen ebenso, wie schon bei den Schneedeckenhöhen, hohe räumliche Variationskoeffizienten des Wasseräquivalentes auf. Es wurde deshalb das mittlere Wasseräquivalent (\bar{W}_s) der Schneedecke für jeden einzelnen Meßpunkt berechnet und in Abb. 20 in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke dargestellt. Der Zusammenhang zwischen re-



- 1 Das mittlere Wasseräquivalent \bar{W}_S auf dem spät ausapernden Teil der Parzelle:
 $\hat{Y} = 121,40 + 1,462x$; $r^2 = 0,76$; $F = 31,92^{++}$
- 2 Das mittlere Wasseräquivalent \bar{W}_S auf der Gesamtparzelle:
 $\hat{Y} = 113,93 + 1,319x$; $r^2 = 0,56$; $F = 22,99^{++}$
- 3 das mittlere Wasseräquivalent \bar{W}_S auf dem früh ausapernden Teil der Parzelle:
 $\hat{Y} = 70,75 + 1,781x$; $r^2 = 0,85$; $F = 33,20^{++}$



- 1 Das mittlere Wasseräquivalent \bar{W}_S auf dem spät ausapernden Teil der Parzelle:
 $\hat{Y} = 135,72 + 1,326x$; $r^2 = 0,69$; $F = 28,82^{++}$
- 2 Das mittlere Wasseräquivalent \bar{W}_S auf der Gesamtparzelle:
 $\hat{Y} = 122,99 + 1,356x$; $r^2 = 0,53$; $F = 19,93^{++}$
- 3 Das mittlere Wasseräquivalent \bar{W}_S auf dem früh ausapernden Teil der Parzelle:
 $\hat{Y} = 87,76 + 1,377x$; $r^2 = 0,84$; $F = 15,86^+$

Abb. 20: Das mittlere Wasseräquivalent \bar{W}_S in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke auf den Lochhiebpazellen I und II.

lativer Beleuchtungsstärke und mittlerem Wasseräquivalent erwies sich als hochsignifikant (bzw. in 1 Fall als signifikant). Er konnte mit Hilfe von linearen Ausgleichsfunktionen beschrieben werden. Die für die Gesamtparzelle hergeleiteten Regressionsgleichungen hatten niedrigere Bestimmtheitsmaße als die Funktionen "mittlere Schneedeckenhöhe in Abhängigkeit der rel. Beleuchtungsstärke" (vgl. Abb. 18 und Abb. 20). Wie schon bei den mittleren Schneedeckenhöhen erhöhten sich die Bestimmtheitsmaße, wenn die mittleren Wasseräquivalente nach Meßstellen, die in früh ausapernden Teilen, und Meßstellen, die in spät ausapernden Teilen der Parzellen lagen ⁺), getrennt wurden, und dafür eigene Regressionsgleichungen berechnet wurden.

⁺) Von den 20 Meßstellen in den Diagonalen jeder Lochhiebpazelle fielen auf der Lochhiebpazelle I 8 Meßstellen und auf der Lochhiebpazelle II 5 Meßstellen in den früh ausapernden Bereich.
Beschreibung der Bereiche s. Kap. 4.332.1

Die für Teile der Parzelle berechneten Regressionslinien unterschieden sich von der Regressionslinie der Gesamtparzelle lediglich im Achsenabschnitt, nicht jedoch in der Steigung ⁺), liefen also parallel. Eine Ausnahme machte die Linie 3 der Parzelle I, die eine unterschiedliche Steigung aufwies. Dieser Unterschied war jedoch nur auf dem 5% Niveau nachweisbar, nicht jedoch auf dem 1% Niveau.

Die Achsenabschnitte der Regressionsgleichungen der Parzelle I unterschieden sich signifikant von den Achsenabschnitten der entsprechenden Regressionsgleichungen der Parzelle II. Sie lagen auf Parzelle I stets tiefer. Kein Unterschied war dagegen hinsichtlich der Steigung der Regressionslinien auf den beiden Parzellen festzustellen. Lediglich die Linie 3 der Parzelle I unterschied sich von den Linien der Parzelle II. Dieser Unterschied war jedoch wiederum nur auf dem 5% Niveau, nicht aber auf dem 1% Niveau nachweisbar.

Die niedrigeren mittleren Wasseräquivalente auf Parzelle I gegenüber Parzelle II sind, wie schon die niedrigeren mittleren Schneedeckenhöhen, auf die unterschiedliche Exposition der Parzellen zurückzuführen.

4.332.3 Die Schneedichten

In Abb. 21 ist die Entwicklung der Schneedichte S_S während des Winters 1981/82 auf den verschiedenen Versuchspazellen dargestellt. Auf allen Parzellen ist als Trend ein Anstieg der Schneedichte bis etwa Anfang März festzustellen. Ganz im Gegensatz zu der Entwicklung der Schneehöhe und des Wasseräquivalentes ist bis zu diesem Zeitpunkt keine klare Differenzierung zwischen den einzelnen Parzellen zu erkennen. Erst danach ist auf den verschiedenen Parzellen, bedingt durch verschiedene Ausaperungszeitpunkte, eine unterschiedliche Entwicklung der Schneedichte zu verzeichnen.

Trotz großer räumlicher Variabilität der Schneedichte auf den beiden Lochhiebpazellen konnte eine Abhängigkeit der mittleren Schneedichte von der relativen Beleuchtungsstärke nicht nachgewiesen werden.

⁺) Die Achsenabschnitte und Regressionskoeffizienten wurden nach der von LINDER (1964) und SACHS (1978) beschriebenen Methode verglichen. Ein signifikanter Unterschied wurde konstatiert, wenn der nach dieser Methode errechnete \hat{t} -Wert den für das 5% Niveau angegebenen tabellierten t-Wert überschritt.

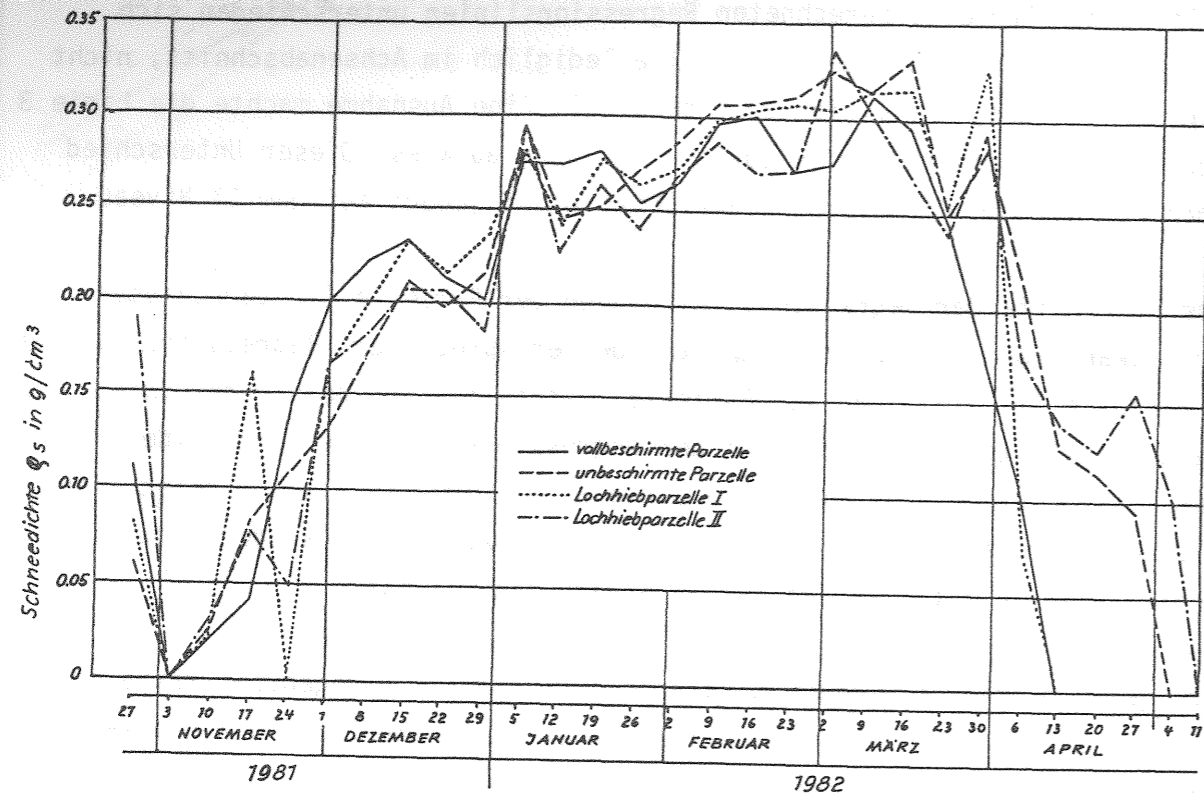


Abb. 21: Die Entwicklung der Schneedichte ρ_s während des Winters 1981/82 auf einer vollbeschrirnten und einer unbeschrirnten Parzelle, sowie auf den Lochhiebparzellen I und II.

(Schneedichten, hergeleitet aus den zu jedem Meßtermin vorgenommenen 10 Einzelmessungen mit der Schneesonde "München"; für die Lochhiebparzellen I und II wurde jeweils die Meßlinie D_1 zugrunde gelegt)

4.332.4 Die Schneegleitbewegungen

Das Ergebnis der Schneegleitmessungen ist in Tab. 19 wiedergegeben. Danach konnten auf den verschiedenen Versuchsparzellen zwar unterschiedliche mittlere Schneegleitstrecken berechnet werden, die Variationskoeffizienten waren jedoch bei der gegebenen Stichprobenzahl von 14 Schneegleitern pro Parzelle zu hoch, und auch die Bereiche zwischen längster und kürzester Schneegleitstrecke waren zu groß, als daß diese Mittelwerte für repräsentativ gehalten werden könnten.

Funktionale Zusammenhänge zwischen Schneegleitstrecke und Hangneigung bzw. mittlerer Schneedeckenhöhe konnten nicht aufgedeckt werden. Dies mag zum einen an der geringen Stichprobenzahl gelegen haben, zum anderen daran, daß die entscheidenden Parameter nicht erfaßt wurden.

PARZELLE	mittlere Schneegleitstrecke in cm	Variationskoeffizient in %	kürzeste Schneegleitstrecke in cm	längste Schneegleitstrecke in cm
vollbeschrirt ^{+))}	52,7	52	12,7	96,4
unbeschrirt ^{+))}	48,0	61	3,2	97,2
Lochhieb I	44,5	42	17,2	78,7
Lochhieb II	17,0	87	1,4	52,5
Lochhieb III	32,5	52	2,7	61,6
Lochhieb IV	34,9	32	23,1	59,6

Im Gesamtforschungsprojekt "Bergmischwald" mit 2,0^{+))} und 1,3^{+))} bezeichnet.

Tab. 19: Das Schneegleiten auf einer vollbeschrirnten und einer unbeschrirnten Parzelle, sowie auf den vier Lochhiebparzellen während des Winters 1981/82.

Anzahl der Schneegleiter 11 - 14 pro Parzelle.

Es gibt Anzeichen dafür, daß in dem Neigungsbereich um 30°, dem die Versuchsparzellen zugeordnet sind, andere Parameter als die Hangneigung und die Schneedeckenhöhe eine entscheidende Rolle spielen.

So deutet die relativ hohe mittlere Schneegleitstrecke (und die hohe längste Schneegleitstrecke) auf der vollbeschrirnten Fläche, die sich durch vollkommene Vegetationslosigkeit und gleichmäßige Neigung auszeichnet, darauf hin, daß dem Bewuchs und der Ausformung der Gleitfläche große Bedeutung zukommt.

Auch wenn die Mechanismen, die die unterschiedlichen Schneegleitstrecken bedingen, nicht aufgedeckt werden konnten, so bleibt doch festzuhalten: In dem

Neigungsbereich um 30° treten bereits größere Schneebewegungen auf. Selbst unter dichtem Schirm sind die Pflanzen einem ganz beachtlichen Schneeschub ausgesetzt.

4.332.5 Die Ausaperungskarten

Die im Spätwinter der Jahre 1980, 1981 und 1982 auf den beiden Lochhiebpärzellen gezeichneten Ausaperungskarten zeigen die Abb. 22 a und b.

Aus den Abbildungen geht hervor, daß große Unterschiede in der Schneedeckendauer der einzelnen Jahre bestehen. So waren die beiden Lochhiebpärzellen im Jahr 1981 etwa einen Monat früher als in den Jahren 1980 und 1982 schneefrei. Ein beachtlicher Unterschied besteht auch zwischen den beiden Lochhiebpärzellen. Die Ausaperung geht auf der südwestexponierten Parzelle I stets schneller vonstatten als auf der nordwestexponierten Parzelle II. Schneereste halten sich auf der Parzelle II etwa 14 Tage länger als auf der Parzelle I.

Doch auch innerhalb der einzelnen Lochhiebpärzellen sind große Unterschiede im Ausaperungszeitpunkt zu verzeichnen. So können auf derselben Parzelle einzelne Stellen bis zu einem Monat später ausapern als andere (Parzelle II, im Jahr 1982). Dies bedeutet, daß auf den spät ausapernden Stellen die Vegetationszeit um einen Monat eingeengt ist. Bemerkenswert ist, daß es - trotz der Unterschiede in der Schneedeckendauer der einzelnen Jahre - im wesentlichen stets dieselben Stellen sind, an denen der Schnee am längsten liegen bleibt. Auch beginnt die Ausaperung stets an denselben Stellen.

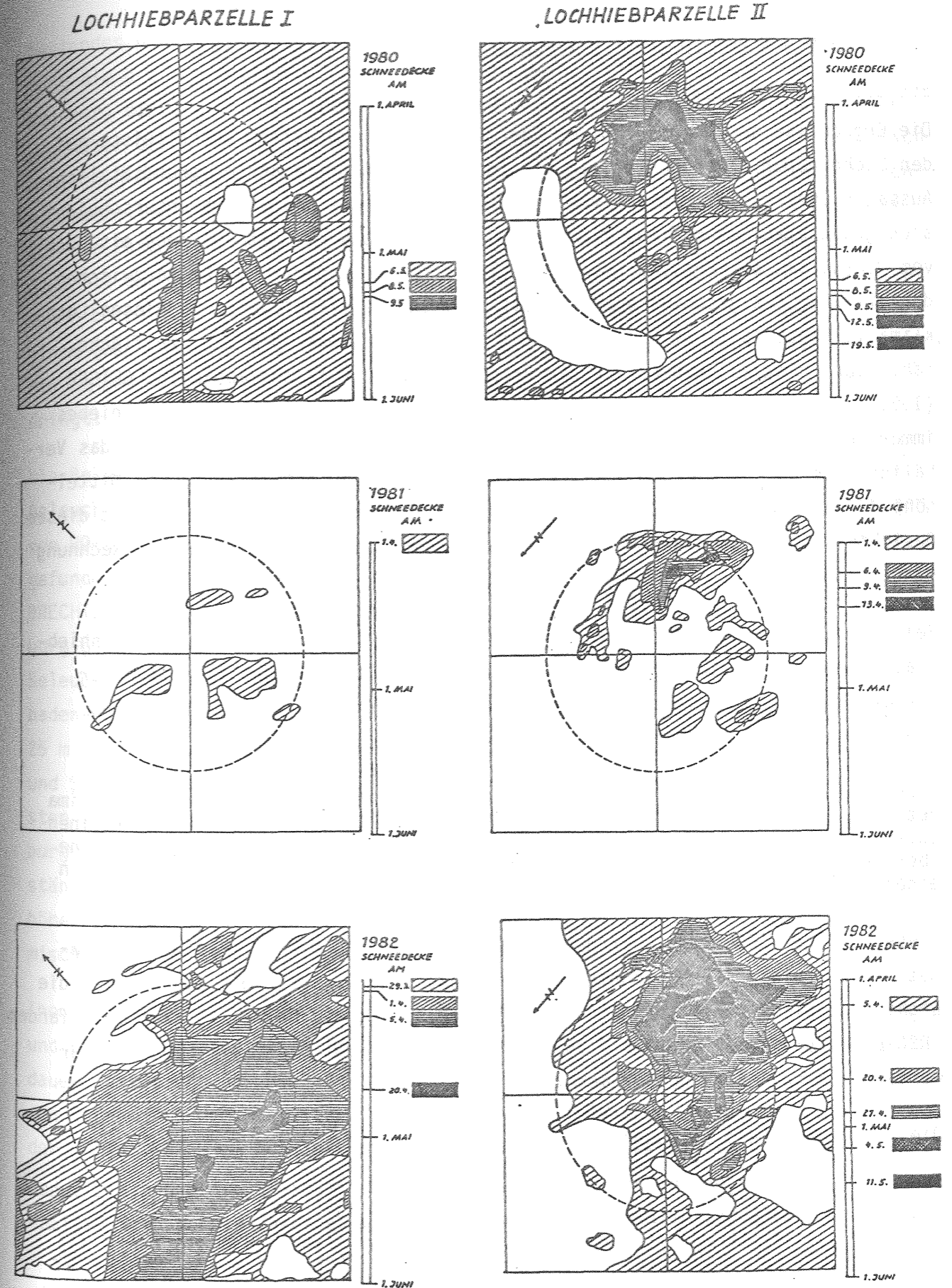


Abb. 22 a:
Die Ausaperung auf der Lochhiebpärzelle I in den Jahren 1980, 1981 und 1982.

Abb. 22 b:
Die Ausaperung auf der Lochhiebpärzelle II in den Jahren 1980, 1981 und 1982.

4.4 Wertung der Befunde über die mikroklimatischen Verhältnisse

Grundsätzliche Aussagen

Die Ergebnisse der Untersuchungen über die mikroklimatischen Verhältnisse auf den Lochhiebparzellen bestätigen die in der Literatur gemachten grundsätzlichen Aussagen über das Mikroklima von Löcherhieben. Dieses Mikroklima unterscheidet sich grundlegend sowohl vom Mikroklima des geschlossenen Altbestandes als auch vom Mikroklima der Freifläche. Es steht als eigenständiges Lochklima zwischen den Klimaten des geschlossenen Altbestandes und der Freifläche. Ob dieses Lochklima im Einzelfall dem Mikroklima des Altbestandes oder dem der Freifläche nähersteht, ist weitgehend von der Größe der Lochhiebfläche abhängig. GEIGER (1961) betrachtet deshalb die mikroklimatischen Verhältnisse eines Lochhiebes immer in Abhängigkeit von der "Kenngröße des Lochschlages", worunter er das Verhältnis des Durchmessers D des (kreisrund gedachten) Lochhiebes zu der Mittelhöhe H des umgebenden Bestandes versteht. In der eigenen Untersuchung ist diesem Gesichtspunkt durch die Berücksichtigung des mittleren Abschirmwinkels Rechnung getragen worden.

Bei gegebener "Kenngröße des Lochschlages" ist das Mikroklima auf der Lochhiebfläche jedoch keineswegs einheitlich. Auf die große räumliche Variation der mikroklimatischen Parameter auf der Lochhiebfläche hatte bereits WIEDEMANN (1927) hingewiesen. Er schrieb, daß

"schon bei Lücken von nur etwa 3 a Größe der Nordrand ein völlig anderes Klima hat, als der beschattete Südrand. Augenscheinlich kommen selbst bei so kleinen Lücken die oft betonten Vorteile nur dem Südrand zugute; damit wird auch eine Übertragung von Messungen der Temperatur, der Bodenveränderungen usw., die in einem Teil der Lücke gemacht sind, auf die ganze Lücke unmöglich".

Diese Aussage WIEDEMANNs über die große Variation der mikroklimatischen Parameter auf kleiner Fläche konnte VÉZINA (1960) eindrucksvoll mit Zahlen über die Licht- und Niederschlagsverhältnisse im Femelschlagwald belegen. Inzwischen fanden KREČMER (1966, 1967) und LUFT (1973) diese große räumliche Variation auch für weitere mikroklimatische Parameter bestätigt.

Die Strahlungs- und Beleuchtungsverhältnisse

Auch in der vorliegenden Untersuchung konnte die Richtigkeit der grundsätzlichen Aussagen über das Mikroklima von Bestandeslücken am Beispiel einiger mikroklimatischer Parameter aufgezeigt werden. So sind die Strahlungs- und Beleuchtungsverhältnisse auf den Lochhiebparzellen deutlich von denen des geschlossenen Alt-

bestandes und der Freifläche verschieden. Zieht man zur Beurteilung der Strahlung die örtlich mögliche Sonnenscheindauer heran (s. Abb. 7 a-d), so wird erkennbar, daß die örtlich mögliche Sonnenscheindauer auf den Lochhiebparzellen gegenüber der auf einer ebenen Freifläche ohne Horizontabschirmung astronomisch möglichen Sonnenscheindauer erheblich eingeschränkt ist. In der Mitte der Lochhiebparzellen ist eine örtlich mögliche Sonnenscheindauer zu verzeichnen, die auf der Parzelle I etwa 16%, auf der Parzelle II etwa 6%, auf der Parzelle III etwa 21% und auf der Parzelle IV etwa 5% der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer beträgt. Dies ist jedoch immer noch mehr als die Sonnenscheindauer unter einem geschlossenen Altholzschirm, durch den, abgesehen von einigen Sonnenstrahlen, die am Boden wandernde Sonnenflecke hervorrufen, keine direkte Sonnenstrahlung dringt.

Die Beleuchtungsstärke erreicht in der Mitte der Lochhiebparzellen etwa 60% der Beleuchtungsstärke einer Freifläche (s. Abb. 8), und ist damit deutlich von den von HOHENADL (1981) und GROSSE (1983) in geschlossenen Bergmischwaldbeständen gefundenen Beleuchtungswerten von 4% bis 8% der Freilandhelligkeit abgesetzt. BRECHTEL (1962) verzeichnete in der Mitte einer im hessischen Forstamt Isenburg gelegenen Lücke, die einen Durchmesser von etwa 40 m hatte, eine relative Beleuchtungsstärke von 80%. In der Mitte einer kleineren Bestandeslücke im baden-württembergischen Forstamt Schwetzingen mit einem Durchmesser von etwa 25 m fand er eine relative Beleuchtungsstärke von 65%. Die Lücken in Isenburg und Schwetzingen waren von 120jährigen Kiefernreinbeständen umgeben. Die niedrigsten relativen Beleuchtungsstärken unter dem Kiefernaltholzschirm lagen in Isenburg bei 50% und in Schwetzingen bei 35%. Die lichte Stellung der Kiefernbestände hat also sicherlich dazu beigetragen, daß in der Mitte dieser Lücken höhere Beleuchtungswerte als in der Mitte der eigenen in geschlossenen Bergmischwaldaltbeständen gelegenen Bestandeslücken auftraten.

Innerhalb der Lochhiebparzellen ist eine große räumliche Variation der Strahlung und Beleuchtung festzustellen. Die Verteilung der örtlich möglichen Sonnenscheindauer entspricht der Erwartung, wonach sie an den Nordrändern der Lücken (also an den Südrändern des Bestandes⁺) am höchsten ist. Sie erreicht am Nordostrand⁺⁺ der Lücke I 32%, am Nordostrand⁺⁺ der Lücke II 21%, am Nordrand der Lücke III

⁺) Nach JUNGHANS (1966) wird die Richtung eines Bestandesrandes festgelegt "durch die auf der Vertikalfläche der Schlagwand errichtete Senkrechte (Randnormale). Die Richtung des Randes kann also mit einem Pfeil dargestellt werden, dessen Spitze aus dem Bestand herauszeigt".

⁺⁺) Für den Nordrand wurde kein Horizontogramm erstellt (s. Abb. 7 a - d).

30% und am Nordrand der Lücke IV 13% der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer. Der Nordrand einer von KREČMER (1966) untersuchten geringfügig größeren Lücke wies eine örtlich mögliche Sonnenscheindauer von 25% der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer auf. Den höchsten Wert mit 29% fand KREČMER (1966) allerdings in der Mitte dieser Lücke. Am Südrand dieser Lücke verzeichnete er den niedrigsten Wert mit 13%. In der eigenen Untersuchung lagen die Minimalwerte, bedingt durch die stärkere Neigung der Flächen, deutlich unter diesem Wert. So beträgt die örtlich mögliche Sonnenscheindauer am Südwestrand der Lücke I 2%, am Südwestrand der Lücke II 0%, am Südrand der Lücke III 0% und am Westrand der Lücke IV 1% der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer.

Deutliche Unterschiede in der Sonnenscheindauer auf einer Lochhiebfläche, deren Durchmesser etwa der Bestandeshöhe entsprach, konstatierten auch SLAVIK, SLAVIKOVÁ und JENIK (1957). Die von diesen Autoren untersuchte Bestandeslücke wurde am 20. Mai 1953 im Südwestteil und im Südostteil nur eine Stunde lang von der Sonne beschienen, während der Nordteil 4 Stunden lang besonnt wurde. Wie in der eigenen Untersuchung hatte also der Nordteil der Lücke (Südrand des Bestandes) die höchste, und der Südteil der Lücke die geringste Sonnenscheindauer.

Eine große Variation der Strahlung auf einer 40 x 60 m großen Femellücke in einem 157jährigen Buchenbestand im Forstamt Reinhausen stellte auch v. LÖPKE (1982) fest. Auf fünf Meßpunkten innerhalb dieser Lücke und auf einem Meßpunkt auf einer Freifläche hatte er von Mai bis Oktober 1980 mit Hilfe von Lichtquantenfühlern mit Integratoren die photosynthetisch wirksame Strahlung gemessen. Bezogen auf den Freiflächenwert, reichten die Strahlungsmeßwerte auf der Lücke von 28% am Südostrand bis zu 54% in der Mitte.

Auf den eigenen Bestandeslücken konnte an Hand von Beleuchtungsstärkemessungen mit Luxmetern eine große Variation der relativen Beleuchtungsstärke aufgezeigt werden. Von der Mitte bis zum Bestandesrand nimmt auf den Lochhiebparzellen die relative Beleuchtungsstärke von rund 60% auf Werte unter 40% ab (vgl. Abb. 8). Die Abnahme der relativen Beleuchtungsstärke von der Mitte zum Rand ist auf den beiden bereits erwähnten, von BRECHTEL (1962) untersuchten Lücken, wie man den von ihm wiedergegebenen kombinierten Beleuchtungs- und Kronenkarten entnehmen kann, lange nicht so stark. Sie nimmt aufgrund der lichten Stellung des Altbestandes auf der Bestandeslücke in Isenburg von der Mitte bis zum Bestandesrand von rd. 80% lediglich auf 70% ab. Ebenso ist auf der Lücke in Schwetzingen nur eine Abnahme von der Mitte bis zum Rand von 65% auf 55% zu verzeichnen.

Neben der Variation der Beleuchtungsstärke, die auf die Lage der Meßpunkte innerhalb der Lücke zurückzuführen war, konnten auf den eigenen Lochhiebparzellen auch Unterschiede der Beleuchtungsstärke auf derselben Meßstelle in Abhängigkeit von der Meßhöhe aufgedeckt werden. So war auf der Lochfläche die relative Beleuchtungsstärke am Boden stets deutlich niedriger als in 1,50 m Höhe. Auf die vertikale Differenzierung der relativen Beleuchtungsstärke hatten insbesondere MITSCHERLICH et al. (1967) hingewiesen. Sie zogen diese Erkenntnis jedoch aus Untersuchung der Verteilung der relativen Beleuchtungsstärke im Kronenraum. Mit der vertikalen Lichtverteilung in der bodennahen Schicht hatte sich dagegen bereits BAUMGARTNER (1955) auseinandergesetzt. Er konnte Lichtprofile von verschiedenen natürlichen Bodendecken zeichnen, und damit den enormen Einfluß des Bodenbewuchses auf die Lichtverhältnisse demonstrieren. In der eigenen Untersuchung wurden keine detaillierten Lichtprofile angefertigt. Es konnte aber durch Lichtmessungen über und unter der Bodenvegetation gezeigt werden, wie stark eine dichte Bodenvegetation das Licht zu reduzieren vermag. So war fünf Jahre nach Versuchsbeginn in der Mitte der Lücken unterhalb der Bodenvegetation nur mehr eine Lichtstärke von rd. 4% festzustellen (s. Abb. 8). Die Lichtintensität ist also in der Mitte der Lücke am Boden geringer als im umgebenden Altbestand. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Untersuchungen von SLAVIK et al. (1957), die auf der Lückenfläche unter der Bodenvegetation relative Beleuchtungswerte von 1% bis 10% registrierten, während unter dem Altbestandsschirm die Lichtintensität 20% der des Freilandes betrug.

Ist zu erwarten, daß die unterschiedlichen Strahlungs- und Beleuchtungsverhältnisse auf den verschiedenen Stellen der Bestandeslücke ein unterschiedliches Wachstum der Forstpflanzen bedingen, so stellt sich angesichts der am Boden herrschenden niedrigen Beleuchtungswerte die Frage, ob unter diesen Umständen ein Wachstum der Forstpflanzen überhaupt noch möglich ist. Die aus Laborversuchen mit Forstpflanzen bekannt gewordenen Kompensationsbeleuchtungsstärken von 0,3 - 0,6 KLux für Schattenblätter von sommergrünen Laubbäumen und von 0,1 - 0,3 KLux für Schattenblätter von immergrünen Nadelbäumen (LARCHER, 1973) werden bei einer relativen Beleuchtungsstärke von 4% im allgemeinen noch nicht unterschritten. Allerdings ist anzunehmen, daß bei dieser niedrigen Beleuchtungsstärke das Licht oft zum Minimumfaktor wird.

Die Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse

Neben spezifischen Strahlungs- und Beleuchtungsverhältnissen haben Lochhiebe auch eigene Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse. Die folgenden Aus-

führungen beschränken sich auf die Lufttemperatur. Auf die Luftfeuchtigkeit braucht nicht weiter eingegangen zu werden, da größere Unterschiede in der Luftfeuchtigkeit weniger auf tatsächliche Feuchteunterschiede als auf Temperaturunterschiede zurückzuführen waren (s. auch MAYER, He., 1979).

Vergleichbare Höhenlage und Exposition vorausgesetzt, liegt der mittlere Tagesgang der Lufttemperatur auf einer Lücke zwischen dem eines geschlossenen Altbestandes und dem einer größeren Freifläche. Die mittlere Tagesschwankung der Lufttemperatur ist höher als die des geschlossenen Altbestandes und niedriger als die der Freifläche. Diese grundsätzlichen Aussagen gelten allerdings nur für Temperaturen in der bodennahen Luftschicht. Im Stamm- und Kronenraum können vollkommen andere Temperaturverhältnisse herrschen als in der bodennahen Luftschicht (s. LÜTZKE, 1961). Auch sind diese Aussagen nur dann zuverlässig, wenn als Freifläche eine waldumgebene Lichtung herangezogen wird. Auf einer großen Freifläche (freies Feld) können sich ganz andere Temperaturwerte ergeben als auf einer Lichtung (s. LÜTZKE, 1961).

Sind auch die mittleren Maxima der Lufttemperatur auf der Freifläche immer höher als auf den untersuchten Lücken, so können doch die absoluten Maximumtemperaturen auf der Lücke über den Werten der Freifläche liegen, wie die Temperaturwerte der Parzelle II im Jahr 1977 zeigen (s. Tab. 13).

Die gleiche Beobachtung machten auch AULITZKY (1961 a) und LUFT (1973) auf von ihnen untersuchten Lücken. Beide Autoren führten diese Erscheinung auf die größere Windruhe auf der Lücke gegenüber der Freifläche zurück. Auch die absoluten Minimumtemperaturen können auf einer Lücke tiefere Werte annehmen als auf einer Freifläche, wie die Werte der Parzelle II im Jahr 1977 erkennen lassen (s. Tab. 13).

Auf einer von KREČMER (1967) untersuchten Lücke, von ihm Lochschlag B genannt, lag zwar in einigen Monaten ebenfalls die Minimumtemperatur der Lücke unter der freien Fläche, doch stellte dies die Ausnahme dar. KREČMER kam aufgrund der Verteilung der Minimumtemperaturen zu dem Schluß, daß auf dem Lochschlag B, dessen Verhältnis von Lochdurchmesser (gemessen in der längsten Achse) zu der Bestandesmittelhöhe 1,88 betrug, in keinem Fall mit einer Verstärkung der Früh- oder Spätfröste gegenüber der Freifläche gerechnet zu werden braucht. V. LÜPKE (1982) konnte in den Jahren 1977, 1978 und 1980 zu Beginn der Vegetationszeit regelmäßig auf einer Freifläche tiefere Minimumtemperaturen feststellen als auf einer etwa 40 x 60 m großen Lücke. Die Folge dieser Temperaturunterschiede, gravierende

Spätfrostschäden an den Pflanzen auf der Freifläche und überhaupt keine Schäden an den Pflanzen auf der Lücke, konnte v. LÜPKE eindrucksvoll im Bild festhalten. Die Ergebnisse von KREČMER und v. LÜPKE bedeuten nun allerdings nicht, daß es auf Lücken grundsätzlich keine Frostgefährdung gibt. GEIGER (1961) wies an Hand verschieden großer Lochschläge nach, daß mit zunehmendem Durchmesser des Lochschlages die Minimumtemperaturen abnehmen, die Frostgefährdung also wächst. Auch macht GEIGER darauf aufmerksam, daß aufgrund der auf Lücken herrschenden Luftruhe eine erhöhte Gefahr von Spätfrösten besteht. Diese Gefahr wird erst wieder gemindert, wenn die Lücke die Größe einer Lichtung erreicht und der Wind von oben hereingreift und die Frostgefahr verringern kann.

Die tiefen Minimumtemperaturen in der eigenen Untersuchung auf der Parzelle II im Jahr 1977 können durchaus durch Luftruhe entstanden sein. Allerdings ist damit noch keine erhöhte Frostgefahr verbunden, denn die Kaltluft kann an den Hängen abfließen. Frostschäden wurden deshalb in dem fünfjährigen Versuchszeitraum weder auf einer Lücke noch einer anderen Parzelle beobachtet.

Temperaturunterschiede zwischen den verschiedenen Meßstellen innerhalb der Bestandeslücke konnten nicht festgestellt werden. Dies läßt nun verschiedene Deutungen zu:

- Auf der relativ kleinen Lochhiebsfläche waren tatsächlich keine Unterschiede vorhanden. Erst bei größeren Lochhieben ist mit Unterschieden zu rechnen.
- Es waren sehr geringe Temperaturunterschiede vorhanden, die sich aber aufgrund der wenigen Meßtermine nicht absichern ließen.
- Es waren größere Temperaturunterschiede vorhanden, die jedoch nicht nachgewiesen werden konnten, da zumindest teilweise (Parzelle I und II) Meßzeitpunkte gewählt wurden, zu denen noch keine größeren Unterschiede zu erwarten waren.

Für eine Interpretation hilfreich ist hier die Untersuchung von KREČMER (1966), der auf fünf verschiedenen Meßstellen des bereits erwähnten Lochschlages B, der etwas größer als die eigenen Lochhiebe war, die Lufttemperatur mit Hilfe von psychrometrischen Thermometern und Extremthermometern in den Jahren 1954 - 56 bestimmte. KREČMER konnte in Varianzanalysen einen signifikanten Einfluß der Meßstelle auf die Lufttemperatur zum Beobachtungstermin um 14 Uhr feststellen. Allerdings fehlen seinen Varianzanalysen Folgetests, so daß es nicht möglich ist zu sagen, welche Meßstelle sich signifikant von der anderen unterscheidet. Nimmt man die Meßstellen heraus, die die größte Differenz in der Lufttemperatur auf-

weisen, zumeist die Südseite und die Nordseite der Lücke, dann stellt man fest, daß die Unterschiede sehr gering sind und meistens nur wenige Zehntelgrad betragen. Aufgrund dieser Befunde der Untersuchung von KREČMER kann man annehmen, daß auch auf den eigenen Lochhiebparzellen geringe Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Meßstellen vorhanden waren, die jedoch mit der angewandten Meßmethodik nicht aufgezeigt werden konnten.

Nun stellt sich allerdings angesichts dieser doch recht feinen Temperaturunterschiede die Frage, inwieweit sie überhaupt von Bedeutung für das Pflanzenwachstum sind. Eine gewisse Bedeutung wird man diesen Lufttemperaturunterschieden nicht absprechen können, zumal sie als Boden- oder Pflanzentemperaturunterschiede verstärkt in Erscheinung treten werden. Nur wären, um diese Bedeutung auch aufzeigen zu können, detaillierte Messungen an Pflanzen notwendig, wie sie bisher in waldbaulich-ökologischen Untersuchungen nicht vorgenommen werden konnten. Bisher ist es in derartigen Untersuchungen überhaupt schwierig, Temperatur- und Wachstumsgrößen miteinander in Verbindung zu bringen. Außer den Hinweisen auf die Möglichkeit des Gedeihens, der Spätfrost- oder Austrocknungsgefährdung einer Pflanzenart wird den Temperaturwerten meist nichts entnommen. Dabei kann man annehmen, daß darüber hinaus interessante Zusammenhänge zwischen Temperatur- und Wachstumsgang bestehen. Ein derartiger Zusammenhang könnte auf einer Bestandeslücke, auf der der Tagesgang der Temperatur sehr viel extremer ist als unter einem geschlossenen Altbestand, folgendermaßen aussehen: Gegenüber dem Altbestand wird tagsüber auf der Lücke durch mehr Wärme die Stoffproduktion der Pflanzen angeregt, wobei allerdings zu bedenken ist, daß Hochgebirgspflanzen den höchsten Photosynthesegewinn bereits zwischen 10⁰ und 20⁰ C erzielen (LARCHER, 1973). Nachts werden durch tiefere Temperaturen die Atmungsverluste der Pflanzen auf der Lücke gedrosselt (s. hierzu BAUMGARTNER, 1960 b und LÜTZKE, 1961). Die Temperaturverhältnisse in der Mitte einer Lücke sind daher, vorausgesetzt, daß andere Faktoren das Wachstum nicht begrenzen, als besonders günstig für die Nettoassimilation der Pflanzen anzusehen.

Die Niederschlagsverhältnisse

Nach den Strahlungs- und Beleuchtungsverhältnissen, den Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnissen soll nun auf die spezifischen Niederschlagsverhältnisse auf Bestandeslücken eingegangen werden.

In der vorliegenden Untersuchung stellte sich heraus, daß der Regenniederschlag in der Mitte der Lücken zum einen deutlich über der Regenmenge lag, die durch

einen geschlossenen Altholzschirm hindurch auf den Boden gelangte, und zum anderen nur knapp unter der Regenmenge blieb, die eine freie Fläche erhielt (92% bzw. 97% der Freilandregenmenge, s. Tab. 16). GEIGER (1941) registrierte auf einer Lücke mit 38 m Durchmesser (Kenngröße Durchmesser : Höhe etwa 1.5) sogar einen Niederschlag, der 5% über dem der Freifläche lag. GEIGER (1941) gab als Erklärung für das gegenüber dem Freiland erhöhte Absetzen des Regens auf dieser Lücke die dort herrschende Luftruhe an. Auch auf KREČMERs (1967) Lochschlag B betrug in der Mitte die gemessene Regenmenge 103% der Freiflächenmenge. KREČMER (1967) konnte statistisch belegen, daß die positiven Unterschiede zwischen Lückenmitte und Freifläche mit der Windstärke zusammenhängen.

Auf die Abhängigkeit der Regenmenge in der Mitte von Bestandeslücken und der Kenngröße des Lochschlages wies GEIGER (1961) hin. Auf den von ihm untersuchten Lochschlägen nahm die Regenmenge zunächst mit steigender Kenngröße zu, erreichte bei einer Kenngröße von etwa 1.5 ein Maximum und fiel bei höheren Kenngrößen wieder ab. Auch STÄLFELT (1963) betonte den Einfluß der Lückengröße. Auf Lücken, die einen kleineren Durchmesser als die Höhe des umgebenden Bestandes haben, sei mit geringeren Regenmengen als im Freiland zu rechnen.

Die in der Mitte einer Bestandeslücke festgestellte Regenmenge kann jedoch oftmals nicht als repräsentativ für die gesamte Lückenfläche angesehen werden. So wurden an den verschiedenen Meßstellen auf der Lückenfläche der Lochhiebparzelle II Regenmengen aufgefangen, die von 85% bis 101% der Regenmenge in der Lückenmitte reichten (s. Tab. 16 u. Abb. 14). Auf den Freilandniederschlag bezogen bedeutet dies, daß die Regenmengen auf dieser Lückenfläche zwischen 78% und 92% lagen. Unterschiedliche Regenmengen innerhalb von Bestandeslücken fanden auch SLAVIK et al. (1957), BRECHTEL (1962) und KREČMER (1967).

Die Niederschlagsmengen, bezogen auf den Freilandniederschlag, schwankten auf der von SLAVIK et al. untersuchten Lücke zwischen 70% und über 100%, auf der von BRECHTEL untersuchten Lücke in Isenburg zwischen 78% und 107% (bei geringster Regenstärke) und auf dem von KREČMER untersuchten Lochschlag B zwischen 90% und 103%.

Für die bei gegebener Höhenlage, Exposition und Hangneigung der Lücke unterschiedlichen Regenmengen innerhalb der Bestandeslücke machten diese Autoren in erster Linie die Tatsache verantwortlich, daß der Regen nicht senkrecht, sondern, bedingt durch den Wind, schräg in die Bestandeslücke einfällt. So erhielten bei Winden aus vorherrschend westlichen Richtungen die Ostränder der

Bestandeslücken regelmäßig mehr Niederschlag als die Westränder. Auf der von SLAVIK et al. (1957) untersuchten Bestandeslücke lag sogar die maximale Regenmenge am Ostrand. Auch auf den eigenen Lochhiebfächen sind es die östlichen Ränder der Lücken, die mit mehr Niederschlag versorgt wurden als die westlichen, was ebenfalls auf einen Einfluß der Windrichtung hindeutet.

Die Windrichtung ist aber nicht der einzige, die Niederschlagsverhältnisse auf Lücken modifizierende Faktor. So konnte BRECHTEL (1962) einen Einfluß der Regenstärke und KREČMER (1967) einen Einfluß der Windstärke auf das Verteilungsbild der Regenmengen auf Bestandeslücken nachweisen.

Es ist anzunehmen, daß trotz der vielfach modifizierenden Faktoren dieses Verteilungsbild über die Jahre hinweg weitgehend konstant bleibt. Dies konnte durch einen Vergleich der Regenmengen der Parzelle II im Jahr 1981 mit den entsprechenden von MAYER, He. (1979) auf derselben Parzelle im Jahr 1977 erhobenen Werten belegt werden:

PAR-ZELLE	Meß-stelle	Niederschlagssumme N im Zeitraum		1.6.81-5.10.81	
		17.5.77-11.10.77 (MAYER, He. 1979)		mm	%
unbe-schirmt	-	950	100	887	100
II	1	730	77	692	78
	2	735	77	694	78
	3	830	87	812	92
	4	850	89	820	92
	5	790	83	783	88

Die von MAYER im Jahr 1977 in einem gegenüber 1981 nur etwa 3 Wochen längeren Meßzeitraum ermittelten Regenmengen zeigen also in etwa das gleiche Verteilungsbild wie im Jahr 1981. Dies bedeutet, daß es infolge der Konstanz der Hauptwindrichtung immer dieselben Stellen innerhalb der Bestandeslücke sind, die alljährlich mit Niederschlag bevorzugt bzw. benachteiligt werden.

Auf die Tatsache, daß im allgemeinen auf Bestandeslücken besonders günstige Feuchtigkeitsverhältnisse für die Pflanzen herrschen, haben bereits BÜHLER (1981) und v. WREDE (1925) aufmerksam gemacht. Auch SLAVIK et al. (1957) und KREČMER (1967) betonen die gute Wasserversorgung auf Lochhiebsflächen. Durch Regenmengen, die denen des Freilandes nicht wesentlich nachstehen, und durch eine gegenüber

dem Freiland eingeschränkte Verdunstung, werden den Pflanzen auf Bestandeslücken wesentlich bessere Feuchtigkeitsbedingungen als unter dem Altholzschirm und manchmal in der Lückenmitte sogar bessere als auf der Freifläche geboten. Diesem Gesichtspunkt kommt in niederschlagsarmen Gebieten natürlich besondere Bedeutung zu. In dem niederschlagsreichen Ruhpolder Untersuchungsgebiet wurden dagegen selbst im trockensten Monat unter dichtem Altholzschirm noch beachtliche Niederschlagsmengen verzeichnet. Hier ist das Wasserangebot im allgemeinen kein das Pflanzenwachstum begrenzender Faktor. Allenfalls an stark besonnten Bestandesrändern, die jedoch im Fall der Lochhiebsparzellen II und III (vermutlich auch I) höhere Regenmengen erhalten als die weniger besonnten Bestandesränder (vgl. Abb. 7 a - d mit Abb. 14), ist mit einer kurzzeitigen oberflächlichen Bodenaustrocknung zu rechnen, die zu Ausfällen von Keimlingen führen kann. Auf der Parzelle III fällt zwar die höchste Sonnenscheindauer mit der geringsten Niederschlagsmenge am nördlichen Rand der Lücke zusammen, doch dürfte aufgrund der geringen absoluten Sonnenscheinstunden bzw. der hohen absoluten Regenmengen auch an diesem Lückenrand die Gefahr der oberflächlichen Austrocknung nicht sehr groß sein.

Wie nach den Ausführungen über den Regenniederschlag zu erwarten, zeichnen Bestandeslücken auch spezifische Schneeniederschlagsverhältnisse aus.

Auf die gegenüber geschlossenen Altbeständen deutlich höhere Schneeansammlung in Lücken hat bereits ANDERSON (1963) aufmerksam gemacht. Er fand im Jahr 1959 in einer Bestandeslücke eine maximale Schneedeckenhöhe, die 167% der eines geschlossenen Nadelwaldes entsprach.

Auch auf den untersuchten Bestandeslücken war die maximale Schneedeckenhöhe wesentlich höher als unter geschlossenem Altbestandsschirm (s. Tab. 17). Sie erreichte auf der Parzelle I 141% und auf der Parzelle II 149% der vollbeschrmtten Parzelle. Noch etwas höhere Prozentwerte ergab ein Vergleich der mittleren Schneedeckenhöhen. So wies die Parzelle I eine mittlere Schneedeckenhöhe von 150% und die Parzelle II eine von 152% auf. Demgegenüber lagen die von BERTHOLD (1980) im Jahr 1978/79 auf denselben Parzellen ermittelten mittleren Schneedeckenhöhen bezogen auf die vollbeschrmtte Fläche mit 131% auf der Parzelle I und 104% auf der Parzelle II erheblich niedriger. Dies ist sicher zum Teil darauf zurückzuführen, daß BERTHOLDs Meßpunkte im Winter 1978/79 nicht identisch sind mit den im Winter 1981/82 ausgewählten Meßpunkten auf den Lochhiebsparzellen. An der Auswahl der Meßpunkte allein kann es jedoch nicht gelegen haben. Vergleicht man

die beiden Befunde an Hand der mittleren Schneehöhen von Parzellen, auf denen in beiden Wintern dieselben Meßpunkte herausgezogen wurden, so zeigt sich auch hier ein deutlicher Unterschied zwischen den Jahren. Auf der unbeschilderten Parzelle betrug die mittlere Schneedeckenhöhe im Winter 1978/79 bezogen auf die vollbeschilderte Parzelle rd. 131%, im Winter 1981/82 waren es rd. 159%. Im schneereichen "Maximum"-Winter 1981/82 waren die Parzellen also stärker differenziert als im schneearmen "Minimum"-Winter 1978/79. Die folgende Übersicht verdeutlicht diesen Befund unter Angabe der eben erwähnten Prozentwerte und der absoluten Werte der mittleren Schneedeckenhöhe auf den verschiedenen Versuchspartzellen.

PARZELLE	Winter 1978/79 (BERTHOLD, 1980)		Winter 1981/82	
	mittlere Schneedeckenhöhe cm	%	mittlere Schneedeckenhöhe cm	%
vollbeschildert	20,7	100	45,0	100
unbeschildert	27,1	131	71,7	159
I	27,1	131	67,5	150
II	21,5	104	68,4	152

Auch KREČMER (1968) fand, daß die prozentualen Unterschiede in den Schneedeckenparametern (Höhe, Wasseräquivalent, Dichte, Dauer) zwischen Bestandeslücke und Bestand bzw. Freifläche nicht in jedem Winter konstant sind. Er machte dafür den unterschiedlichen Witterungscharakter der einzelnen Winter verantwortlich. Größere Unterschiede traten in seinen Untersuchungen immer dann auf, wenn Frost und Tauwetter häufig wechselten. Gering waren die Unterschiede dagegen, wenn ein überwiegend kontinentaler Wettercharakter, der sich durch fehlende Tauperioden auszeichnete, eine Zergliederung der Schneedecke verhinderte. Ebenfalls geringe Unterschiede verzeichnete er bei vorherrschendem ozeanischen Wettertypus, der eine niedrige, oft nur zeitweise vorhandene Schneedecke rasch dahinschmelzen ließ.

In der eigenen Untersuchung nahmen im Winter 1981/82 die Lochhiebparzellen hinsichtlich der Schneehöhe (s. Abb. 16) und des Wasseräquivalents der Schneedecke (s. Abb. 21) eine Zwischenstellung zwischen dem vollbeschilderten Bestand und der

Freifläche ein, wobei die Schneeverhältnisse auf den Lücken denen des Freilandes näherkamen als denen des Altbestandes. Diese Zwischenstellung beruht jedoch nur darauf, daß Mittelwerte von quer über die Lückenfläche verlaufenden Meßlinien herangezogen wurden. Wenn nicht diese Gesamtmittelwerte betrachtet wurden, die aufgrund der ihnen anhaftenden hohen Variationskoeffizienten die Schneeverhältnisse auf der Lücke nur sehr unzureichend beschreiben konnten, sondern die einzelnen Mittelwerte eines jeden Meßpunktes, so zeigten sich beachtliche Unterschiede innerhalb der Bestandeslücke in der mittleren Schneedeckenhöhe (s. Abb. 17) und dem mittleren Wasseräquivalent der Schneedecke. Während an den Lückenrändern die Verhältnisse denen des Altbestandes angenähert waren, kamen in der Mitte der Bestandeslücken mittlere Schneedeckenhöhen und mittlere Wasseräquivalente vor, die die des Freilandes deutlich überstiegen. KREČMER (1968), der die gleiche Beobachtung auf dem von ihm untersuchten Lochschlag B machte, führte die gegenüber der Freifläche größere Schneemenge in der Mitte der Lücke in erster Linie darauf zurück, daß die Mitte die größte Neuschneemenge innerhalb der Lücke erhielt, und diese Schneemenge gegenüber der des Freilandes verzögert abschmolz. Eine geringfügig größere Neuschneeablagerung in der Mitte der Lücke als im Freiland schloß KREČMER zwar nicht aus, hielt sie aber unter den Bedingungen eines mitteleuropäischen Winters mit häufigem Tauwetter für bedeutungslos.

Infolge unterschiedlicher Akkumulation und Ablation von Schnee entstanden auf den Lückenflächen charakteristische Verteilungsbilder der mittleren Schneedeckenhöhe (s. Abb. 17) und des mittleren Wasseräquivalents der Schneedecke. Diese Verteilungsbilder werden vermutlich in einem Winter mehr und in anderen weniger stark differenziert sein, je nach den vorherrschenden Windverhältnissen und dem Witterungscharakter des Winters. Auf KREČMERS Lochschlag B trat dies in verschiedenen Wintern klar zu Tage. Umso erstaunlicher ist die Tatsache, daß auf den hier untersuchten Lochhieben die Ausaperung nicht, wie bei KREČMER, in jedem Jahr grundsätzlich verschieden verlief, sondern die Ausaperungskarten in drei verschiedenen Wintern ein ähnliches Bild zeigten (s. Abb. 22 a, b). FRIEDEL (1961), dem die Konstanz der Aperlilien im Gelände ebenfalls aufgefallen war, sieht in dieser Konstanz ein im Gebirge wirksames Naturgesetz, in dem bei zunehmender Relieforientierung, die Unabhängigkeit der räumlichen gegenüber den zeitlichen Erscheinungen zum Ausdruck kommt.

Für das Pflanzenwachstum ist die weitgehend konstante räumliche Variation der Schneeverhältnisse am Ende des Winters von großer Bedeutung, kann sie doch

in der subalpiner Stufe, wie FRIEDEL (1961) betont, für Forstpflanzen sogar lebensentscheidend sein. In der montanen Stufe kommt ihr sicherlich nicht die gleiche überragende Bedeutung zu. Allerdings kann man damit rechnen, daß die oftmals auf kleinstem Raum bestehenden Unterschiede nicht ohne Auswirkung auf das Pflanzenwachstum sein werden. So können z.B. Pflanzen auf frühausepernden Stellen der südwestexponierten Parzelle I einen Wuchsvorsprung von bis zu 6 Wochen gegenüber Pflanzen auf spät ausapernden Teilen der nordwestexponierten Parzelle II haben.

Aufgrund der teilweise doch sehr großen Schneegleitbewegungen könnte man meinen, daß auch der Schneeschub entscheidenden Einfluß zumindest auf die schwachen Naturverjüngungspflanzen nimmt. Eine sofort nach der Schneeschmelze durchgeführte Kontrollaufnahme, von der in Kap. 6.41 die Rede sein wird, zeigte jedoch, daß sich die Winterabgänge an Naturverjüngungspflanzen in Grenzen hielten. Dem Schneeschub kommt somit eine nachrangige Bedeutung zu.

Auf die hier nicht behandelten, interessanten hydrologischen Aspekte der Schnee- verhältnisse auf Bestandeslücken sei kurz hingewiesen. Auf Menge, Güte und zeitliche Verteilung des Abflusses und des nutzbaren Wasserdargebotes, das zu einem großen Teil aus den Winterniederschlägen stammt, hat die Vegetationsform Wald und insbesondere auch der Zustand des Waldes einen entscheidenden Einfluß. Inwieweit es möglich ist, über forstliche Maßnahmen, z.B. über Lochhiebe, die nach KREČMER (1968) Schneespeicher schaffen, die Grundwasserneubildung und andere hydrologische Parameter zu steuern, ist weitgehend ungeklärt. Während WALDMANN (1959) es noch für möglich hielt, über waldbauliche Maßnahmen das Schneewasserreservoir zu regulieren, stellt dies für SCHWARZ (o.J.) in neuerer Zeit keinen gangbaren Weg mehr dar.

Nicht erfaßte mikroklimatische Parameter

In der vorliegenden Untersuchung konnte eine Reihe von wichtigen mikroklimatischen Parametern wegen mangelnder finanzieller wie personeller Ausstattung des Forschungsprojektes nicht erfaßt werden. Aus anderen Arbeiten liegen jedoch Erkenntnisse über die Ausgestaltung dieser Parameter auf Bestandeslücken vor. Wie in Kap. 4 bereits mehrfach praktiziert, wird, wenn es zur Interpretation der eigenen Ergebnisse notwendig erscheint, auf die Befunde solcher Arbeiten zurückgegriffen. An dieser Stelle sei lediglich in Form einer Tabelle auf Arbeiten hingewiesen, in denen weitere mikroklimatische Parameter auf Bestandeslücken untersucht wurden.

Weitere, auf Bestandeslücken untersuchte mikroklimatische Parameter	Autoren
Wind	WREDE (1925), NEUSTEIN (1965), FLEMMING (1968)
Bodentemperatur	AULITZKY (1961 b), BRECHTEL (1962), KREČMER (1967)
Bodenfeuchtigkeit	BOHLER (1918), BRECHTEL (1962), KREČMER (1968)
Verdunstung	WREDE (1925), SLAVIK et al. (1957), BRECHTEL (1965), KREČMER (1968)
Tau	SLAVIK et al. (1957), KREČMER (1968)

Die relative Beleuchtungsstärke als charakteristische Größe für die mikroklimatischen Verhältnisse auf Lücken

Die relative Beleuchtungsstärke hat sich in der vorliegenden Untersuchung als ein Maß erwiesen, das die mikroklimatischen Verhältnisse für unsere Zwecke gut zu charakterisieren in der Lage ist. Dies hat zwei Gründe: Zum einen kommt der Beleuchtung selbst eine überragende Bedeutung für das Pflanzenwachstum zu (vgl. Kap. 4.1), und zum anderen ist die relative Beleuchtungsstärke mit einer Reihe anderer mikroklimatischer Parameter gesetzmäßig verbunden. So konnte in der vorliegenden Untersuchung ein Zusammenhang der relativen Beleuchtungsstärke mit der Horizontabschirmung, dem Regenniederschlag, der mittleren Schneedeckenhöhe und dem mittleren Wasseräquivalent der Schneedecke aufgezeigt werden. BRECHTEL (1962) fand darüber hinaus auf Bestandeslücken auch Beziehungen der relativen Beleuchtungsstärke zur Bodentemperatur und zur Bodenfeuchtigkeit. Der Zusammenhang zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Regenniederschlag war in BRECHTELS Untersuchung auf Bestandeslücken allerdings weniger deutlich als in der eigenen Untersuchung. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß BRECHTEL nur Luxmeter ohne Cosinusvorsatz zur Verfügung standen, und er somit nur das Oberlicht, nicht jedoch auch das auf Bestandeslücken bedeutsame Seitenlicht erfassen konnte. Demgegenüber konnten in der eigenen Untersuchung Luxmeter mit Cosinusvorsatz verwendet werden.

Auch BRECHTEL (1962) kam zu dem Schluß, daß, unter der Voraussetzung richtigen methodischen Vorgehens, die relative Beleuchtungsstärke die ökologischen Verhältnisse zutreffend charakterisieren kann. Auf seine Ausführungen zu diesem Thema sei ausdrücklich verwiesen. Gegen die Verwendung der relativen Beleuchtungsstärke als eine die mikroklimatische oder sogar die gesamten ökologischen Ver-

hältnisse beschreibende Größe kann man einwenden, daß

- die Zusammenhänge zwischen der relativen Beleuchtungsstärke und anderen ökologischen Faktoren oftmals nur sehr unvollkommen sind,
- die Absorptionskurven von Luxmetern und Pflanzenblättern verschieden sind,
- die relative Beleuchtungsstärke qualitative Merkmale des Lichtes, wie die spektrale Zusammensetzung, die sich beim Durchgang durch die Baumkronen ändert, nicht erfassen kann, und
- die bei gleichmäßig bedecktem Himmel erhobene relative Beleuchtungsstärke die direkte Sonnenstrahlung nicht berücksichtigt.

Dies ist sicher alles richtig und sollte bei methodischen Arbeiten über das Lichtklima von Wäldern auch beachtet werden. In waldbaulich-ökologischen Untersuchungen sind diese Gesichtspunkte jedoch im Moment noch von untergeordneter Bedeutung; wie bereits bei der Besprechung der Temperaturmeßergebnisse angedeutet, wurde nämlich bisher in derartigen Untersuchungen nicht der Versuch unternommen, die Pflanzenparameter ebenso exakt und fortlaufend zu messen wie die ökologischen Parameter.

Derartige Messungen an den Pflanzen wären mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand verbunden, da sie nicht, wie in entsprechenden, etwa von LARCHER (1973) oder GRACE (1983) beschriebenen ökologischen Untersuchungen im Labor durchgeführt werden könnten, sondern unter erschwerten Bedingungen im Freiland vorgenommen werden müßten. In waldbaulich-ökologischen Untersuchungen, in denen es bisher nicht darum geht, kausalanalytische Zusammenhänge etwa zwischen eingestrahlt Lichtquanten und der Photosyntheseleistung der Pflanzen nachzuweisen, sondern darum, ein brauchbares Maß für die Überschirmung zu finden, das zu den relativ einfach zu erhebenden Pflanzenparametern, wie Sproßlänge, Zuwachs, usw. in Beziehung gesetzt werden kann, hat die relative Beleuchtungsstärke nach wie vor ihre Berechtigung. In der vorliegenden Untersuchung erwies sich die relative Beleuchtungsstärke als ein gut brauchbares Maß. Auf Bestandeslücken kann sie zudem die Verhältnisse weitaus besser charakterisieren als etwa der mittlere Abschirmwinkel oder die von GEIGER (1961) verwendete Kenngröße des Lochschlages.

5. DIE BODENVEGETATION AUF DEN LOCHHIEBPARZELLEN

5.1. Die Reaktion der Bodenvegetation auf den Lochhieb

Als Folge des Einschlags des Altbestandes auf einer kreisrunden Fläche von 30 m Durchmesser haben sich auf der Lochfläche mikroklimatische Bedingungen eingestellt, die sich, wie im vorstehenden Kap. 4 gezeigt werden konnte, von denen des geschlossenen Altbestandes ganz beträchtlich unterscheiden. Es war zu erwarten, daß die Bodenvegetation auf diese geänderten Umweltbedingungen reagieren würde, und es zu einer gerichteten Entwicklung der Pflanzendecke, also einer sekundären Sukzession ("Klein - Sukzession" nach BORNKAMM, 1962) kommen würde. Die vollständige Aufklärung dieser Entwicklung hätte die Erfassung des räumlichen und zeitlichen Ordnungsgefüges des Pflanzenbestandes sowie der Wechselwirkungen zwischen Vegetation und mikroklimatischen Verhältnissen notwendig gemacht (s. hierzu BORMANN und LIKENS, 1979). Dies hätte den Rahmen der vorliegenden Arbeit gesprengt. Die Bodenvegetation wurde deshalb vorwiegend unter den beiden forstüblichen Blickwinkeln betrachtet, nämlich zum einen "Bodenvegetation als Standortzeiger" und zum anderen "Bodenvegetation als Konkurrenzfaktor".

Der Aspekt "Bodenvegetation als Standortzeiger⁺⁾" kam im wesentlichen bereits in Kap. 3.241 durch die Zuordnung der vier Lochhiebparzellen zu bestimmten Pflanzengesellschaften zur Sprache, und soll in der Folge nur noch am Rande behandelt werden. Auf Grund der in Kap. 4.4 bereits angedeuteten Konkurrenzphänomene zwischen Bodenvegetation und Naturverjüngungspflanzen auf den Parzellen wird dagegen dem Aspekt "Bodenvegetation als Konkurrenzfaktor" ein breiterer Raum gewidmet werden müssen.

Die Konkurrenzwirkung der Bodenvegetation auf die Forstpflanzen kann wie HUSS (1978) schreibt, zum einen direkt und zum anderen indirekt in Erscheinung treten.

^{+) Unter "Standortzeiger" seien hier nicht nur die Einzelpflanzen mit ihrem Weiserwert für bestimmte ökologische Bedingungen (z.B. Nässe) verstanden, sondern auch die Artengruppen für die Ansprache der Pflanzengesellschaft.}

Unter direkter Konkurrenz ist dabei der Entzug von Licht, Wasser und Nährstoffen, die Behinderung durch Stoffwechselprodukte (Allelopathie), sowie die Verdämmung durch die Bodenvegetation zu verstehen. Als indirekte Konkurrenzwirkungen sind die Veränderungen des Mikroklimas (Wärme, Feuchtigkeit, Luftbewegung) und des Biotops anzusehen, die die Voraussetzungen für verschiedene Schadfaktoren, wie Spätfrost, Pilze, Austrocknung und Mäuse schaffen. Der exakte Nachweis der einzelnen Konkurrenzwirkungen der Bodenvegetation auf die Forstpflanzen ist im Freiland sehr schwierig zu erbringen. In den meisten forstlichen Versuchen zu diesem Thema werden deshalb die verschiedenen Wirkungen nicht getrennt. Eine Konkurrenzwirkung wird immer dann konstatiert, wenn eine Beseitigung der Bodenvegetation ein besseres Wachstum der Forstpflanzen zur Folge hat. Diese Betrachtungsweise hätte für den eigenen Versuch zur Folge gehabt, daß in jedem Jahr auf einem Teilbereich der Versuchspartellen die Bodenvegetation hätte beseitigt werden müssen. Dies war jedoch weder durchführbar noch Teil des Versuchsprogrammes. Lediglich die vor Versuchsbeginn im Sommer 1976 auf einem Teilbereich der Lochhiebpazellen durchgeführte Bodenbearbeitung drängte die allerdings nur spärlich vorhandene Bodenvegetation zurück. In Ermangelung von bodenvegetationsfreien Vergleichsflächen wird die Beurteilung der Konkurrenzwirkung der Bodenvegetation auf den Lochhiebpazellen indirekt über die vorhandenen Arten, die Artenzahlen, die Bedeckung, die Höhe und das Trockengewicht der Bodenvegetation erfolgen müssen.

All diese Kriterien wurden wegen des damit verbundenen immensen Arbeitsaufwandes nicht in jedem Jahr erhoben. Alljährlich wurden lediglich die Bedeckungsgrade der Bodenvegetation auf den Lochhiebpazellen geschätzt. Damit kann jedoch aufgezeigt werden, wie sich die Bedeckung und der im allgemeinen damit eng verknüpfte Konkurrenzdruck auf die Forstpflanzen in den fünf Untersuchungsjahren entwickelt haben.

Eine umfassendere Aufnahme der Bodenvegetation auf den Lochhiebpazellen erfolgte im Jahr 1978 durch UEBELHÖR (1979). Eine Beschreibung der Situation der Bodenvegetation im Jahr 1981 wird nun an dieser Stelle vorgetragen. Aus einem in der Diskussion in Kap. 5.4 vorgenommenen Vergleich der beiden Aufnahmen werden Entwicklungstendenzen der Bodenvegetation sichtbar.

5.2. Die Bodenvegetationsaufnahmen

5.21 Erhebungen auf der gesamten Parzelle

Im August 1981 wurden die auf der gesamten eingezäunten Fläche jeder Lochhiebpazelle vorkommenden Arten der Bodenvegetation festgestellt.⁺⁾

5.22 Erhebungen auf den Naturverjüngungsprobekreisen

Auf jeder Lochhiebpazelle waren wie bereits in Kap. 3.1 erwähnt, zu Versuchsbeginn im Herbst 1976 52 1m² große "Naturverjüngungsprobekreise" eingerichtet worden. Sie dienten in erster Linie der Aufnahme der Naturverjüngungspflanzen (s. Kap. 6.3); ihre Anordnung ist aus Abb. 5 ersichtlich. Auf der Hälfte dieser Probekreise wurde mit Wiedehopfhauen eine Bodenbearbeitung zur Vermischung von organischer Auflage und Mineralboden durchgeführt. Durch das intensive Durchhacken des Oberbodens wurde auch die auf einigen Probekreisen (v.a. auf den Partellen III und IV) vorhandene Bodenvegetation weitgehend beseitigt. Auf den 52 Probekreisen jeder Lochhiebpazelle wurden von 1977 bis 1981 zweimal jährlich, einmal im Frühsommer (Stichtag 15. Juni) und einmal im Herbst (Stichtag 15. September) die Bedeckungsgrade der Bodenvegetation geschätzt.

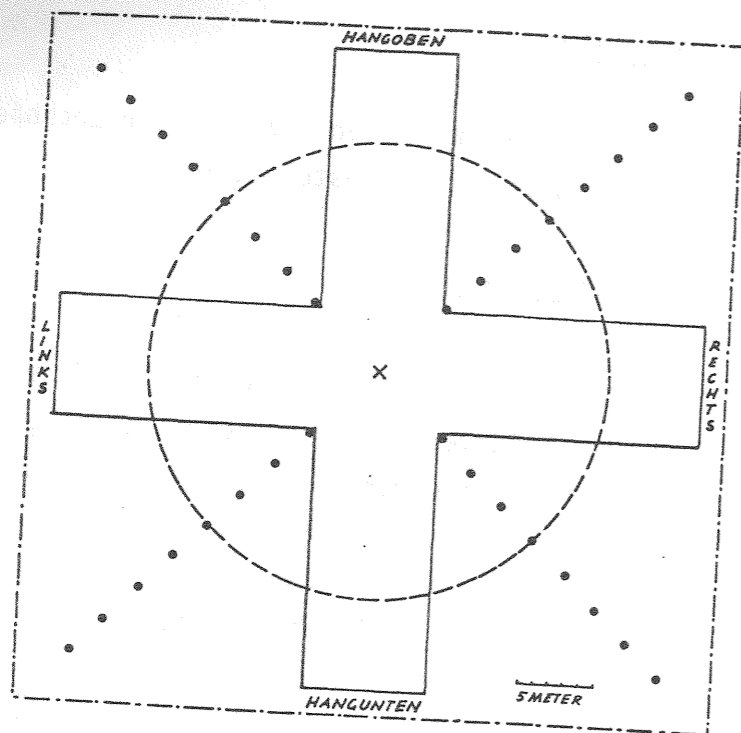
Bei der Schätzung der Bedeckung des Bodens durch die Vegetation auf jedem Probekreis wurde die oberirdische Biomasse senkrecht von oben auf den Boden projiziert. Mehrfachüberdeckungen blieben somit unberücksichtigt. Die projizierte Fläche wurde als Prozentzahl der Gesamtfläche des Probekreises (1 m²) ausgedrückt, wobei in 5 % Stufen geschätzt wurde. Die Präzision der Schätzung erwies sich als überraschend hoch. Bei Wiederholungsschätzungen ergab sich, daß die Einzelschätzungen nicht mehr als + 5 % voneinander abwichen. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, daß die Unterteilung des Probekreises in vier gleiche Quadranten die Schätzung erheblich erleichterte, und zum anderen nur wenige geübte Leute die Schätzungen durchführten.

5.23 Erhebungen auf den Vegetationsprobekreisen

Im Jahr 1981 wurden für eine intensive Aufnahme der Bodenvegetation im fünften Versuchsjahr weitere 32 (0,25 m² große) "Vegetationsprobekreise" festgelegt. Ihre Anordnung in den zwei Diagonallinien zeigt Abb. 23. Die vom linken unteren Zauneck ins rechte obere Zauneck verlaufende Diagonallinie wurde mit D1, die vom rechten unteren Zauneck ins linke obere Zauneck verlaufende Linie mit D2 be-

^{+) Herrn STORCH, Lehrinheit für Vegetationskunde der Universität München, bin ich für seine Mithilfe bei den ganzflächigen Vegetationsaufnahmen sehr dankbar.}

zeichnet.



- Zaun
- Bestandeslücke mit einem Durchmesser von 30m
- ⊕ Fläche der übrigen Versuchseinrichtungen (s. Abb. 5)
- × Lückemittelpunkt
- Vegetationsprobekreise

Abb. 23:

Die Anordnung der Vegetationsprobekreise auf einer Lochhiebsparzelle

Im Gegensatz zu den in Abb. 5 dargestellten Naturverjüngungsprobekreisen handelt es sich bei den Vegetationsprobekreisen um keine ständigen Versuchseinrichtungen der Lochhiebsparzellen. Sie wurden nur einmal und zwar im August 1981 aufgenommen, und deshalb auch nicht fest vermarktet. Eine Abgrenzung der Vegetationsprobekreise wurde erreicht durch Auflegen eines Eisenringes mit Radius 28,21 cm ($\approx 0,25 \text{ m}^2$) an den auf den Lochhiebsparzellen eingemessenen Stellen. Der Eisenring entsprach in seinem Aufbau dem in Kap. 3.1 beschriebenen Naturverjüngungsprobekreisring.

Auf den insgesamt 128 Vegetationsprobekreisen (32 x 4 Parzellen) wurden folgende Daten erhoben:

- die Arten und die Artenzahl
- der Bedeckungsgrad jeder einzelnen Art
- der Gesamtbedeckungsgrad des Probekreises (Mehrfachüberdeckungen wurden nicht berücksichtigt)
- die Höhe der höchsten Pflanze, gleich welcher Art (gemessen wurde das höchste Assimilationsorgan, Blütenstände blieben somit unberücksichtigt)
- die oberirdische Biomasse zum einen für die dominierende Art und zum anderen für die restliche Bodenvegetation (die bodengleich abgeschnittene Biomasse wurde bei 65°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, und sodann das entsprechende Trockengewicht festgehalten)

5.24 Erhebungen im Pflanzungsbereich

Es war anzunehmen, daß die Entwicklung der Bodenvegetation in den im Frühjahr

1977 auf den Lochhiebsparzellen angelegten Anpflanzungen durch die Konkurrenz der Forstpflanzen gehemmt worden war. Zur Klärung der Frage, wie stark diese Hemmung war, wurden im August 1981 im Pflanzungsbereich jeder Lochhiebsparzelle acht $0,25 \text{ m}^2$ große Vegetationsprobekreise aufgenommen, deren Aufnahmedaten mit denen der Vegetationsprobekreise außerhalb des Pflanzungsareals verglichen werden sollten. Die acht Probekreise wurden grundsätzlich im Pflanzungsareal der Fichte untergebracht, da sich die Fichte durch hohe Überlebensraten und gute Zuwächse auszeichnete, von ihr also ein großer Konkurrenzdruck auf die Bodenvegetation zu erwarten war. Das Pflanzungsareal der Fichte ist wie in Kap. 7.2 beschrieben auf zwei 2 m breite und 8 m lange Teilbereiche aufgeteilt (Pflanzverband $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$). In den vier Ecken dieser Teilbereiche wurde jeweils ein Probekreis ausgelegt, und zwar so, daß eine Fichte im Zentrum dieses Probekreises zu stehen kam.

Auf den insgesamt 32 Probekreisen (8 x 4 Parzellen) wurden folgende Daten erhoben:

- die Artenzahl der Bodenvegetation
- die Gesamtbedeckung des Probekreises durch Bodenvegetation
- die Höhe der höchsten Pflanze der Bodenvegetation
- das Trockengewicht der oberirdischen Biomasse der Bodenvegetation
- der Bedeckungsgrad der gepflanzten Fichte
- die Höhe der gepflanzten Fichte
- die relative Beleuchtungsstärke über der gepflanzten, von der Bodenvegetation nicht beschatteten Fichte

5.25 Die Auswertung der Bodenvegetationsaufnahmen

5.251 Die Deckungsprozentsschätzungen aus den fünf Aufnahmejahren auf den Naturverjüngungsprobekreisen.

Von den Naturverjüngungsprobekreisen lagen insgesamt 2080 Einzelschätzungen der Bedeckung durch die Bodenvegetation vor (52 Probekreise x 2 Aufnahmen x 5 Jahre x 4 Parzellen).

Dieses Datenmaterial wurde in einem ersten Schritt varianzanalytisch ausgewertet, wobei die Versuchsanlage als eine Spaltanlage mit 4 Faktoren und 4 Wiederholungen aufgefaßt wurde.

Als der den Hauptflächen zugeordnete Faktor A wurde die Entfernung vom Lückemittelpunkt angesehen. Wie schon bei der Auswertung der Lichtmessungen wurden sieben Entfernungsstufen gebildet (s. Kap. 4.132.2, Tab. 8). Für die Stufen 2 - 7 konnten dabei jeweils 8 Einzelwerte, für die Stufe 1 lediglich 4 Einzelwerte zu einer Mittelwertbildung herangezogen werden.

Die vier Parzellen gingen als vier Wiederholungen (Blöcke) in die Berechnung ein.

Die Bodenbearbeitung wurde als Faktor B betrachtet. Damit wurde jede Hauptfläche in zwei Teilflächen unterteilt. In die Mittelwerte der Teilflächen der Entfernungsstufen 2 - 7 gingen 4 Einzelwerte, in die der Entfernungsstufe 1 zwei Einzelwerte ein.

Auf jeder Teilfläche wurden 5 Jahre lang Deckungsprozent-schätzungen vorgenommen. Die Jahre wurden als Faktor C den Unterteilflächen zugewiesen. Da in jedem Jahr zwei Aufnahmen stattfanden, im Frühsommer und im Herbst, wurden die Jahreszeiten als Faktor D den Unter-Unterteilflächen zugeordnet.

Mittelwertunterschiede wurden mit dem "Neuen multiplen Spannweitetest" nach DUNCAN auf Signifikanz überprüft.

Das genaue Berechnungsschema einer Spaltanlage mit vier Faktoren sowie eine Anleitung zur Durchführung der DUNCAN - Folgetests findet sich bei van LAAR (1979). Formeln für die Berechnung der Standardfehler der Wechselwirkungen werden von COCHRAN und COX (1968) angegeben.

Da sich in der Varianzanalyse signifikante Unterschiede zwischen den Parzellen ergeben hatten, wurden in einem zweiten Schritt die Deckungsprozente der Bodenvegetation (und zwar die Deckungsprozente der bodenbearbeiteten Probekreise jeweils im Frühsommer jeden Jahres) getrennt für jede Lochhiebpazelle in Abhängigkeit von den Entfernungsstufen und den Jahren mit Hilfe der deskriptiven Statistik mathematisch dargestellt. Die Entwicklung der Bodenvegetation konnte mit den Funktionstypen $y = b_0 + b_1 x_1$ und $y = b_0 + b_1 \ln x$ beschrieben werden. Wurde die Entfernungsstufe durch die entsprechende Beleuchtungsstärke (s. Kap. 4.142) ersetzt, so konnte die Entwicklung der Bodenvegetation durch jeweils eine einzige Gleichung des Typs $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_1 x_2$ für jede Lochhiebpazelle beschrieben werden (wobei $x_1 = \text{Jahre } 1-5$ und $x_2 = \text{rel. Beleuchtungsstärke in \%}$).

5.252 Die Aufnahmedaten des Jahres 1981

5.252.1 Die Beschreibung der Bodenvegetation außerhalb der Pflanzungsareals

Für eine Beschreibung der Situation der Bodenvegetation im Jahr 1981 auf den vier Parzellen wurden die bei der ganzflächigen Vegetationsaufnahme und bei der Vegetationsaufnahme auf den Vegetationsprobekreisen vorgefundenen Arten aufgelistet. Die Arten, die auf den Vegetationsprobekreisen zu finden waren, konnten nach der Häufigkeit ihres Vorkommens geordnet werden. Die Bedeckungsprozente, und teilweise auch das Trockengewicht ausgewählter Arten der Bodenvegetation wurden in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt wiedergegeben. Die Gesamtartenzahl der Parzellen I und II ließ sich in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke darstellen.

Für die Beschreibung der Gesamtbedeckung der Lochhiebpazellen durch Bodenvegetation im Jahr 1981 wurden die Bedeckungsgradschätzungen der Vegetationsprobekreise (Aufnahme August) und der Naturverjüngungsprobekreise (Herbstaufnahme, Mittelwerte der bearbeiteten und unbearbeiteten Probekreise) herangezogen. Anders als bei der varianzanalytischen Auswertung wurden die Einzelbedeckungsgradschätzungen nicht mehr sieben Entfernungsstufen zugeordnet, sondern den aus Kap. 4.132.3 bekannten Kreuzlinien K1 und K2 sowie den Diagonallinien D1 und D2. Damit wurde neben der Entfernung vom Lückenmittelpunkt auch die Lage innerhalb der Lochhiebpazelle berücksichtigt, und eine detaillierte Beschreibung der Bedeckung der Parzellen durch Bodenvegetation ermöglicht. Die über den vier Linien aufgetragenen Deckungsprozent-schätzungen ließen funktionale Zusammenhänge zwischen Entfernung vom Lückenmittelpunkt und Deckungsprozent erkennen, die mit Hilfe von Funktionsgleichungen der Art $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$ (Parabeln) dargestellt werden konnten. Diese Gleichungen wurden varianzanalytisch getestet. Außerdem wurden die Extremwerte, die zumeist in der Lochmitte lagen, wo keine Aufnahmen durchgeführt werden konnten, durch ein von LINDER (1954) beschriebenes Verfahren abgesichert.

Die den vier Linien zugeteilten Deckungsprozent-schätzungen wurden auch in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke dargestellt. Dabei wurden folgende Funktionstypen verwendet: $y = b_0 \cdot x^{b_1}$; $y = b_0 \cdot e^{b_1 x}$; $y = b_0 + b_1 x$; $y = b_0 + b_1 \ln x$. Die Regressionsgleichungen wurden varianzanalytisch getestet.

Die auf den Vegetationsprobekreisen erhobenen Höhen und Trockengewichte konnten den Diagonallinien D1 und D2 zugeordnet werden. Ein Ausgleich wurde mit Hilfe von Parabeln ($y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$) vorgenommen.

Die Darstellung dieser Kriterien in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke konnte im Fall der Höhe zumeist mit linearen Funktionen ($y = b_0 + b_1 x$) und im Fall des Trockengewichtes zumeist mit Exponentialfunktionen ($y = b_0 \cdot e^{b_1 x}$) erreicht werden. Alle Regressionsgleichungen wurden varianzanalytisch getestet.

5.252.2 Die Beschreibung der Bodenvegetation innerhalb des Pflanzungsareals

Die Stichprobenzahl von 8 Probekreisaufnahmen im Pflanzungsareal jeder Lochhiebpazelle erwies sich zur Herleitung gesicherter Beziehungen zwischen den erhobenen Parametern und der Entfernung vom Lückenmittelpunkt bzw. der relativen Beleuchtungsstärke als nicht ausreichend. Infolgedessen können lediglich die Aufnahmedaten mitgeteilt werden. Ein Vergleich mit den außerhalb des Pflanzungsareals erhobenen Daten läßt aber zumindest Tendenzen erkennen.

5.3 Ergebnisse der Bodenvegetationsaufnahmen

5.31 Die Entwicklung der Bodenvegetation von 1977 bis 1981

Das Ergebnis der varianzanalytischen Auswertung der fünfjährigen Deckungsprozent-schätzungen der Bodenvegetation auf den Naturverjüngungsprobekreisen zeigt Tab. 20. Danach haben sich mit Ausnahme der Bodenbearbeitung alle Hauptfaktoren als hochsignifikant erwiesen. In Abb. 24 werden die Mittelwerte der Deckungsprozente in Abhängigkeit von den hochsignifikanten Einflußfaktoren Entfernung vom Lückenmittelpunkt, Parzelle, Jahr und Jahreszeit dargestellt.

Wie aus Abb. 24 ersichtlich, nehmen die Deckungsprozente mit der Entfernung vom Lückenmittelpunkt ab. Die Mittelwerte der Deckungsprozente der Entfernungsstufen 1, 2 und 3, bzw. der Entfernungsstufen 1, 3 und 4 sind dabei als gleichwertig zu betrachten. Signifikant unterschieden ist der Deckungsprozentsatz der Entfernungsstufe 5 sowohl von den Deckungsprozenten der Stufen 1 - 4 als auch von denen der Stufen 6 und 7.

Unterschiedliche Bedeckungsprozente weisen auch die vier Parzellen auf. Die höchsten Werte sind auf den Parzellen III und IV ermittelt worden, und das geringste Bedeckungsprozent wurde auf der Parzelle II gefunden. Dazwischen liegt der Deckungsprozentsatz der Parzelle I. Darin kommt zum einen die unterschiedliche Ausgangslage der Parzellen hinsichtlich der Vegetationsbedeckung zum Ausdruck, zum anderen jedoch auch die unterschiedliche Geschwindigkeit der

Ursache der Variation	Freiheitsgrade FG	Summe der Abweichungsquadrate Q	Mittleres Quadrat MQ	F
Entfernung (Faktor A)	6	91 569.96	15 261.66	26.14 ⁺⁺
Parzellen (Blöcke)	3	94 839.03	31 613.01	54.14 ⁺⁺
Fehler (a)	18	10 509.74	583.87	

Bodenbearbeitung (Faktor B)	1	512.45	512.45	< 1 n.s.
Wechselwirkung (Ax B)	6	3 474.32	579.05	< 1 n.s.
Fehler (b)	21	13 406.28	638.39	

Jahre (Faktor C)	4	210 816.39	52 704.10	353.27 ⁺⁺
Wechselwirkungen (Ax C)	24	28 088.02	1 170.33	7.84 ⁺⁺
(Bx C)	4	6 619.10	1 654.78	11.09 ⁺⁺
(Ax Bx C)	24	2 627.10	109.46	< 1 n.s.
Fehler (c)	168	25 063.60	149.19	

Jahreszeit (Faktor D)	1	1 160.35	1 160.35	50.87 ⁺⁺
Wechselwirkungen (Ax D)	6	687.56	114.59	5.02 ⁺⁺
(Bx D)	1	43.63	43.63	1.91 n.s.
(Cx D)	4	1 710.75	427.69	18.75 ⁺⁺
(Bx Cx D)	4	418.56	104.64	4.59 ⁺⁺
(Ax Bx D)	6	227.88	37.98	1.67 n.s.
(Ax Cx D)	24	219.89	9.16	< 1 n.s.
(Ax Bx Cx D)	24	177.05	7.38	< 1 n.s.
Fehler (d)	210	4 790.44	22.81	
Gesamt	559	496 962.10		

++) hochsignifikant
n.s. nicht signifikant

Tab. 20: Varianzanalyse: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation auf den vier Lochhiebparzellen.

Vegetationsentwicklung auf den einzelnen Parzellen, wie noch gezeigt werden wird.

Die Aufschlüsselung der Bedeckungsprozente nach Jahren ergibt, daß die durchschnittliche Bedeckung auf den Lochhiebparzellen von 13% im Jahr 1977 auf 66% im Jahr 1981 angewachsen ist. Die einzelnen Jahre sind signifikant voneinander unterschieden.

Auch die Jahreszeit der Aufnahme ist von Bedeutung für die vorgefundenen Deckungsprozente der Bodenvegetation. Im Herbst wurden in der Regel etwas höhere Bedeckungsgrade registriert.

Neben den genannten Hauptfaktoren erwiesen sich auch eine Reihe von Wechselwirkungen als hochsignifikant.

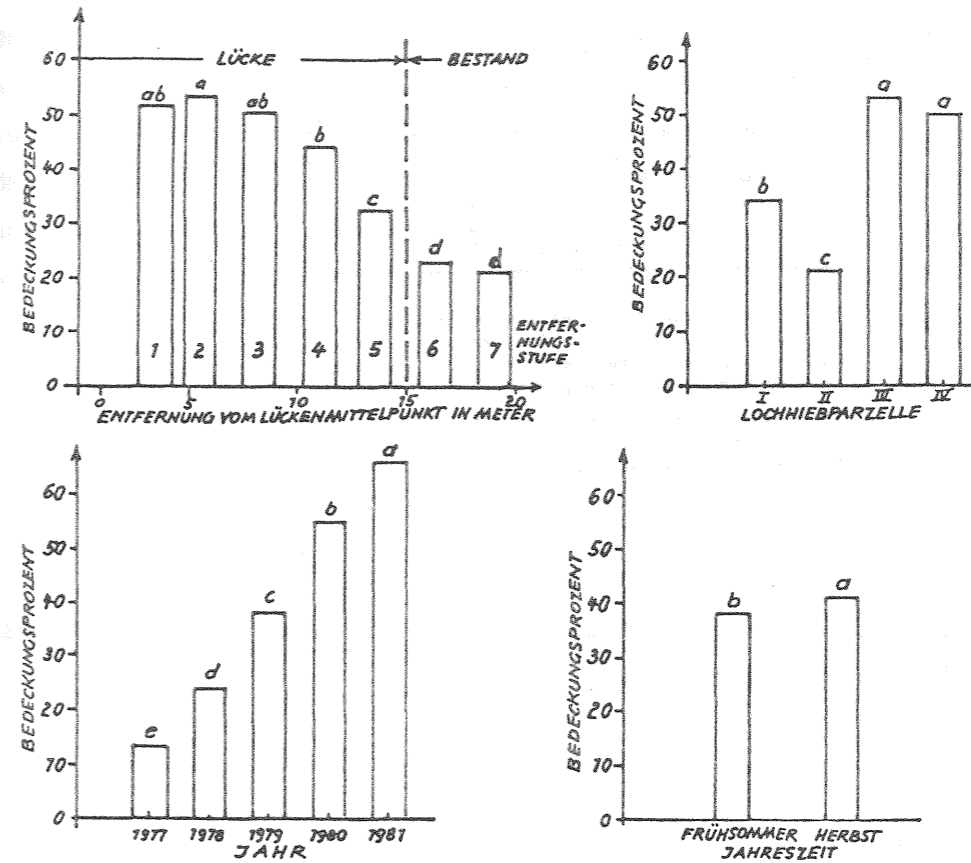


Abb. 24: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation in Abhängigkeit von den verschiedenen Einflußfaktoren.

Mit denselben Buchstaben gekennzeichnete Säulen (= Mittelwerte der Varianzanalyse) unterscheiden sich bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht.

So zeigt Tab. 21 die Wechselwirkung Jahre x Entfernung vom Lückenmittelpunkt. Diese Tabelle enthält eine wichtige Information: im ersten Aufnahmejahr, 1977, ist eine Differenzierung der Bedeckungsgrade der Bodenvegetation nach der Entfernung vom Lückenmittelpunkt nicht nachzuweisen. Die bei der Besprechung des Hauptfaktors "Entfernung" dargestellte Aufgliederung der Bedeckungsprozente nach der Entfernung vom Lückenmittelpunkt hat sich also erst im Versuchszeitraum herausgebildet, und ist insofern ausschließlich als Reaktion auf den Versuchseingriff zu werten.

ENTFERNUNGSSTUFE	J A H R				
	1977	1978	1979	1980	1981
1	14.4 a	28.8 ab	54.5 a	71.6 a	88.8 a
2	17.8 a	34.6 a	54.1 a	72.8 a	87.9 a
3	16.4 a	30.7 ab	49.3 a	69.8 a	84.4 ab
4	14.0 a	23.4 abc	42.6 a	63.5 a	75.9 b
5	10.2 a	20.1 bc	31.0 b	46.1 b	53.5 c
6	11.1 a	15.4 c	21.1 bc	31.9 c	36.6 d
7	9.3 a	13.5 c	15.8 c	29.3 c	35.8 d

Tab. 21: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation in den fünf Aufnahmejahren in Abhängigkeit von den sieben Entfernungsstufen (Wechselwirkung Jahre x Entfernung vom Lückenmittelpunkt).

Mit denselben Buchstaben versehene Entfernungsstufen-Mittelwerte unterscheiden sich bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit nicht.

Eine ebenfalls bedeutsame Information enthält die Tab. 22, in der die Wechselwirkung Jahre x Bodenbearbeitung dargestellt ist.

BODENBEARBEITUNG	J A H R				
	1977	1978	1979	1980	1981
mit	9.0 b	22.1 a	40.5 a	59.6 a	70.2 a
ohne	17.6 a	25.5 a	36.3 a	50.4 b	62.0 b

Tab. 22: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation in den fünf Aufnahmejahren auf den bearbeiteten und unbearbeiteten Probekreisen (Wechselwirkung Jahre x Bodenbearbeitung).

Mit denselben Buchstaben versehene Bodenbearbeitungsvarianten-Mittelwerte unterscheiden sich bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit nicht.

Durch die Bodenbearbeitung wurde die Bodenvegetation nur im ersten Jahr zurückgedrängt. Schon in den Jahren 1978 und 1979 unterschieden sich die Bedeckungsprozente auf den bearbeiteten und unbearbeiteten Probekreisen nicht mehr voneinander. Im vierten und fünften Untersuchungsjahr waren wieder Unterschiede zwischen bearbeiteten und unbearbeiteten Probekreisen nachweisbar, nun allerdings in der Weise, daß auf den bearbeiteten Probekreisen mehr Bodenvegetation anzutreffen war als auf den unbearbeiteten.

Angesichts dieser kreuzförmigen Wechselwirkung wird auch verständlich, warum sich in der Varianzanalyse für den Einflußfaktor Bodenbearbeitung keine Signifi-

kanz nachweisen ließ. In der als Spaltanlage gerechneten Varianzanalyse werden die Deckungsprozentsummen der Bodenvegetation aller Jahre auf den unbearbeiteten und den bearbeiteten Kreisen verglichen. Diese nicht nach Jahren aufgeschlüsselten Summen sind gleich. Erst wenn nach Jahren getrennt wird, zeigt sich, daß die Entwicklung der Bodenvegetation auf den bearbeiteten Probekreisen anders verläuft als auf den unbearbeiteten: im Vergleich zu den unbearbeiteten Probekreisen liegen die Ausgangsdeckungsprozente niedriger und die Zunahme der Deckungsprozente ist mit den Jahren höher. Der Schnittpunkt der beiden Entwicklungslinien liegt der Tab. 23 zufolge, in der die dreifache Wechselwirkung Jahre x Jahreszeit x Bodenbearbeitung dargestellt ist, vor dem Frühsommer 1979.

BODENBEARBEITUNG	J A H R U N D J A H R E S Z E I T									
	1977		1978		1979		1980		1981	
	Früh-sommer	Herbst	Früh-sommer	Herbst	Früh-sommer	Herbst	Früh-sommer	Herbst	Früh-sommer	Herbst
mit	3.1 b	14.9 a	19.7 a	24.5 a	38.3 a	42.7 a	59.8 a	59.3 a	71.9 a	68.6 a
ohne	14.9 a	20.3 a	24.4 a	26.5 a	35.0 a	37.7 a	49.5 b	51.3 b	65.2 b	61.8 b

Tab. 23: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation in den fünf Aufnahmejahren im Frühsommer und im Herbst auf den bearbeiteten und unbearbeiteten Probekreisen (Wechselwirkung Jahre x Jahreszeit x Bodenbearbeitung).

Mit denselben Buchstaben versehene Bodenbearbeitungsvarianten-Mittelwerte unterscheiden sich bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit nicht.

Tab. 24 zeigt die signifikante Wechselwirkung Entfernung vom Lückenmittelpunkt x Jahreszeit. Danach unterschied sich nur auf den Entfernungsstufen 1 - 4, nicht dagegen auf den Entfernungsstufen 5 - 7, die Frühsommernaufnahme von der Herbstaufnahme.

JAHRESZEIT	ENTFERNUNGSSTUFE						
	1	2	3	4	5	6	7
Frühsommer	48.4 b	51.4 b	47.8 b	42.5 b	31.2 a	23.1 a	20.8 a
Herbst	54.8 a	55.5 a	52.6 a	45.2 a	33.1 a	23.3 a	20.7 a

Tab. 24: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation auf den sieben Entfernungsstufen im Frühsommer und im Herbst (Wechselwirkung Entfernung vom Lückenmittelpunkt x Jahreszeit).

Mit denselben Buchstaben versehene Jahreszeiten-Mittelwerte unterscheiden sich bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit nicht.

In Tab. 25, in der die signifikante Wechselwirkung Jahre x Jahreszeit wiedergegeben wird, kommt zum Ausdruck, daß nur bis zum Jahr 1979 eine Zunahme der

JAHRES- ZEIT	J A H R				
	1977	1978	1979	1980	1981
Frühsommer	9.0 b	22.0 b	36.7 b	54.7 a	67.1 a
Herbst	17.6 a	25.5 a	40.2 a	55.3 a	65.2 b

Tab. 25: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation in den fünf Aufnahmejahren im Frühsommer und im Herbst (Wechselwirkung Jahre x Jahreszeit).

Mit denselben Buchstaben versehene Jahreszeiten-Mittelwerte unterscheiden sich bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit nicht.

Deckungsprozente vom Frühsommer bis zum Herbst nachgewiesen werden kann. 1980 wurden bei der Herbstaufnahme sogar geringere Deckungsprozente ermittelt als bei der Frühsommernaufnahme. Dieser Befund ist jedoch nicht überzubewerten. Erstens ist der Unterschied sehr gering und zweitens ist er nur auf den Parzellen III und IV beobachtet worden, wo infolge eines späten Aufnahmetermins die Vegetation beim Herbstaufnahmetermin bereits wieder rückgängig war (v.a. Adenostyles).

Konnten mit der Varianzanalyse Aussagen über die Entwicklung der Bodenvegetation herausgearbeitet werden, die im wesentlichen für alle vier Lochhiebpärzellen Gültigkeit haben, so ergibt sich doch (u.a. auch aus der letztgenannten Beobachtung) die Notwendigkeit, die Parzellen getrennt zu betrachten.

Die Altbestände auf den vier Parzellen wiesen vor dem Lochhieb unterschiedliche Beschirmungsgrade auf, so daß die Entwicklung der Bodenvegetation auf den Parzellen bereits vor Versuchsbeginn unterschiedlich weit fortgeschritten war. Die im Frühsommer 1977 vorgenommenen Deckungsprozentschätzungen der Bodenvegetation auf den unbearbeiteten Probekreisen ergaben für die Lochhiebpärzelle I eine mittlere Bedeckung von 8%, für die Parzelle II eine von 0%, für die Parzelle III eine von 26% und für die Parzelle IV ebenfalls eine von 26%⁺).

+) Die in Tab. 5 mitgeteilten Bedeckungsprozente vom Sommer 1977 liegen demgegenüber wesentlich höher. Sie stammen aus einer ganzflächigen Bedeckungsgradansprache, wurden später im Jahr erhoben und dürften einen größeren Schätzfehler aufweisen (vgl. hierzu UEBELHÖR, 1979).

Durch die Bodenbearbeitung wurde diese teilweise bereits vorhandene Bodenvegetation weitgehend beseitigt und eine halbwegs vergleichbare Ausgangslage der Parzellen geschaffen⁺). Die Entwicklung der Bodenvegetation auf den bodenbearbeiteten Probekreisen der vier Parzellen in vier verschiedenen Entfernungen vom Lückenmittelpunkt (Entfernungsstufe 1, 3, 5 und 7) wird in Abb. 25 anhand der jeweils im Frühsommer jeden Jahres vorgenommenen Deckungsprozentschätzungen aufgezeigt. Aus Abb. 25 wird ersichtlich, daß die Entwicklung der Bodenvegetation auf den Parzellen III und IV sehr ähnlich verlief. Auf diesen Parzellen entwickelte sich die Bodenvegetation sehr viel rascher als auf den beiden anderen Parzellen. Am langsamsten verlief im allgemeinen die Entwicklung auf der Parzelle II. Die Entwicklung der Bodenvegetation auf der Parzelle I nahm eine Zwischenstellung zwischen der raschen Entwicklung auf den Parzellen III bzw. IV und der langsamen Entwicklung auf der Parzelle II ein.

Mit zunehmender Entfernung vom Lückenmittelpunkt verlangsamte sich auf allen vier Parzellen das Entwicklungstempo der Bodenvegetation. Wird die Entfernung vom Lückenmittelpunkt durch die relative Beleuchtungsstärke gekennzeichnet, dann kann die Entwicklung der Bodenvegetation auf jeder Lochhiebpärzelle mit einer einzigen Gleichung zutreffend beschrieben werden (s. Abb. 26).

Besonders hingewiesen sei auf das verzögerte Anlaufen der Bodenvegetationsentwicklung auf der Lochhiebpärzelle II, das von der verwendeten multiplen Regressionsgleichung nicht nachvollzogen werden kann (deshalb auch das gegenüber den anderen Parzellen geringere Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,83$). Vor dem Einsetzen einer vehementen Vegetationsentwicklung mußten hier anscheinend zunächst Mineralisierungsvorgänge im Humus ablaufen.

5.32 Der Zustand der Bodenvegetation im Jahr 1981

5.321 Die Arten

Im Anhang (Kap. 11) werden die Artenlisten der Vegetationsaufnahmen im Sommer 1981 auf den vier Lochhiebpärzellen wiedergegeben. Daraus geht hervor, daß im

+) Streng genommen ist die Ausgangslage auch nach der Bodenbearbeitung auf den verschiedenen Parzellen nicht vergleichbar. Zum einen konnte die Bodenbearbeitung die vorhandene Vegetation nicht vollständig vernichten und zum anderen blieb die Vegetation im Umkreis des behandelten Feldes erhalten und konnte von dort die bearbeitete Fläche leicht wieder besiedeln.

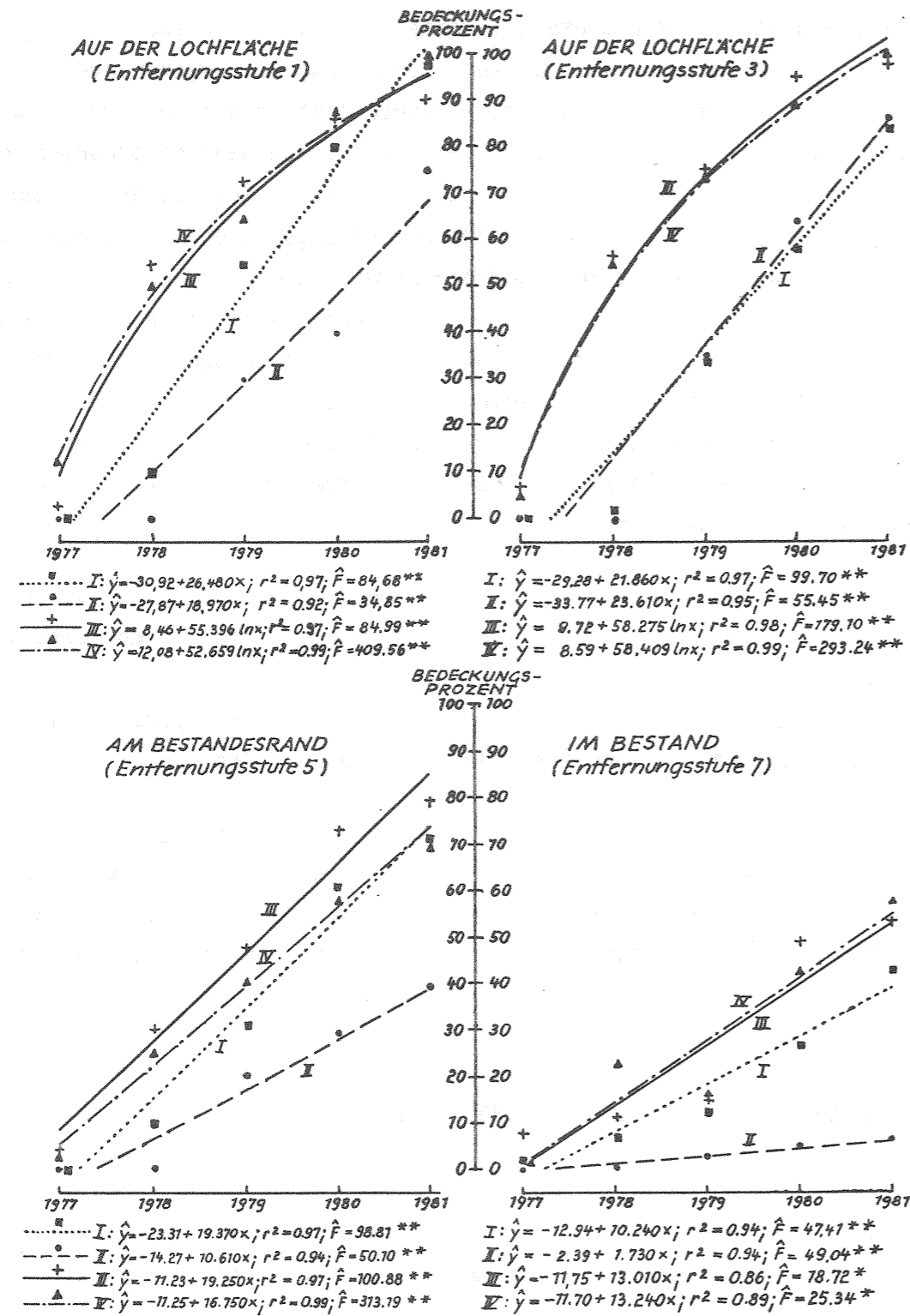


Abb. 25: Die Entwicklung der Bodenvegetation von 1977 bis 1981 auf den vier Lochhiebpargellen in vier verschiedenen Entfernungen vom Lückenmittelpunkt (Bedeckungsgradschätzungen auf den bodenbearbeiteten Probekreisen jeweils im Frühsommer).

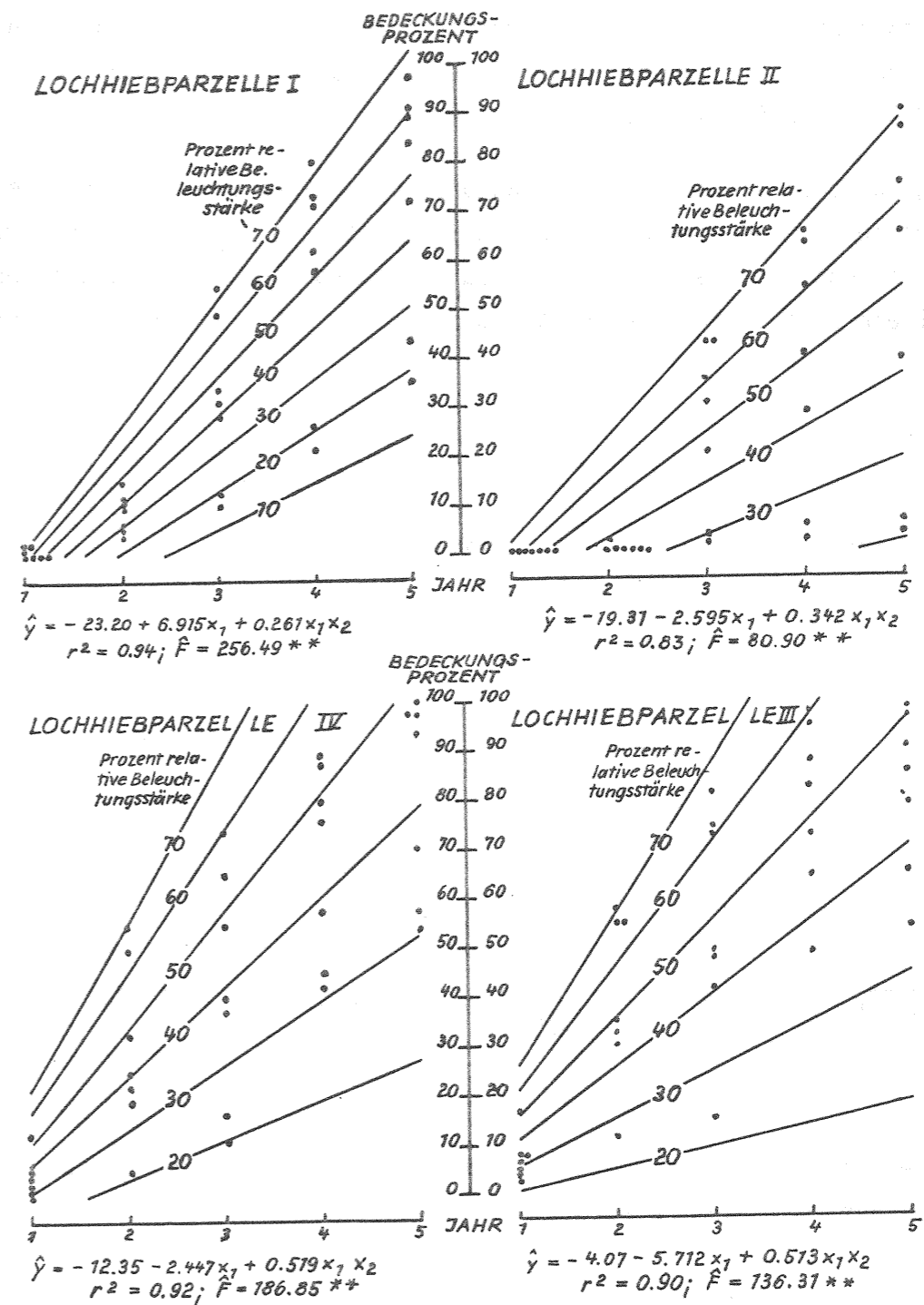


Abb. 26: Die Entwicklung der Bodenvegetation auf den vier Lochhiebpargellen in den fünf Versuchsjahren (1977-1981) in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke.

In der Regressionsgleichung $\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_1x_2$ bedeuten:

- \hat{y} = Bedeckungsgradschätzungen auf den bodenbearbeiteten Probekreisen;
- x_1 = Jahre 1 - 5
- x_2 = relative Beleuchtungsstärke in %.

Sommer 1981 auf allen Parzellen eine artenreiche Vegetation vorhanden war. Die Bodenvegetation setzte sich auf der Parzelle I aus 72 verschiedenen Arten zusammen; auf der Parzelle II waren es 64, auf der Parzelle III 79 und auf der Parzelle IV 65 verschiedene Arten.

Beziehungen zwischen den auf den Vegetationsprobekreisen ermittelten Artenzahlen und den dort herrschenden relativen Beleuchtungsstärken waren auf den Parzellen I und II zu erkennen, wobei nur auf der zu Versuchsbeginn bodenvegetationslosen Parzelle II ein deutlicher Zusammenhang bestand (s. Abb. 27). Auf den Parzellen

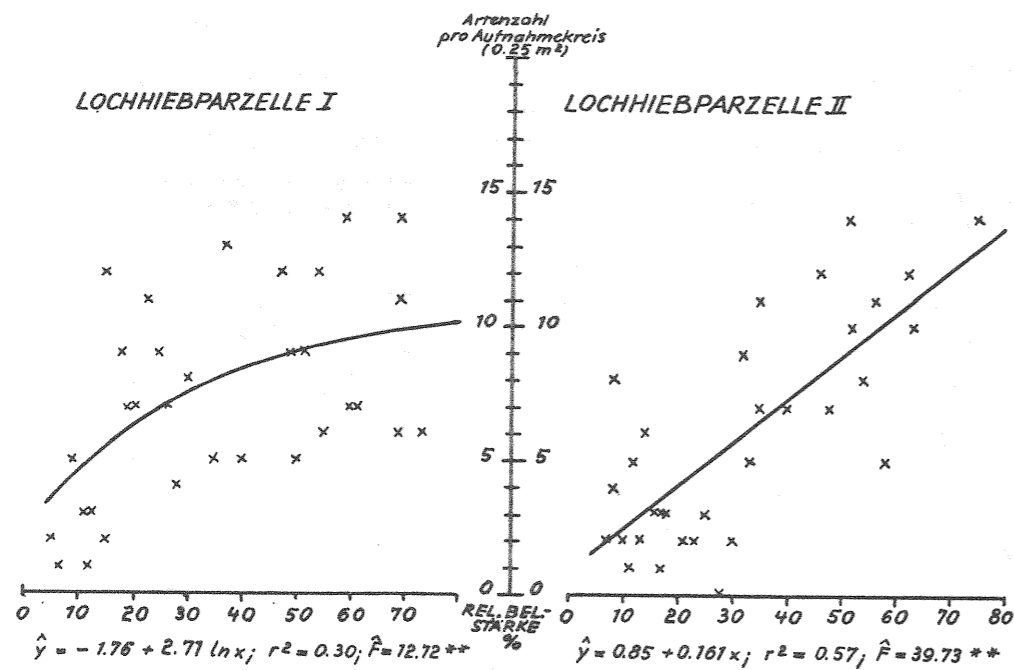


Abb. 27: Die Artenzahlen auf den Lochhiebpazellen I und II in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke.

III und IV schwankten die Artenzahlen von Probekreis zu Probekreis unabhängig von der relativen Beleuchtungsstärke sehr stark (von 4 - 21 pro 0,25 m² auf der Parzelle III, und von 3 - 17 pro 0,25 m² auf der Parzelle IV). Den Mittelwerten von 11 Arten pro 0,25 m² auf der Parzelle III und von 10 Arten pro 0,25 m² auf der Parzelle IV waren deshalb mit 32% bzw. 35% recht hohe Variationskoeffizienten zugehörig.

Auf der Lochhiebpazelle I beherrschten die Gräser (v.a. Carex alba) das Bild. Wie aus Tab. 26 a hervorgeht, waren sie jedoch nicht gleichmäßig über die Lochhiebfäche verteilt, sondern zeigten in ihrem Auftreten eine überraschende Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt. Den höchsten Bedeckungsprozent, das höchste Trockengewicht und den höchsten Anteil am Gesamttrockengewicht erreichten die Gräser am Bestandesrand unter dem Altholzschirm. In der Mitte der Fläche wurden die Gräser dagegen durch die hier konkurrenzkräftigere Himbeere und den Wasserdost zurückgedrängt.

Entfernung vom Lückenmittelpunkt in Meter	GRÄSER insgesamt			RUBUS IDAEUS Bedeckungsprozent	EUPATORIUM CANNABINUM Bedeckungsprozent	CAREX ALBA Bedeckungsprozent
	Bedeckungsprozent	Trockengewicht g/m ²	Anteil am Gesamttrockengewicht in %			
6	11	33	13	55	17	10
9	28	33	17	25	14	28
12	21	40	49	10	8	20
15	34	67	41	4	0	21
18	40	72	76	0	0	39
21	26	37	56	0	0	7
24	16	29	41	0	0	6
27	16	21	46	0	0	16

Tab. 26 a: Ausgewählte Arten der Bodenvegetation auf der Lochhiebpazelle I (Aufnahme 1981).

Auf der Lochhiebpazelle II war die Himbeere vorherrschend. Ihr Maximum erreichte sie in der Mitte der Lücke (s. Tab. 26 b). Mit zunehmender Entfernung von der

Entfernung vom Lückenmittelpunkt in Meter	RUBUS IDAEUS			FRAGARIA VESCA Bedeckungsprozent	OXALIS ACETOSELLA Bedeckungsprozent	CTENIDIUM MOLLUSCUM Bedeckungsprozent
	Bedeckungsprozent	Trockengewicht g/m ²	Anteil am Gesamttrockengewicht in %			
6	81	378	93	6	1	0
9	65	165	78	6	1	1
12	35	88	51	1	1	1
15	1	1	25	0	1	1
18	0	0	0	0	1	0
21	0	0	0	0	1	1
24	0	0	0	0	0	1
27	0	0	0	0	1	1

Tab. 26 b: Ausgewählte Arten der Bodenvegetation auf der Lochhiebpazelle II (Aufnahme 1981).

Lückenmitte nahmen Bedeckungsprozent, Trockengewicht und Anteil am Gesamttrockengewicht rasch ab. Die meisten der für die Parzelle II charakteristischen zahlreichen Moosarten (z.B. das wollige Astmoos) waren über die ganze Parzelle verteilt.

Auf den Parzellen III und IV dominierte der Alpendost. Auf beiden Flächen war er sowohl auf der unbeschränkten Lochfläche wie auch unter dem Altbestandschirm zu finden (s. Tab. 26 c und d).

Entfernung vom Lückenmittelpunkt in Meter	ADENOSTYLES ALL. + GLABRA			GRÄSER insgesamt Bedeckungsprozent	LYSIMACHIA NEMORUM Bedeckungsprozent	SANICULA EUROPAEA Bedeckungsprozent
	Bedeckungsprozent	Trockengewicht g/m ²	Anteil am Gesamttrockengewicht in %			
6	55	92	45	20	13	2
9	59	98	50	14	11	4
12	36	51	40	24	2	4
15	13	15	23	24	1	9
18	25	22	36	5	1	7
21	50	57	64	12	0	0
24	19	20	31	5	6	3
27	10	13	25	14	1	3

Tab. 26 c: Ausgewählte Arten der Bodenvegetation auf der Lochhiebparzelle III (Aufnahme 1981).

Entfernung vom Lückenmittelpunkt in Meter	ADENOSTYLES ALLIARIAE			LUZULA SILVATICA Bedeckungsprozent	RUBUS IDAEUS Bedeckungsprozent	OXALIS ACETOSELLA Bedeckungsprozent
	Bedeckungsprozent	Trockengewicht g/m ²	Anteil am Gesamttrockengewicht in %			
6	38	39	26	36	28	6
9	45	57	23	15	23	1
12	30	40	20	13	49	8
15	46	59	38	11	15	4
18	31	29	28	15	8	1
21	23	18	42	23	0	4
24	17	9	13	6	0	13
27	15	10	26	9	0	14

Tab. 26 d: Ausgewählte Arten der Bodenvegetation auf der Lochhiebparzelle IV (Aufnahme 1981).

5.322 Der Grad der Bodendeckung

In der Abb. 28 a - d werden die auf jeder der vier Lochhiebparzellen entlang der beiden Kreuzlinien K1 und K2, sowie der beiden Diagonallinien D1 und D2 vorgenommenen Gesamtdeckungsprozentsschätzungen der Bodenvegetation wiedergegeben. Der zwischen Bedeckungsgrad und Entfernung zum Lückenmittelpunkt aufscheinende Zusammenhang wurde mit Hilfe von Regressionsgleichungen, die in Tab. 27 zusammengestellt sind, beschrieben. Die Regressionsgleichungen, bei denen die varianzanalytische Testung einen signifikanten Zusammenhang erkennen ließ, wurden in Abb. 28 a - d graphisch dargestellt.

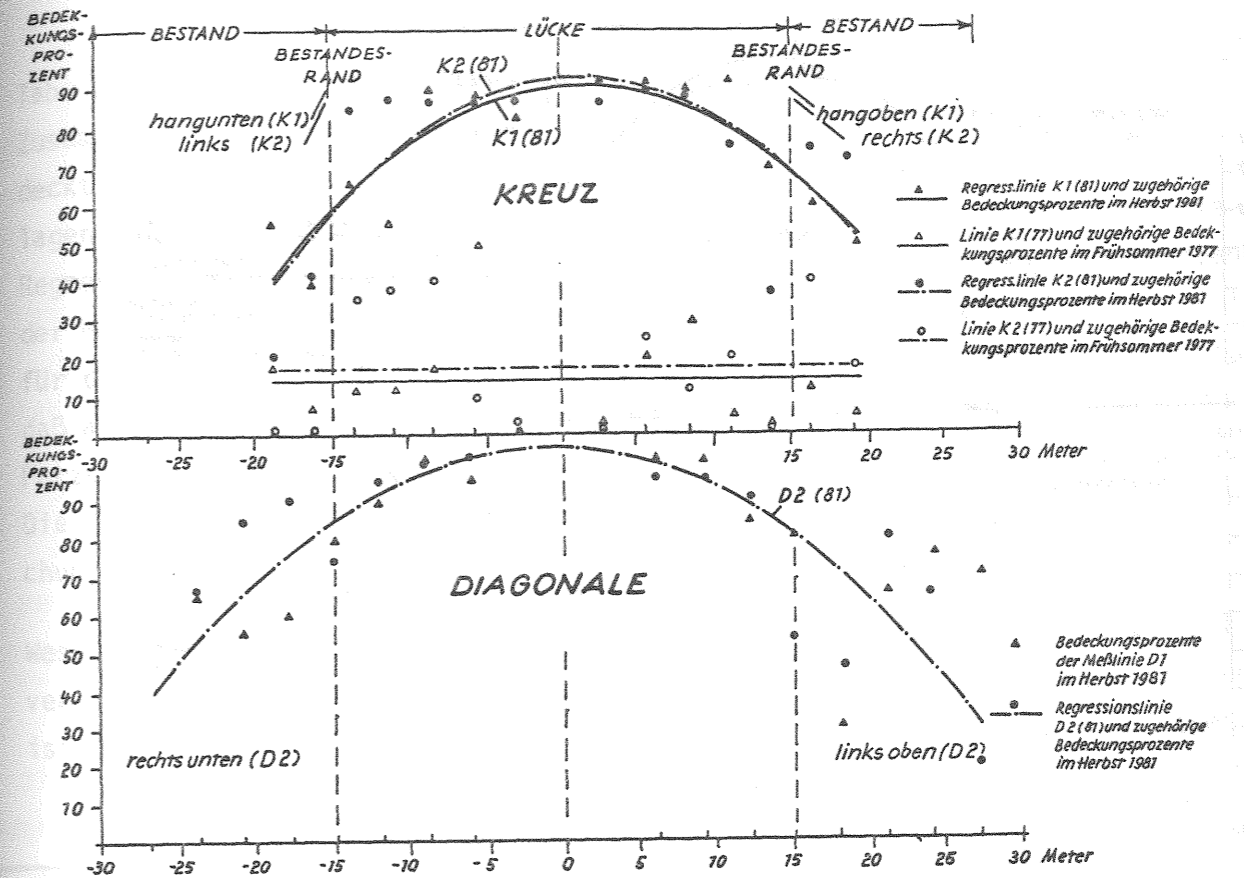


Abb. 28a: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation auf der Lochhiebparzelle I.

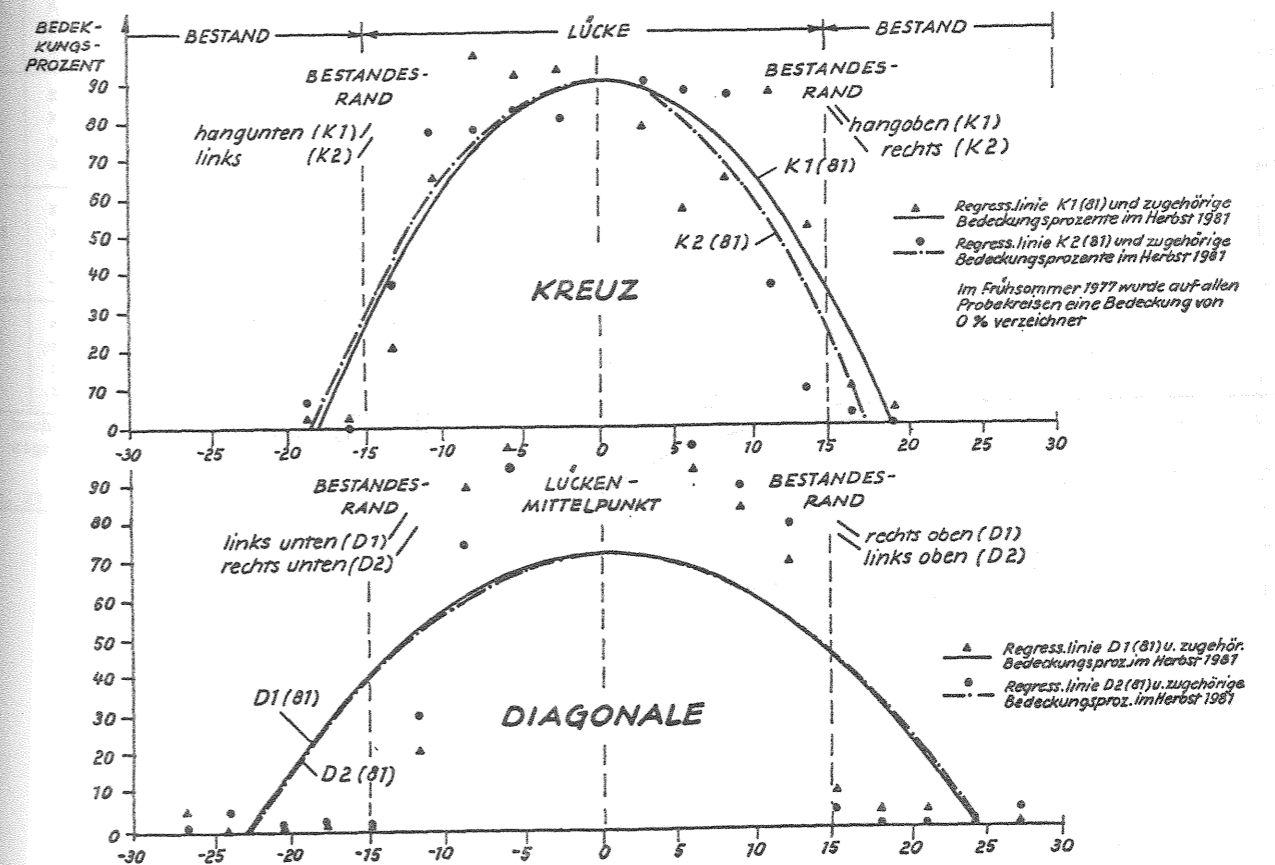


Abb. 28b: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation auf der Lochhiebparzelle II.

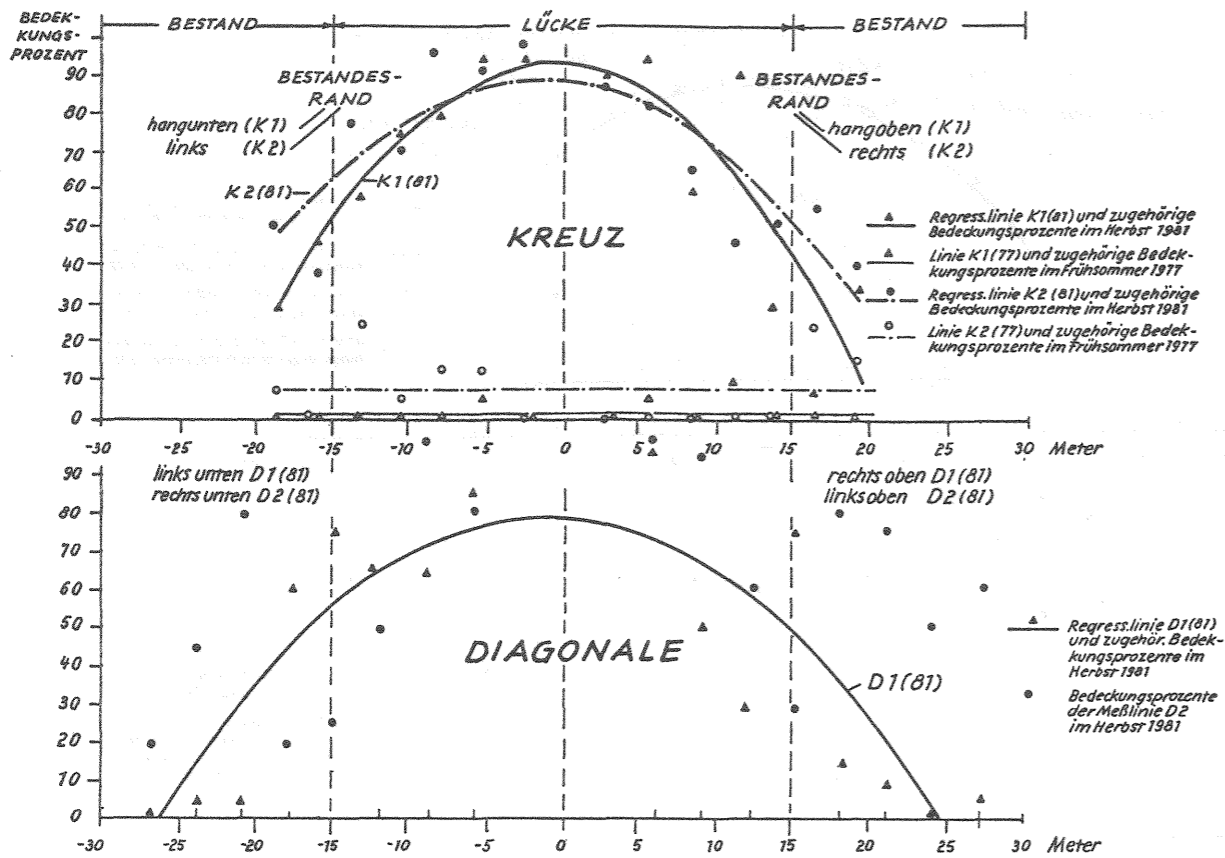


Abb. 28c: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation auf der Lochhiebparzelle III.

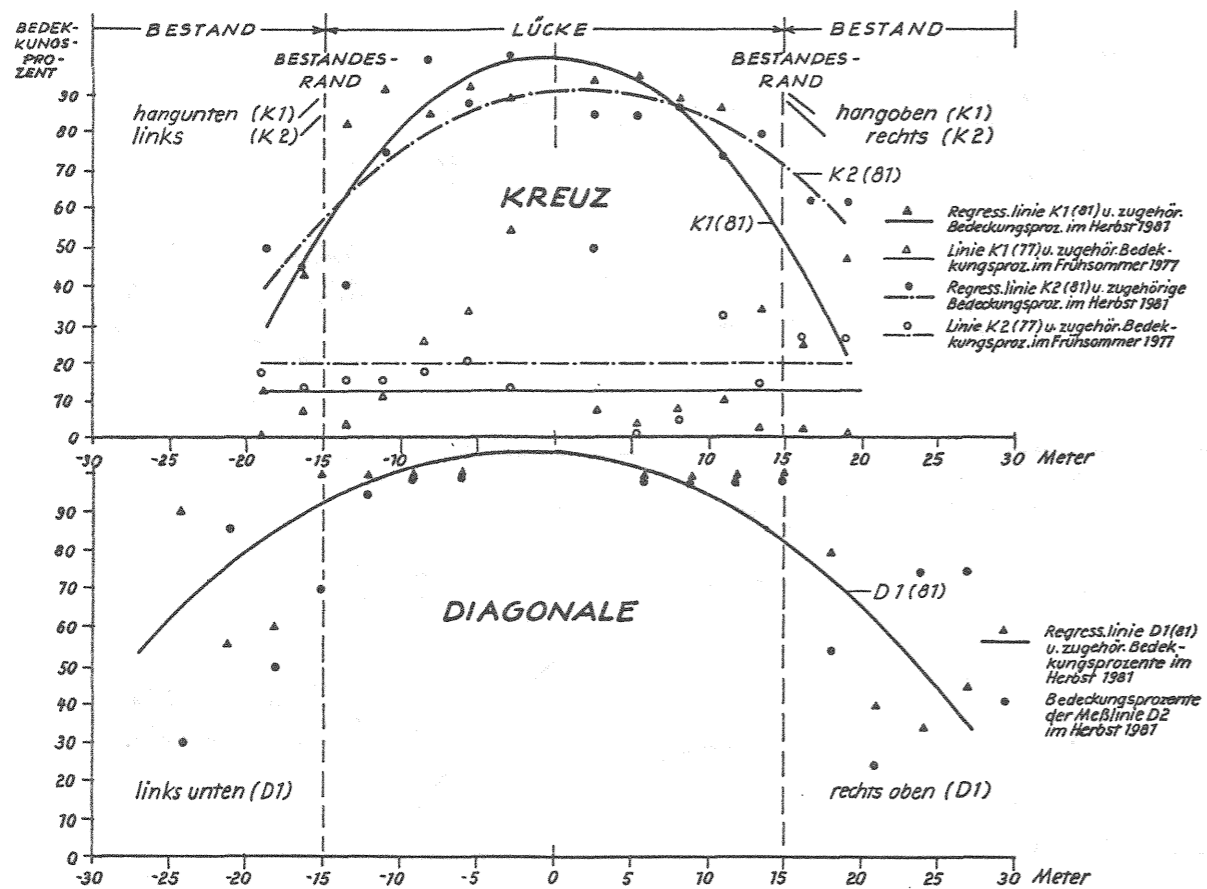


Abb. 28d: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation auf der Lochhiebparzelle IV.

Tab. 27 ist zu entnehmen, daß nur in drei von sechzehn Fällen kein signifikanter Zusammenhang zwischen Bedeckungsgrad und Entfernung zum Lückenmittelpunkt aufgedeckt werden konnte. Die Bestimmtheitsmaße der signifikanten Regressionsgleichungen lagen zwischen 0,55 (III, K2) und 0,86 (II, K2). Im allgemeinen konnten die Regressionsgleichungen (Parabeln) die Veränderung der Bedeckungsgrade entlang der Meßlinien zutreffend beschreiben. Lediglich auf der Parzelle II ergab sich für die Diagonallinien ein unbefriedigendes Bild. Dies ist darauf zurückzuführen, daß auf der Parzelle II die Bodenvegetation nicht wie auf den restlichen drei Parzellen in den Bestand "hineinläuft", sondern am Bestandesrand abrupt aussetzt. Die für die Kreuzlinien K1 und K2 der Parzelle II errechneten Regressionsgleichungen geben diesen Tatbestand sehr gut wieder.

Wesentlich flacher als auf der Parzelle II oder auch als auf der Parzelle I verlaufen die Kurvenzüge der Parzellen III und IV, d.h. auf diesen Parzellen ist die Bodenvegetation sehr viel weiter in den Bestand hinein vorgedrungen.

Lochhiebparzelle	Regressionsgleichung	WERTE DER REGRESSIONSGLEICHUNG						LAGE DES EXTREMWERTES					
		b ₀	b ₁	b ₂	r ²	Sy,x	F	signifikanz	Max. Bedeckung %	Max. Bedeckung bei m	untere Vertr.-Grenze bei m	obere Vertr.-Grenze bei m	Irrtumswahrscheinlichkeit bei m
I	K 1	92,99	-0,451	-0,196	0,77	15,48	18,06	++	93,25	-1,15	-3,44	0,76	5
	K 2	88,58	-0,416	-0,135	0,71	12,44	13,76	++	88,90	-1,54	-4,51	0,69	5
	D 1	78,86	-0,232	-0,121	0,72	19,21	17,32	++	78,97	-0,96	-3,78	1,55	5
	D 2	79,11	0,557	-0,060	0,36	25,25	3,71	n.s.	-	-	-	-	-
II	K 1	90,21	0,179	-0,254	0,80	17,62	22,39	++	90,24	0,36	-1,38	2,15	5
	K 2	89,60	-0,370	-0,272	0,86	15,39	34,24	++	89,72	-0,69	-2,15	0,69	5
	D 1	72,03	0,138	-0,129	0,58	28,29	8,97	++	72,07	0,52	-3,22	4,70	5
	D 2	72,08	0,160	-0,130	0,58	28,60	8,82	++	72,13	0,61	-3,16	4,87	5
III	K 1	91,45	0,364	-0,122	0,76	9,84	17,86	++	91,72	1,49	-0,44	3,96	5
	K 2	92,36	0,373	-0,127	0,55	16,64	6,75	+	92,63	1,49	-1,87	6,71	5
	D 1	91,50	-0,023	-0,048	0,35	16,60	3,53	n.s.	-	-	-	-	-
	D 2	102,93	-0,211	-0,094	0,67	17,32	12,99	++	(103,28)	-1,13	-4,59	1,82	5
IV	K 1	100,13	-0,120	-0,203	0,77	15,71	17,93	++	(100,15)	-0,30	-2,34	1,65	5
	K 2	91,81	0,435	-0,118	0,70	11,41	13,05	++	92,22	1,84	-0,47	5,14	5
	D 1	105,79	-0,329	-0,084	0,68	15,31	13,89	++	(106,11)	-1,95	-5,72	0,88	5
	D 2	96,91	0,082	-0,062	0,34	22,31	3,29	n.s.	-	-	-	-	-

++ hochsignifikant
+ signifikant
n.s. nicht signifikant

Tab. 27: Die Bedeckungsprozente der Bodenvegetation in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt (graphische Darstellung s. Abb. 28 a - d).

Werte der Regressionsgleichung: $\hat{y} = b_0 + b_1x + b_2x^2$ (Parabel)
wobei: \hat{y} = Bodenbedeckung durch Vegetation in %
 x = Entfernung zum Lückenmittelpunkt in m
 b_0 = Achsenabschnitt
 b_1, b_2 = Regressionskoeffizienten
 r^2 = Bestimmtheitsmaß
Angegeben sind weiterhin:
 Sy,x = Standardfehler der Regression
 \hat{F} = errechneter F-Wert zum Vergleich mit tab. F-Wert mit $2/n-3$ Freiheitsgraden bei gegebener Irrtumswahrscheinlichkeit α .

Auch innerhalb der Parzellen ergeben sich teilweise unterschiedliche Kurvenbilder. Dafür ist sicher zum einen die heterogene Ausformung des Altbestandrandes und zum anderen die unterschiedliche mikroklimatische Situation an den verschiedenen Bestandsrändern verantwortlich zu machen.

Allen Kurvenzügen ist jedoch gemeinsam, daß das Maximum in der Mitte der Lücke liegt, wie ein Vergleich zwischen Achsenabschnitt b_0 und maximaler Bedeckung zeigt (Tab. 27). Die genaue Lage der maximalen Bedeckung und die nach einem Verfahren von LINDER (1954) berechneten Vertrauensgrenzen dieser maximalen Bedeckung werden ebenfalls in Tab. 27 angegeben. Ein Vergleich der Vertrauensgrenzen der maximalen Bedeckung und der Vertrauensgrenzen der maximalen relativen Beleuchtungsstärke (Tab. 10) zeigt, daß sich mit Ausnahme der Kreuzlinien der Parzelle IV auf allen Meßlinien die Vertrauensbereiche weitgehend überlappen.

Diese Tatsache und die Ähnlichkeit der Bedeckungsgrad- und der Beleuchtungsstärkekurvenzüge führt zu einer Betrachtung der Bedeckungsgrade in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke. Die aufgrund der Ergebnisse der Bedeckungsgradschätzungen der Bodenvegetation auf den Naturverjüngungs- und Vegetationsprobekreisen und der Ergebnisse der dort durchgeführten Messungen der relativen Beleuchtungsstärke hergeleiteten Beziehungen sind in Abb. 29 für die vier Lochhiebsparzellen dargestellt. Auf der Lochhiebsparzelle I errechnete sich ein nahezu linearer Zusammenhang (Potenzfunktion) zwischen Beleuchtungsstärke und Bedeckungsgrad. Allerdings ist die Beziehung mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,55 nicht sonderlich straff. Dies ist darauf zurückzuführen, daß im Beleuchtungsbereich 10 - 40% einerseits relativ niedrige, andererseits aber auch sehr hohe Bedeckungsprozentage auftraten. Die hohen über der Regressionlinie liegenden Bedeckungsprozentage wurden immer unter Schirm registriert, und zwar an Stellen, an denen auch eine hohe Sonnenscheindauer verzeichnet wurde (vgl. Abb. 7 a), so am Nordrand der Lücke (vgl. die Deckungsprozentage auf der in nördlicher Richtung verlaufenden Diagonallinie D2 am linken oberen Bestandesrand in Abb. 28 a). Dies bedeutet, daß stellenweise neben der relativen Beleuchtungsstärke, die nur die diffuse Himmelsstrahlung berücksichtigt, auch die direkte Sonneneinstrahlung von Bedeutung für die Bedeckung des Bodens durch die Bodenvegetation sein muß.

Auf der Parzelle II fehlt diese direkte Sonneneinstrahlung unter Schirm. Dazu kommt vermutlich noch der Einfluß des Wurzelwettbewerbs des sehr dichten Altbestandes auf den Bedeckungsgrad der Bodenvegetation, so daß die Regressionslinie

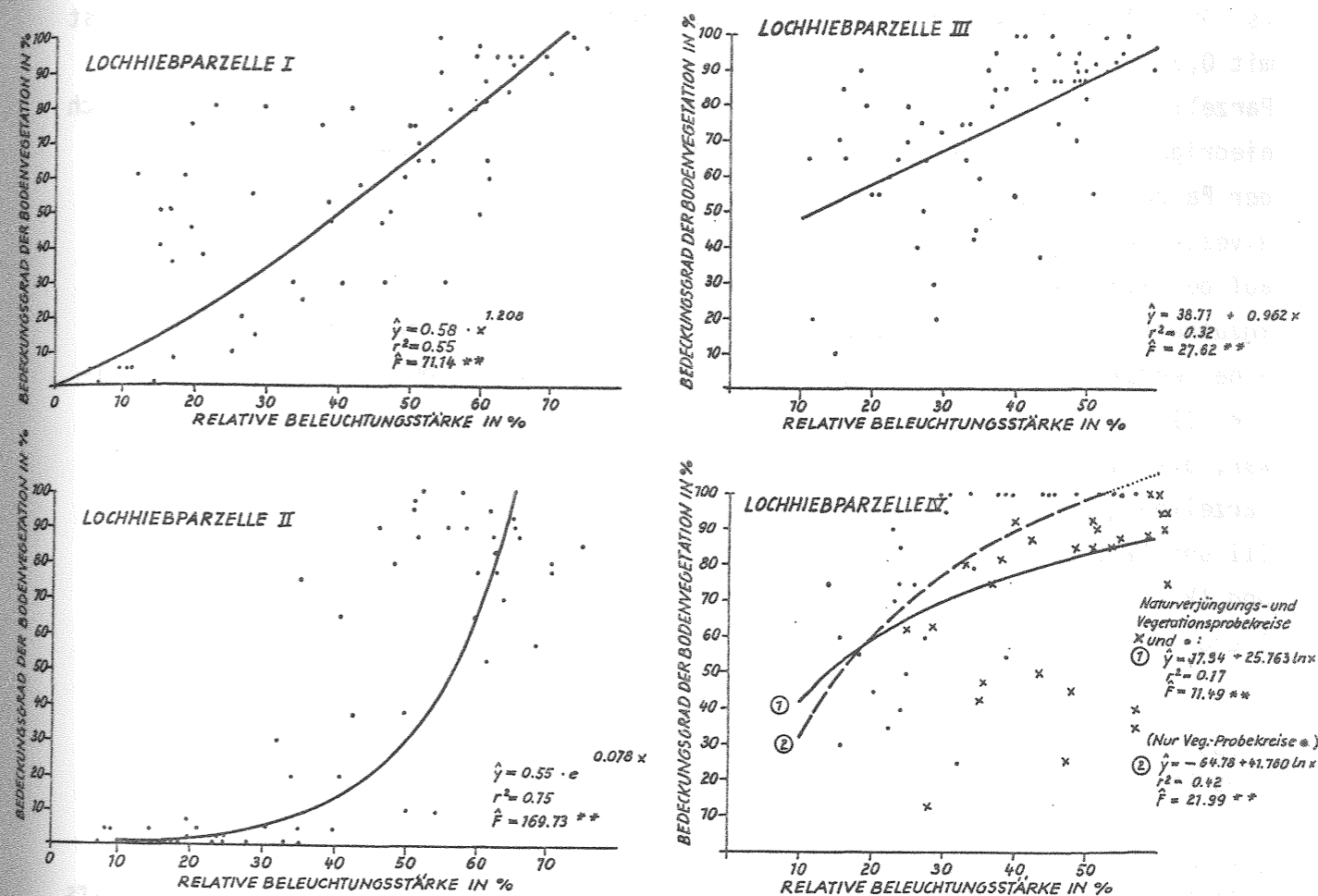


Abb. 29: Der Bedeckungsgrad der Bodenvegetation auf den vier Lochhiebsparzellen in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke.

im Beleuchtungsbereich 10 - 40% sehr viel flacher als auf der Parzelle I verläuft (s. Abb. 29). Die durch eine Exponentialfunktion zu beschreibende Beziehung weist mit 0,75 ein höheres Bestimmtheitsmaß auf als die fast lineare Beziehung der Parzelle I. Die Regressionslinien auf den Parzellen III und IV haben ein deutlich niedrigeres Bestimmtheitsmaß und zeigen ein vollständig anderes Bild als die der Parzellen I und II (s. Abb. 29). Sie verlaufen auf einem deutlich höheren Niveau. Bereits bei einer relativ niedrigen Beleuchtungsstärke von 20%, wo auf der Parzelle I ein Bedeckungsgrad von 20% und auf der Parzelle II von 5% anzutreffen war, erreicht die Bodenvegetation auf den Parzellen III und IV eine Bedeckung von ca. 60%. Dies mag zum einen daran liegen, daß auf den Parzellen III und IV bereits bei Versuchsbeginn Bodenvegetation reichlicher vorhanden war, die nach 5 Versuchsjahren wesentlich weiter entwickelt ist als die der Parzellen I und II, zum anderen jedoch auch daran, daß die Böden der Parzellen III und IV besonders "unkrautwüchsig" sind. Außerdem haben die Parzellen III und IV eine andere Artenzusammensetzung der Bodenvegetation als die Parzellen I und II aufzuweisen.

Auf eine Besonderheit der Parzelle IV sei hingewiesen: Die Bedeckungsgrade der Meßpunkte in den Diagonalen (Vegetationsprobekreise) und im Kreuz (Naturverjüngungsprobekreise) waren deutlich voneinander zu trennen.

In den Diagonalen lagen die Bedeckungsgrade stets höher als im Kreuz. Dies ist auf den späteren Aufnahmezeitpunkt auf den kreuzförmigen Meßpunkten zurückzuführen. Im Herbst war hier die Bodenvegetation, insbesondere *Adenostyles*, bereits im Rückgang begriffen. Die Situation zum Zeitpunkt voll entwickelter Bodenvegetation zeigt also nur die Regressionslinie 2 (s. Abb. 29).

5.323 Die Höhe der Bodenvegetation

Wie der Bedeckungsgrad so konnte auch die Höhe der Bodenvegetation in Abhängigkeit von der Entfernung zur Lückenmitte auf den vier Lochhiebparzellen dargestellt werden (Abb. 30 a - d). Trotz der teilweise recht hohen Streuung der Höhenmeßwerte auf engstem Raum, konnten alle in Abb. 30 a - d wiedergegebenen Kurven varianzanalytisch abgesichert werden. Im Bestandesinnern, 10 m vom Bestandesrand entfernt, waren die Pflanzen am niedrigsten. Hier erreichten die Pflanzen in der Regel eine Höhe von 20 bis 40 cm. Lediglich auf der Parzelle II waren die Pflanzen im Bestand noch kleiner; eine Höhe von 10 cm wurde nicht überschritten. Die höchsten Pflanzen - es waren fast immer Himbeeren - standen im Zentrum der Lochhiebsflächen. Hier wurden auf der Parzelle I Höhen bis zu 1,40 m gemessen, auf Parzelle II bis zu 1,60 m, auf Parzelle III bis zu 80 cm und auf Parzelle IV bis zu 1,20 m.

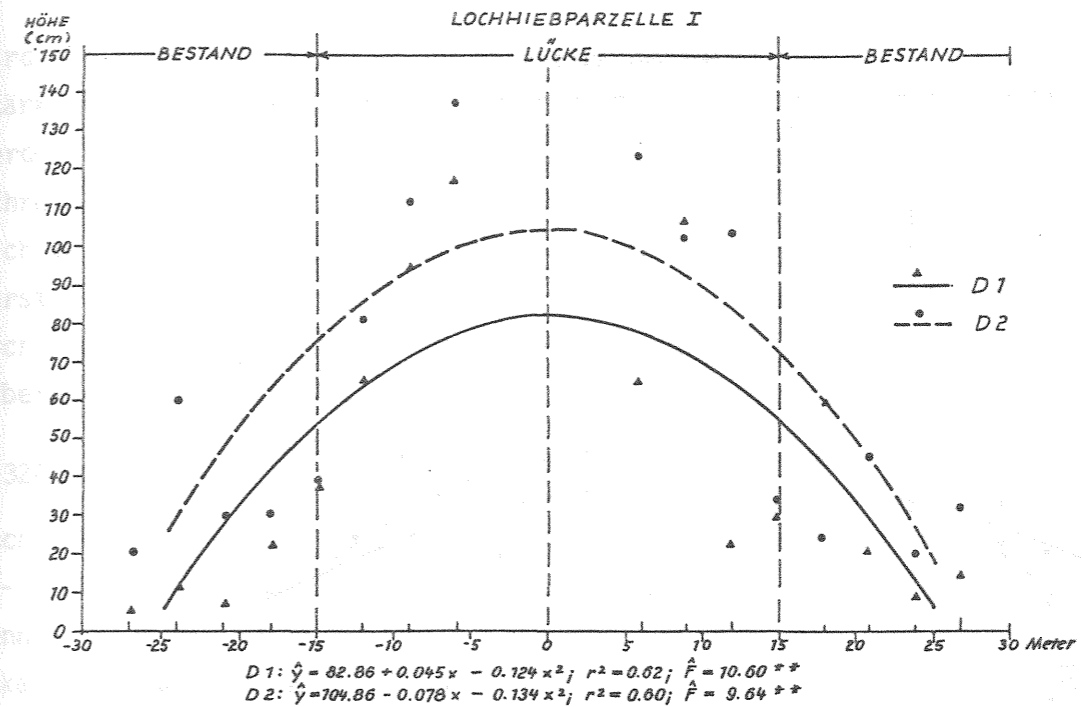


Abb. 30a: Die Höhe der Bodenvegetation auf der Lochhiebparzelle I in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt.

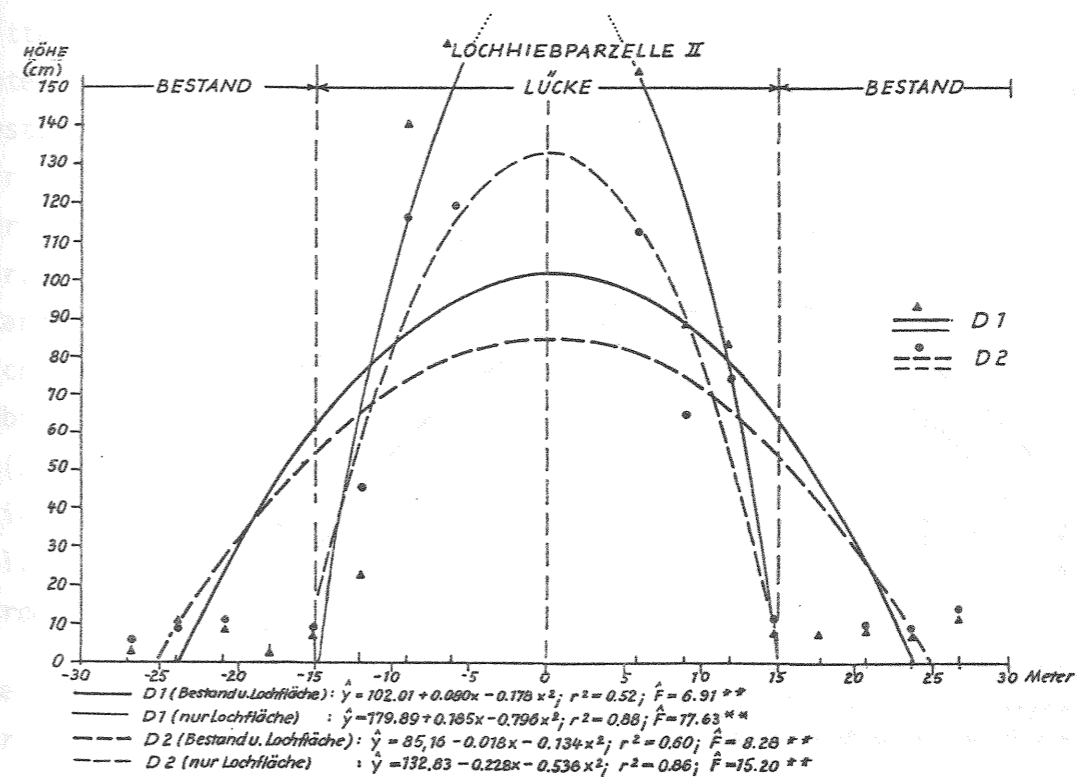


Abb. 30b: Die Höhe der Bodenvegetation auf der Lochhiebparzelle II in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt.

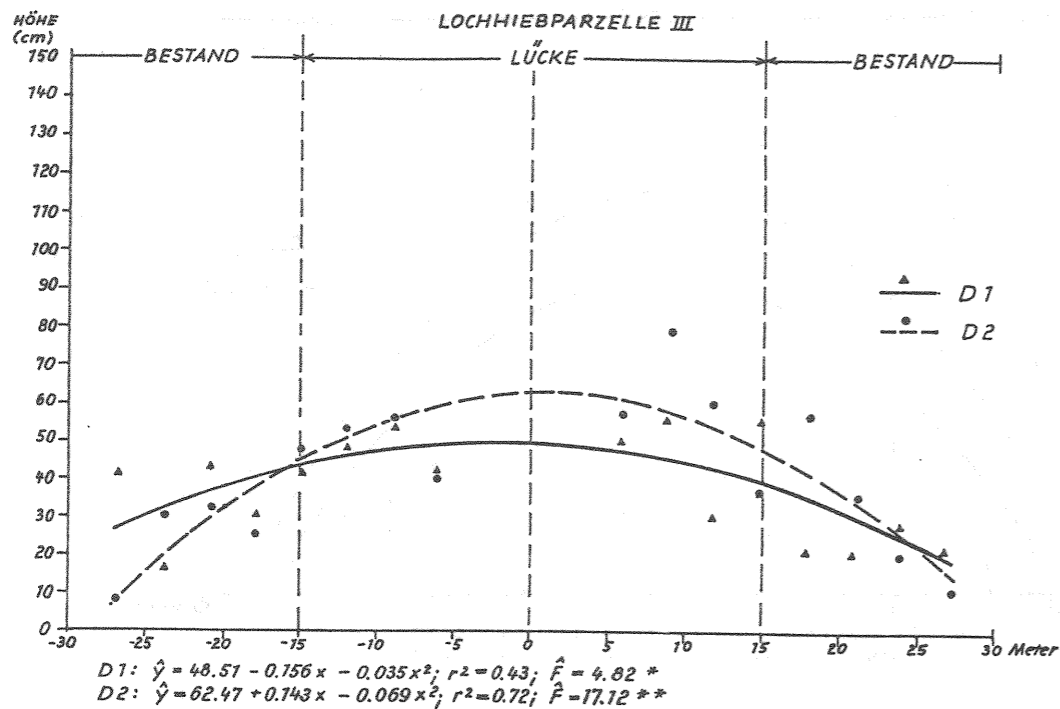


Abb. 30c: Die Höhe der Bodenvegetation auf der Lochhiebpazelle III in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt.

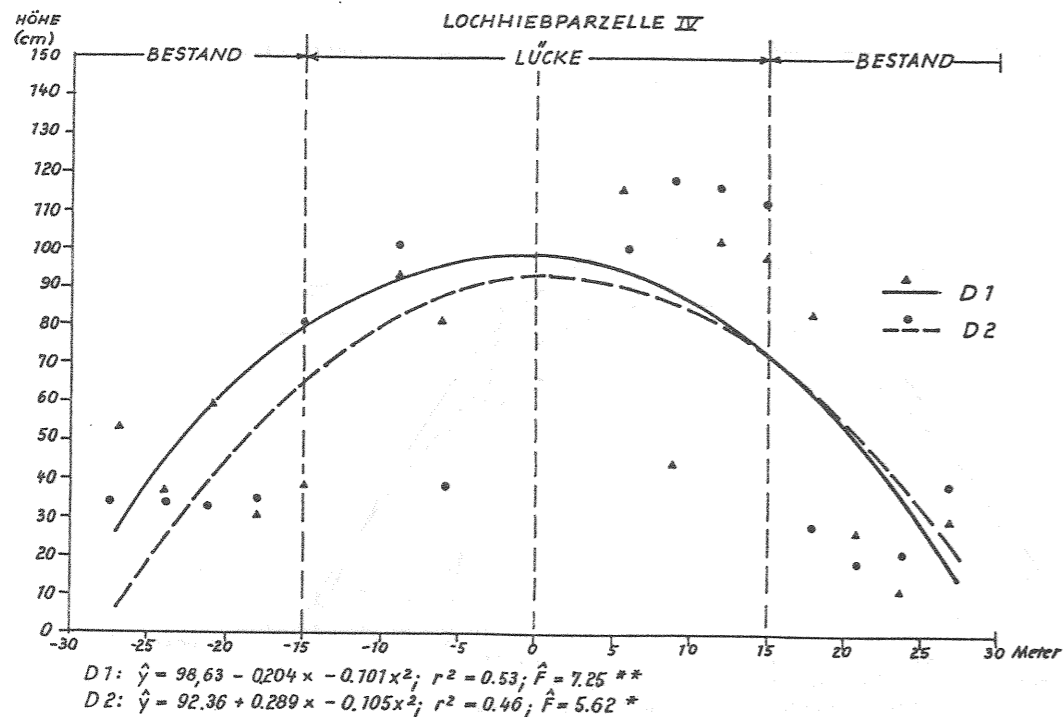


Abb. 30d: Die Höhe der Bodenvegetation auf der Lochhiebpazelle IV in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt.

Wird die Höhe der Bodenvegetation in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke betrachtet, dann kann für jede Lochhiebpazelle eine Beziehung gefunden werden, die mit Ausnahme der Parzelle II durch eine lineare Funktion zu beschreiben ist (s. Abb. 31). Die auf der Parzelle II bestehende Beziehung läßt sich aufgrund der geringen Höhen unter Schirm besser mit einer Exponentialfunktion darstellen. Während die Steigung der Geraden auf den Parzellen I und IV ziemlich hoch ist, liegt sie auf der Parzelle III, bedingt durch die Artenzusammensetzung (überwiegend Adenostyles, wenig rubus), sehr viel niedriger.

5.324 Die oberirdische Trockensubstanz

Auch die oberirdische Trockensubstanz der Bodenvegetation ließ, wie die Abb. 32 a - d zeigen, eine Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt erkennen. Auf den Parzellen I, III und IV wurde für beide Diagonallinien ein signifikanter, durch Parabeln zu beschreibender Zusammenhang aufgedeckt. Auf der Lochhiebpazelle II ergab sich ein derartiger Zusammenhang nur für eine Diagonallinie (D2) und auch dann nur, wenn lediglich die Meßwerte der Lochfläche in die Berechnung eingingen, also die überschirmten Teile außer Betracht blieben.

Auf allen Lochhiebpazellen wurden, wenn man von Ausreißern einmal absieht, die höchsten Trockensubstanzmengen mit Werten zwischen 200 und 300 g pro m² in der Mitte der Lücke festgestellt. Demgegenüber ist die Trockensubstanzproduktion unter dem Altbestandschirm deutlich reduziert. Jedoch beträgt sie, 10 m vom Bestandesrand entfernt, im Bestandesinneren auf den Parzellen III und IV immerhin noch etwa 25 - 75 g/m², während sie dort auf den Parzellen I und II auf Werte unter 10 g/m² absinkt. Man beachte die Ausnahme auf der Linie D2 der Parzelle I, wo vermutlich infolge direkter Sonneneinstrahlung die Trockensubstanzproduktion links oben (Nordrand der Lücke) unter Schirm mit 75 g/m² deutlich über den genannten 10 g/m² liegt. Die auffällig niedrigen Werte der Trockensubstanzmenge der Bodenvegetation direkt am nördlichen Bestandesrand der Parzelle I (Linie D2, links oben), kurz vor dem östlichen Bestandesrand der Parzelle I (Linie D1, rechts oben) und direkt am nordwestlichen Bestandesrand der Parzelle III (Linie D2, links oben) können als Verhagerungserscheinungen gedeutet werden.

Die Abb. 33, in der das Trockengewicht der Bodenvegetation in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke dargestellt ist, läßt erkennen, daß auf allen Lochhiebpazellen eine signifikante Beziehung zwischen Beleuchtungsstärke und Trockengewicht besteht. Auf den Parzellen I, II und IV kann diese Beziehung mit Hilfe von Exponentialfunktionen, auf der Parzelle III, wo "schwere" Sträucher, wiewrubus, weitgehend fehlen, mit Hilfe einer linearen Funktion beschrieben werden.

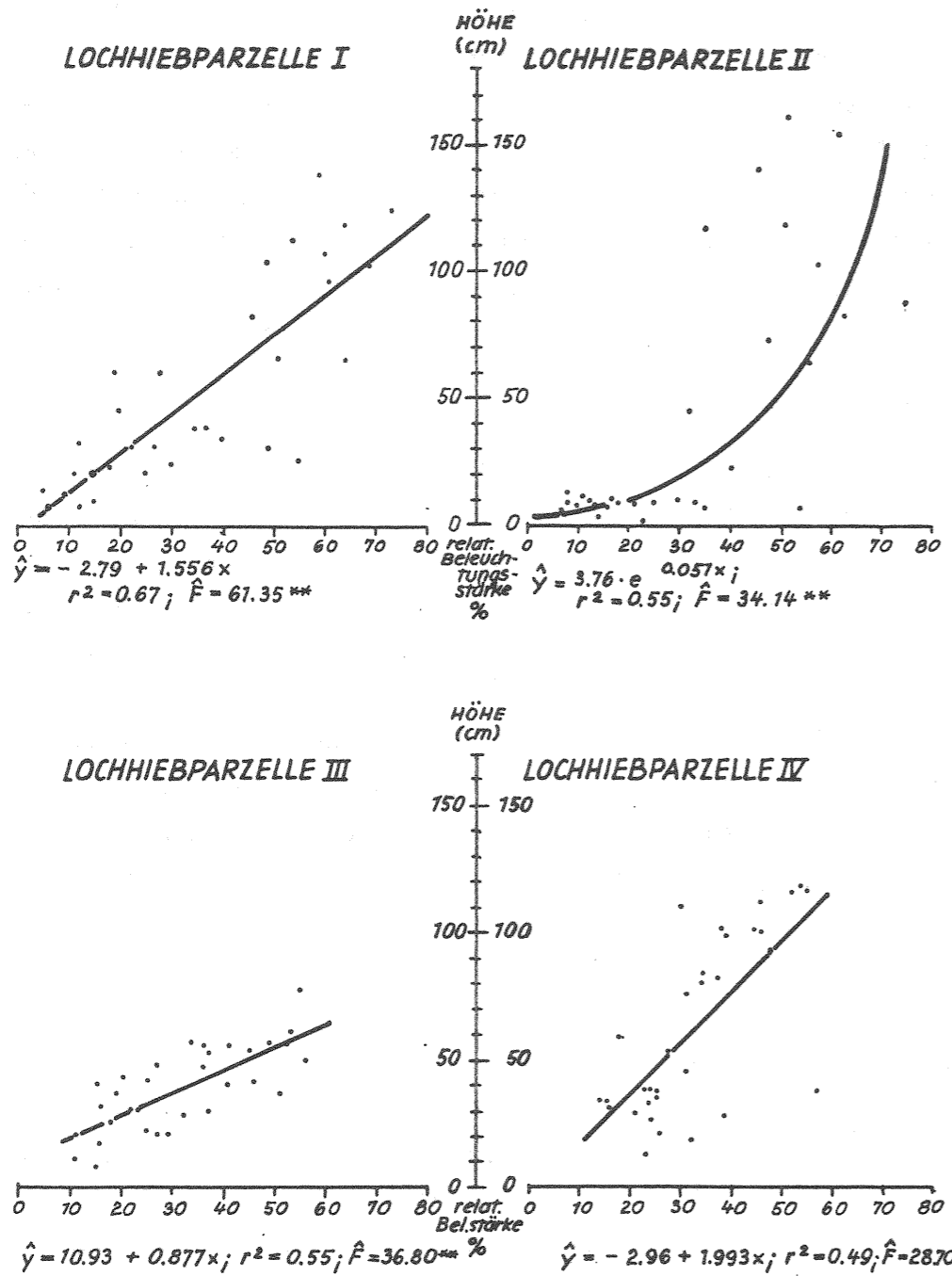


Abb. 31: Die Höhe der Bodenvegetation auf den vier Lochhiebparzellen in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke.

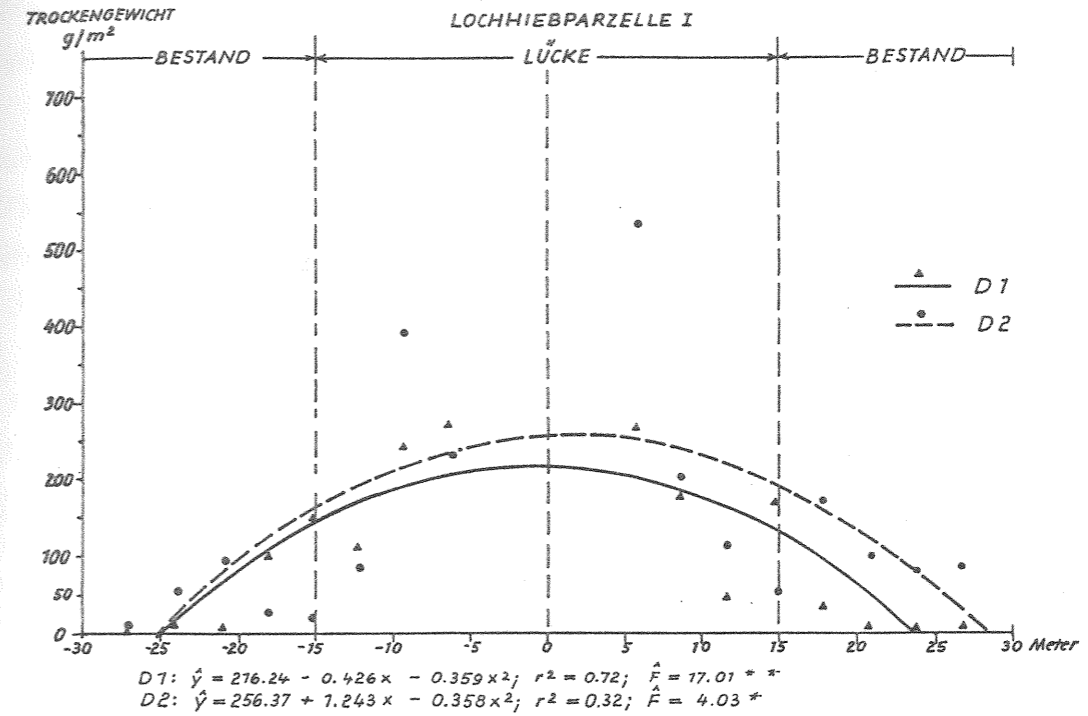


Abb. 32a: Das Trockengewicht der Bodenvegetation auf der Lochhiebparzelle I in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt.

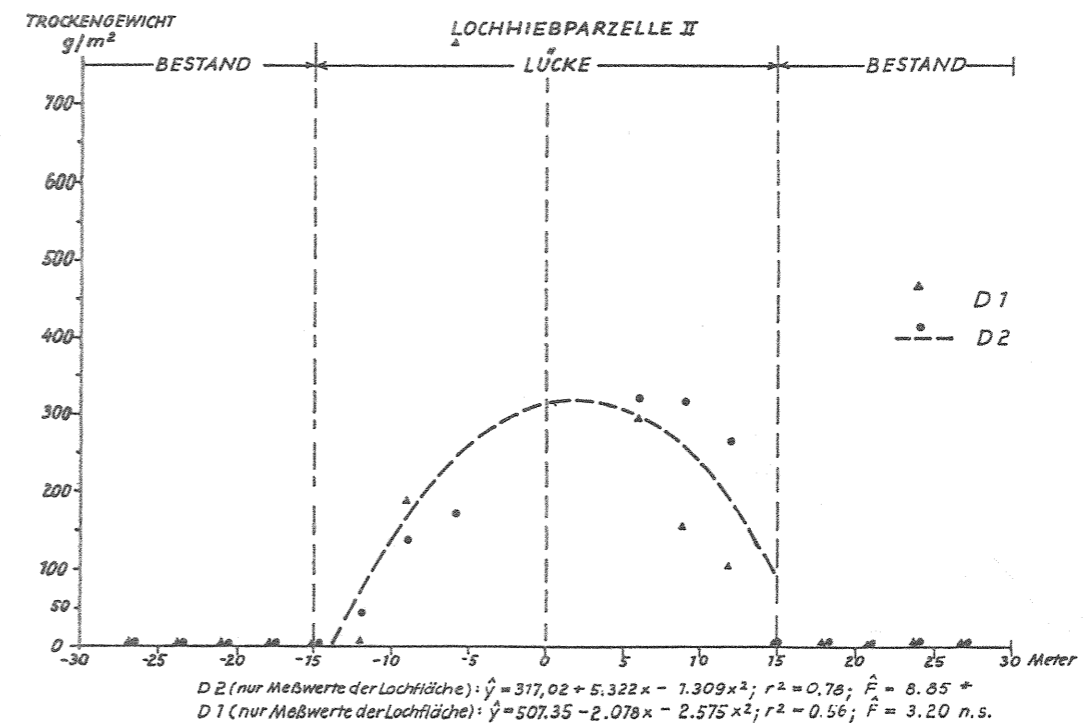


Abb. 32b: Das Trockengewicht der Bodenvegetation auf der Lochhiebparzelle II in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt.

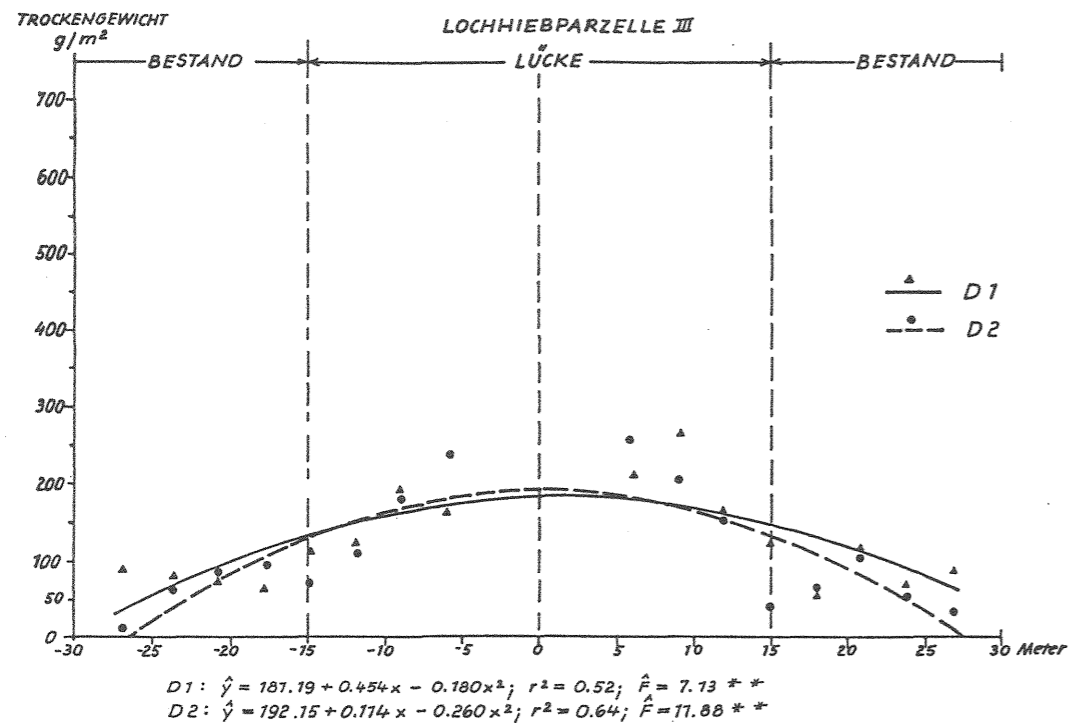


Abb. 32c: Das Trockengewicht der Bodenvegetation auf der Lochhiebpazelle III in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt.

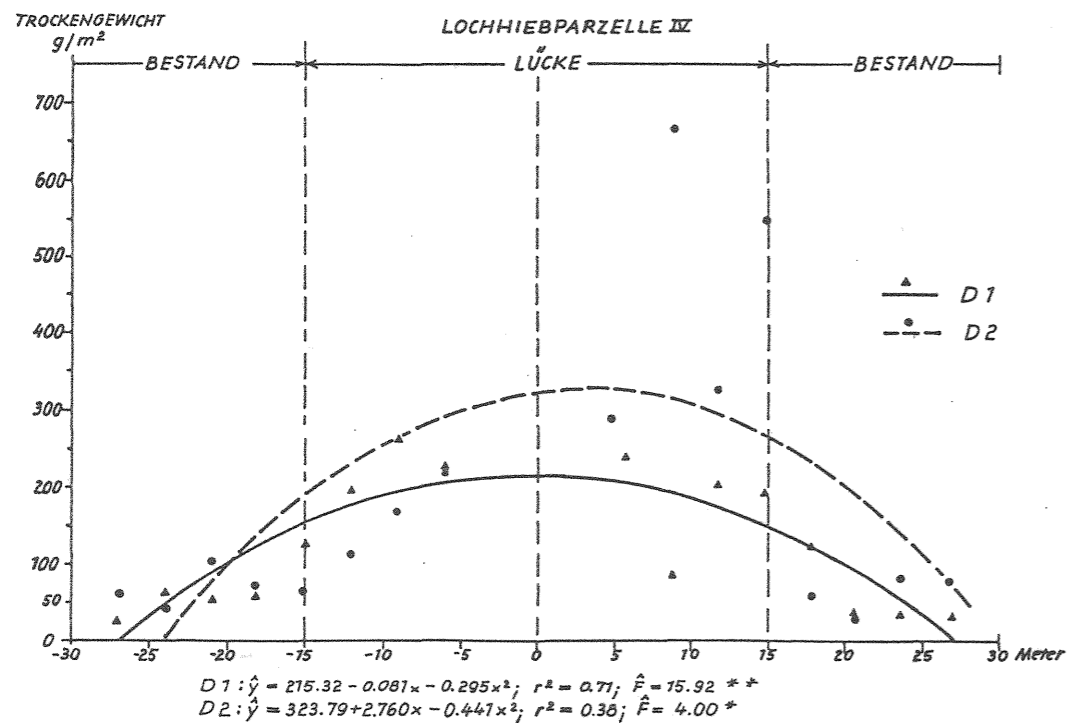


Abb. 32d: Das Trockengewicht der Bodenvegetation auf der Lochhiebpazelle IV in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt.

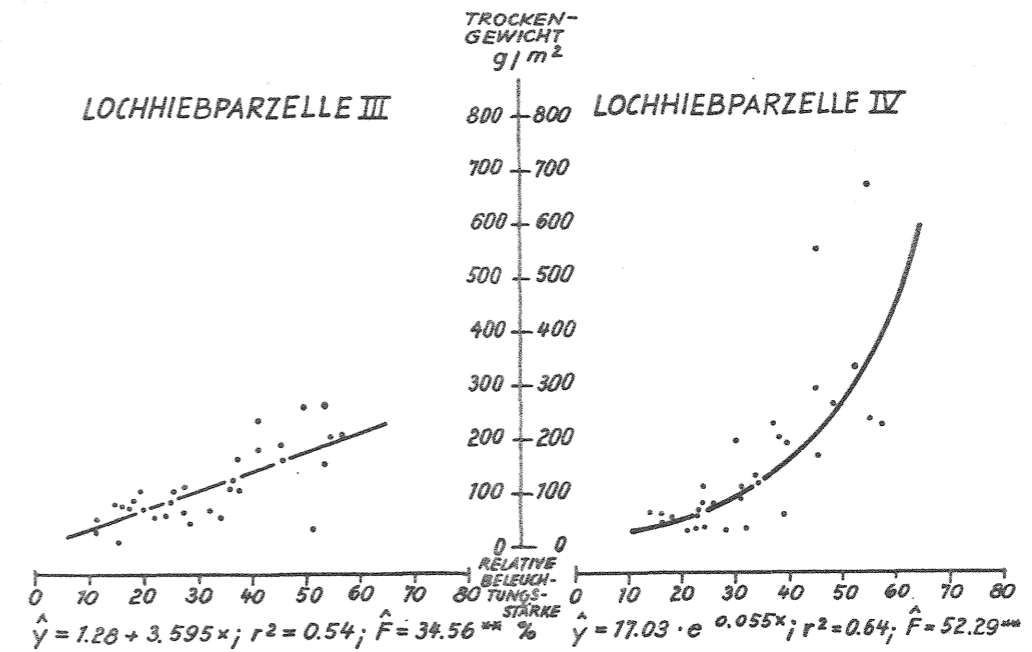
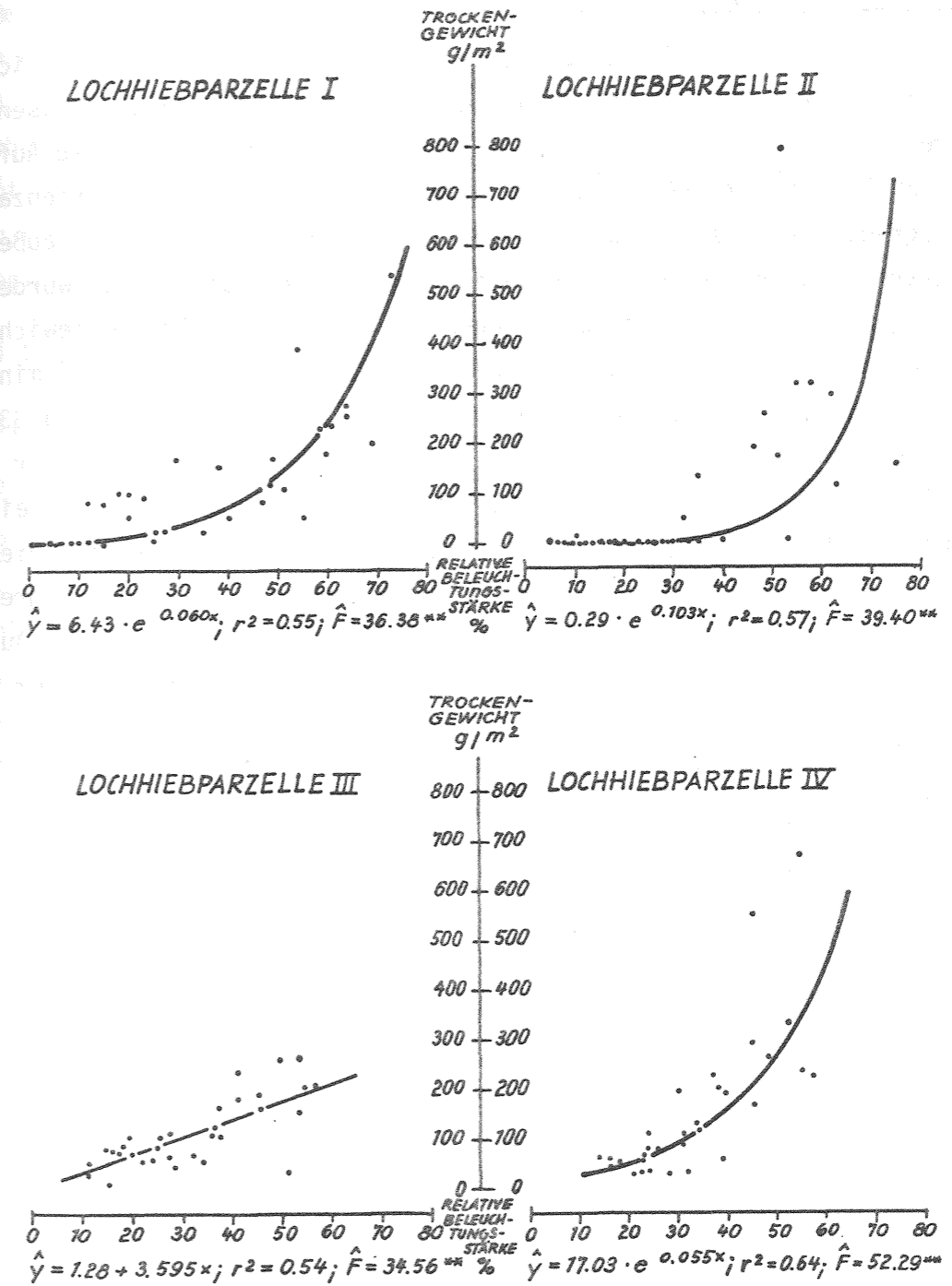


Abb. 33: Das Trockengewicht der Bodenvegetation im Jahr 1981 auf den vier Lochhiebpazellen in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke.

5.33 Die Bodenvegetation im Pflanzungsareal

In Tab. 28 werden die Aufnahmedaten der 32 Vegetationsprobekreise in den Fichtenanpflanzungen (Pflanzverband 0,5 m x 0,5 m) sowie die über diesen Probekreisen ermittelten relativen Beleuchtungsstärken mitgeteilt. Versucht man diese Aufnahmedaten in die Abbildungen 27, 29, 31 und 33 einzureihen, in denen die Artenzahl, der Bedeckungsgrad, die Höhe und das Trockengewicht der Bodenvegetation außerhalb des Pflanzungsareals über der relativen Beleuchtungsstärke aufgetragen wurden, so kann man folgendes feststellen: Bedeckungsprozent, Höhe und Trockengewicht der Bodenvegetation liegen im Pflanzungsareal der Parzellen I, II und IV auf mindestens sechs von acht Probekreisen deutlich unter den in den Abb. 27, 29, 31 und 33 eingezeichneten Regressionslinien. Für die Artenzahl ist diese Bedingung auf der Lochhiebparzelle II erfüllt. Es ist anzunehmen, daß für diese genannten Fälle eine höhere Stichprobenzahl es ermöglicht hätte, eigene Regressionslinien für die Bodenvegetation im Pflanzungsareal zu zeichnen, die deutlich unter den Regressionslinien der Bodenvegetation außerhalb des Pflanzungsareals gelegen hätten. Auf diese Weise wäre der Konkurrenzeinfluß der Fichtenpflanzung auf die Parameter der Bodenvegetation nachzuweisen gewesen.

LOCH- HIEB- PAR- ZELLE	RELATIVE BELEUCH- TUNGSSTÄR- KE %	BODENVEGETATION				F I C H T E	
		Arten- zahl	Bedeck- ungs- prozent	Höhe (cm)	Trocken- gewicht (g/m ²)	Bedeck- ungs- prozent	Höhe (cm)
I	15	6	1	15	2	25	40
	15	5	5	24	8	25	43
	17	6	65	26	136	25	40
	18	3	25	24	49	20	35
	29	7	5	11	3	35	39
	31	1	1	3	0	20	27
	48	7	15	13	32	25	44
	48	9	9	20	53	48	30
II	28	4	50	3	<1	20	52
	28	7	65	6	1	20	36
	51	5	20	18	7	25	45
	52	10	20	11	5	25	49
	65	8	35	79	47	60	73
	65	8	45	86	82	40	79
	67	5	40	95	150	70	90
	69	9	70	108	34	50	90
III	28	12	85	34	134	10	42
	30	9	60	29	61	5	36
	39	16	75	27	96	10	51
	41	13	90	49	118	5	45
	42	11	90	80	234	20	41
	45	9	85	83	182	30	74
	47	11	60	12	28	65	64
	53	11	80	79	177	15	54
IV	43	11	85	73	146	20	52
	44	12	75	83	116	15	55
	49	10	50	89	93	15	46
	50	10	75	85	99	15	49
	52	10	90	108	178	15	45
	54	13	80	53	116	15	54
	57	8	95	38	131	15	48
	58	14	100	80	126	10	50

Tab. 28: Die Bodenvegetation in den Fichtenanpflanzungen auf den vier Lochhiebparzellen im Jahr 1981.

Andererseits geht aus Tab. 28 aber auch hervor, daß es der Bodenvegetation auf der Parzelle I auf einem Probekreis, auf den Parzellen II und III auf vier und auf der Parzelle IV auf sechs Probekreisen gelungen ist, die Fichten zu überwachsen. Jedoch nur in einem dieser Fälle (Parzelle III, Beleuchtungsstärke 41%) gibt der geringe Bedeckungsprozentsatz der Fichte und das hohe Trockengewicht der Bodenvegetation Anlaß zu der Sorge, daß die Fichte durch die Bodenvegetation ernsthaft gefährdet werden könnte.

5.4 Diskussion der Ergebnisse der Bodenvegetationsaufnahmen

5.41 Die Bodenvegetation außerhalb des Pflanzungsareals

Die Arten

BORMANN und LIKENS (1979) berichteten von einer im Rahmen des Hubbard Brook-Projektes durchgeführten Studie, in der festgestellt wurde, daß sowohl die Gesamtartenzahl wie auch die auf den Quadratmeter bezogene Artenzahl der Bodenvegetation infolge einer Auflichtung (Kahlschlag) deutlich zugenommen hatte. Inwieweit auch die in der eigenen Arbeit betrachteten Hiebseingriffe Auswirkungen auf die Gesamtartenzahlen hatten, läßt die folgende Gegenüberstellung der Artenzahlen der krautigen Pflanzen in den ersten beiden Versuchsjahren und im Jahr 1981 erkennen:

Aufnahme- jahr	Aufgenommen von:	Artenzahl der Lochhiebparzelle			
		I	II	III	IV
1977 ⁺)	FELDNER, HOHENADL	42	20	58	45
1978 ⁺)	FELDNER, UEBELHÖR	43	28	55	49
1981	MOSANDL, STORCH	53	42	60	47

Eine Artenzunahme ist demnach nur auf den Lochhiebparzellen I und II eingetreten. Auf den Parzellen III und IV sind keine wesentlichen Veränderungen im Artenspektrum beobachtet worden.

+) Die Daten wurden der Arbeit von UEBELHÖR (1979) entnommen.

Auf der Lochhiebsparzelle I sind seit 1977 ca. 10 Arten hinzugekommen, darunter die typischen Kahlschlagpflanzen *Atropa belladonna* und *Fragaria vesca*. Ebenfalls zugegangen sind Pflanzen, die nährstoffreiche und frische Böden bevorzugen, wie *Urtica dioica* und *Agrostis stolonifera*. Das 1981 vorhandene *Epilobium montanum*, als Indikator für den Abbau von Auflagehumus, war 1977 noch nicht auf der Fläche vertreten. Auch das nach AICHINGER (1967) auf eine angeregte Bodentätigkeit hindeutende Schattenblümchen (*Maianthemum bifolium*) ist 1981 als Neuzugang zu verzeichnen. Ebenso sind die als Lichtpflanzen bekannten *Hypericum*-Arten (*H. hirsutum* und *H. perforatum*) neu im Artenaufgebot.

Auf der Parzelle II hat die Artenzahl von 1977 bis 1981 ebenfalls deutlich zugenommen. Unter den seit 1977 hinzugekommenen Arten sind wieder *Fragaria vesca* und *Epilobium montanum*. Zahlreicher noch als auf der Parzelle I sind Pflanzen zugegangen, die hohe Ansprüche an den Nährstoff- und Wasserhaushalt des Bodens stellen, wie *Senecio fuchsii*, *Eupatorium cannabinum*, *Carex silvatica*, *Lysimachia nemorum*, *Ajuga reptans* und *Galium mollugo*. Pflanzen, von denen bekannt ist, daß sie gerne auf Waldlichtungen wachsen, wie *Cirsium arvense*, *Hypericum hirsutum*, *Hypericum montanum* und *Melica nutans*, sind ebenfalls erst im Laufe der Jahre aufgetreten. Auch die feuchtigkeitsliebenden Farne *Dryopteris dilatata* und *Gymnocarpium robertianum* sind 1981 neu im Artenspektrum. An Abgängen wurden Pflanzen verzeichnet, die bevorzugt in schattigen Wäldern zu finden sind, wie *Neottia nidus - avis*, *Actaea spicata*, *Moehringia trinervia* und *Stellaria nemorum*.

In den Standortsansprüchen sowohl der neu hinzugekommenen Arten wie auch der vor dem Hieb vorhandenen und sich nunmehr stark ausbreitenden Arten auf den Parzellen I und II kommen die durch den Lochhieb veränderten ökologischen Bedingungen zum Ausdruck. Auf der Lücke entsteht sofort nach dem Eingriff ein gegenüber dem Altbestand erhöhtes Wasserangebot, da die Interception und die Wurzelkonkurrenz des Altbestandes entfallen. Feuchtigkeitsliebende Arten können sich infolgedessen ansiedeln bzw. ausbreiten. Auf das verstärkte Auftreten von Feuchtezeigern in Lücken hat bereits WILD (1925), der die Bodenvegetation auf den WREDESchen Versuchsflächen untersuchte, aufmerksam gemacht.

Das sich ebenfalls mit dem Hieb schlagartig verbessernde Lichtangebot läßt die Lichtarten stärker in Erscheinung treten. Eine Mobilisierung der Nährstoffvorräte (v.a. Stickstoff) kommt nach dem Hieb in Gang. Pflanzen mit hohen Nährstoffansprüchen (v.a. nitrophile Pflanzen), die vor dem Eingriff nicht besonders stark auf den Flächen vertreten waren, siedeln sich infolgedessen an bzw. breiten sich aus.

Aus der Tatsache, daß sich auf den Parzellen III und IV zwar die vor dem Lochhieb vorhandenen Arten in gleicher Weise wie auf den Parzellen I und II ausgebreitet haben, jedoch keine neuen Arten hinzugekommen sind, läßt sich folgendes schließen: Die Bedingungen hinsichtlich Licht, Wasser- und Nährstoffangebot waren auf diesen Parzellen bereits vor dem Lochhieb auch für anspruchsvollere Arten der Bodenvegetation als günstig anzusehen. Dies erfährt durch die ursprünglich vorhandene hohe Artenzahl eine Bestätigung.

Fünf Jahre nach dem Lochhieb sind auf allen Lochhiebsparzellen die Arten der Bodenvegetation nicht zufällig verteilt. Aufgrund der verschiedenen ökologischen Bedingungen auf den Parzellen haben sich die meisten Arten den ihren Ansprüchen und ihrer Konkurrenzkraft entsprechenden Platz erobert. Die Zusammenhänge können in der vorliegenden Arbeit nur für einige Arten angedeutet werden. Eine Absicherung dieser Zusammenhänge hätte eine sehr umfangreiche Stichprobennahme der Bodenvegetation und eine sehr aufwendige Erhebung der ökologischen Parameter (z.B. Vertikalprofile des Lichts) erfordert. Dies war im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht durchzuführen.

Trotzdem bleibt festzuhalten, daß auf Lücken eine Verteilung der Arten nach den verschiedenen ökologischen Verhältnissen erfolgt. Dies konnte bereits WIEDEMANN (1927) auf den von ihm untersuchten Altholzlöchern in den bayerischen Forstämtern Heilsbronn und Plößberg beobachten. So fand er etwa im Forstamt Plößberg auf bestem Gneisboden die Mitte einer Lücke mit hohen Himbeeren bedeckt, in deren Schatten sich ein dichter Unterwuchs aus Sauerklee, Luzula und anspruchsvollen Moosen halten konnte. Auf den vom Altholz beschatteten Teilen der Lücke trat Sauerklee, *Polytrichum*, Himbeere, *Deschampsia*, *Epilobium* und Eichenfarn auf. Auf den besonnten Teilen der Lücke ging die Himbeere zurück. Die Bodenvegetation setzte sich hier v.a. aus *Deschampsia*, *Carex*, Sauerklee und einigen Moosen und Kräutern zusammen. Unter dem besonnten Altholzrand war infolge von Verhagerung nur mehr eine dürftige Vegetation aus Luzula, *Deschampsia* und einigen Moosen vorhanden. Erst 10 bis 20 m von diesem untersonnten Altholzrand entfernt war im Bestand die normale Altholzflora aus zahlreichen Moosarten, *Maianthemum bifolium* und Sauerklee wieder zu finden.

Ein Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der Arten und der relativen Beleuchtungsstärke, als Ausdruck der ökologischen Verhältnisse, wie ihn LUFT (1973) und EBER (1972) aufdecken konnten, war wahrscheinlich sowohl auf WIEDEMANNs Lücken wie auch auf den eigenen Lochhiebsparzellen gegeben.

Ein Zusammenhang zwischen relativer Beleuchtungsstärke und der Gesamtartenzahl pro $0,25 \text{ m}^2$ Aufnahmefläche ließ sich auf den Parzellen I und II, nicht dagegen auf den Parzellen III und IV absichern. Eine deutlich straffere Beziehung als auf den Parzellen I und II zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Artenzahl pro $0,25 \text{ m}^2$ fand GROSSE (1983) auf den benachbarten verschieden stark überschirmten Parzellen. Dazu muß bemerkt werden, daß in GROSSEs Berechnungen Mittelwerte von 4 Aufnahmekreisen eingingen, in die eigenen Berechnungen jedoch die Werte jedes einzelnen Aufnahmekreises.

Der Bedeckungsgrad

Die Entwicklung des Gesamtbedeckungsgrades der Bodenvegetation konnte anhand der von 1977 bis 1981 alljährlich zweimal vorgenommenen Deckungsgradschätzungen nachgezeichnet werden. Auf allen Lochhiebsparzellen nahm der Gesamtbedeckungsgrad der Bodenvegetation nahezu linear zu. Demgegenüber verlief die Entwicklung der Bodenvegetation auf der schon mehrfach erwähnten von v. LÖPKE (1982) untersuchten "Großen Lücke" nicht linear. Dies dürfte jedoch darauf zurückzuführen sein, daß v. LÖPKE auch Mehrfachüberdeckungen berücksichtigte. Mehrfachüberdeckungen nehmen ab, sobald eine dominierende Art (z.B. *rubus*) auftritt; damit sinkt der Gesamtbedeckungsgrad wieder.

Die lineäre Entwicklung des Bedeckungsgrades der Bodenvegetation auf den Lochhiebsparzellen verlief in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt bzw. in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke verschieden. Mit zunehmender Entfernung vom Lückenmittelpunkt bzw. abnehmender Beleuchtungsstärke wurde die Steigung der Entwicklungsgeraden geringer. Darin äußert sich die zwischen den Jahren und der Entfernung vom Lückenmittelpunkt bzw. der relativen Beleuchtungsstärke bestehende Wechselwirkung.

Die Bodenbearbeitung konnte die Bodenvegetation nur im ersten Jahr deutlich zurückdrängen. Bereits im zweiten Jahr hatte sie sich jedoch wieder deutlich erholt, und im dritten, vierten und fünften Jahr war der Bedeckungsgrad auf den bodenbearbeiteten Flächen sogar höher als auf den unbearbeiteten. Eine ähnliche Beobachtung machten auch BURSCHEL, HUSS und KALBHENN (1964) auf gegrubberten Parzellen. Dies steht jedoch nicht in Übereinstimmung mit den Befunden von BINDER (1982), auf dessen Untersuchungsfläche eine Bodenbearbeitung die Vegetation sehr viel nachhaltiger beeinflusst hatte. Auf der von ihm untersuchten überschirmten Versuchsparzelle (die auch zum Projekt "Bergmischwald" gehört) dauerte es vier Jahre, bis die Vegetation auf der bodenbearbeiteten Fläche wieder das Niveau

der unbearbeiteten Fläche erreichte. Die Begründung dafür dürfte darin liegen, daß die Bodenbearbeitung auf BINDERS Fläche eine bereits vorhandene Bodenvegetation mit einem Bedeckungsgrad von ca. 75% erheblich reduzierte, nämlich auf einen Bedeckungsgrad von ca. 30%. Auf den eigenen Lochhiebsparzellen wurde die Bodenvegetation dagegen von einem wesentlich niedrigeren Bedeckungsgrad herabgedrückt, nämlich von 15% auf 3%. Die Bodenvegetation auf der bodenbearbeiteten Fläche mußte also auf BINDERS Parzelle 45% der Fläche wiederbesiedeln, auf den Lochhiebsparzellen jedoch nur 12%, um das Niveau der unbearbeiteten Flächen zu erreichen. Auch kann die unterschiedliche Zusammensetzung der Bodenvegetation auf BINDERS Parzelle und den Lochhiebsparzellen dazu beigetragen haben, daß die Entwicklung unterschiedlich rasch ablief.

Im Sommer 1981 wies auf allen Lochhiebsparzellen die Bodenvegetation in der Mitte einen Bedeckungsgrad zwischen 90 und 100% auf. Auf den beiden benachbarten Kahlhiebsparzellen fand GROSSE (1983) zum gleichen Zeitpunkt ebenfalls Bedeckungsgrade zwischen 90 und 100%.

Die Höhe

Die Höhe der Bodenvegetation ist auf den Lochhiebsparzellen nach 5 Versuchsjahren im Sommer 1981 in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt bzw. der relativen Beleuchtungsstärke differenziert. Die höchsten Pflanzen befinden sich zumeist in der Lückenmitte. Sie erreichen dort (mit Ausnahme auf der Parzelle III) Höhen von 1,20 m bis 1,50 m, und sind damit deutlich größer als die Pflanzen auf den benachbarten Kahlhiebsparzellen, wo GROSSE (1983) eine Höhe der Pflanzen von ca. 70 cm feststellte. Die von GROSSE rechnerisch hergeleitete Beziehung, wonach die größten Höhen nicht auf der Freifläche, sondern bei einer relativen Beleuchtungsstärke von 70% zu erwarten sind, kann damit als bewiesen erachtet werden. Auch v. LÖPKE (1982) fand auf seiner "Großen Lücke" höhere Pflanzen als auf der Freifläche.

Das Trockengewicht

Das oberirdische Trockengewicht gibt besser noch als der Bedeckungsgrad und die Höhe Auskunft über die Leistungsfähigkeit der Bodenvegetation bei gegebenen ökologischen Bedingungen. Das beste Beurteilungskriterium wäre natürlich die Summe der oberirdischen und unterirdischen Trockensubstanzproduktion gewesen. Eine Ernte der unterirdischen Trockensubstanzmenge, die noch weitaus aufwendiger und problematischer ist als die Ernte der oberirdischen Trockensubstanz (siehe

hierzu LIETH und WHITTAKER, 1975 und UEBELHÖR, 1979), konnte jedoch im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht durchgeführt werden.

Die nicht nach Arten aufgeschlüsselte oberirdische Trockensubstanzmenge der Bodenvegetation konnte durch Abernten von $0,25 \text{ m}^2$ großen Probekreisen hinreichend genau bestimmt werden. Die von DONITA (1972) empfohlene Probekreisgröße von $0,25 \text{ m}^2$ kann für die Bestimmung der Krautschicht-Biomasse im Wald als geeignet angesehen werden.

Ein Vergleich der im Jahr 1981 erhobenen Trockensubstanzmengen der Bodenvegetation mit den von UEBELHÖR (1979) im Jahr 1978 auf den Lochhiebsparzellen ermittelten Trockengewichten zeigt, daß die Trockengewichte von 1978 bis 1981 ganz beachtlich zugenommen haben. Fand UEBELHÖR in der Mitte der Parzelle I ein Trockengewicht von ca. 40 g/m^2 , auf der Parzelle II von ca. 5 g/m^2 , auf der Parzelle III von ca. 140 g/m^2 und auf der Parzelle IV von ca. 60 g/m^2 , so konnte 1981 in der Mitte der Parzellen I, III und IV ein Trockengewicht von ca. 250 g/m^2 registriert werden. Auf der Parzelle II war das Trockengewicht sogar auf Werte über 300 g/m^2 ($\approx 3 \text{ t/ha}$) angewachsen. Damit lag die Trockensubstanzmenge im Jahr 1981 in der Mitte der Parzellen I und II über dem von GROSSE (1983) auf den benachbarten Kahlhiebsparzellen ermittelten Wert von ca. 220 g/m^2 . Die Trockengewichte der Bodenvegetation nahmen mit zunehmender Entfernung zum Lückemittelpunkt ab. Eine ähnliche Beziehung fand bereits DAXER (1934). Mit Hilfe der "Quadratmethode", bei der 1 m^2 große Versuchsquadrate abgeerntet werden, konnte er zeigen, daß mit zunehmender Entfernung vom Waldrand in Richtung des Bestandesinneren das Gesamttrockengewicht der Bodenvegetation erwartungsgemäß abnimmt.

Eine Beziehung zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Trockengewicht der Bodenvegetation, die sich bereits im Jahr 1978 in der Untersuchung von UEBELHÖR (1979) auf den Lochhiebsparzellen angedeutet hatte, konnte im Jahr 1981 bestätigt werden. Allerdings zeigt nur auf der Parzelle III die Beziehung einen linearen Verlauf, so wie ihn DAXER (1934) als gesetzmäßig annahm. FILZER (1939), der die Annahme DAXERs von der Linearität der Beziehung zwischen Lichtgenuß und Trockengewicht der Bodenvegetation bezweifelte, kam zu dem Schluß, daß eine schwach konvex gekrümmte Kurve den Zusammenhang zwischen Licht und Trockengewicht am besten beschreiben kann. Auch GROSSE (1983) fand einen leicht konvexen, durch eine Parabel zu beschreibenden Zusammenhang. Demgegenüber zeigte sich in der

vorliegenden Untersuchung auf drei Parzellen ein exponentieller Zusammenhang zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Trockengewicht der Bodenvegetation. Eine umfangreichere Stichprobennahme über den gesamten Beleuchtungsstärkenbereich müßte hier eine Klärung herbeiführen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß sich dabei herausstellen würde, daß ein Polynom des 3. Grades ($\hat{y} = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$) für eine Beschreibung des Zusammenhangs am besten geeignet ist. Damit ließe sich ein exponentielles Ansteigen im Bereich der niedrigen Beleuchtungsstärken, ein nahezu linearer Verlauf im Bereich der mittleren Beleuchtungsstärken und ein konvexes Abschwngen der Kurve im Bereich hoher Beleuchtungsstärken erfassen. Über der Beschreibung dieses Zusammenhangs darf man jedoch nicht vergessen, daß es sich immer nur um einen Ausschnitt aus einem dynamischen Geschehen handelt, der Entwicklungsstand und die Artenzusammensetzung der Vegetation also immer mitberücksichtigt werden müssen.

5.42 Bodenvegetation im Pflanzungsareal

Im Pflanzungsareal der Lochhiebsparzellen I, II und IV deutet sich an, daß der Bedeckungsgrad, die Höhe und das Trockengewicht der Bodenvegetation durch die Konkurrenz der Forstpflanzen (Fichten) stark beeinträchtigt wurde. Allerdings ließen sich aufgrund der geringen Stichprobenzahl (32) diese Beeinträchtigungen nicht absichern. Die von GROSSE (1983) aus sehr viel mehr Stichproben (128) abgeleiteten Befunde über die Konkurrenzwirkung von Forstpflanzen auf die Bodenvegetation dürften jedoch auf die Lochhiebsparzellen zu übertragen sein. Den Untersuchungen GROSSEs zufolge war die Artenzahl, das Trockengewicht und der Bedeckungsgrad (sowohl insgesamt wie auch der Bedeckungsgrad der holzigen und der krautigen Pflanzen) der Bodenvegetation im Bereich der gepflanzten Fichten signifikant niedriger als außerhalb der Fichtenpflanzungen. Eine Wirkung der Forstpflanzen auf die Höhe der Bodenvegetation deutete sich zwar an, konnte von GROSSE aber nicht abgesichert werden. Kann man es nach all dem zwar als wahrscheinlich erachten, daß auf den Lochhiebsparzellen ebenfalls eine Konkurrenzwirkung der Forstpflanzen auf die Bodenvegetation gegeben war, so ist doch zweifelhaft, ob sie sich in derselben Größenordnung wie auf den von GROSSE untersuchten Flächen bewegt. Hierüber müßten weitere Untersuchungen Aufschluß geben.

5.43 Schlußbetrachtung

Lochhiebe stellen eine einmalige aber schwerwiegende Störung eines Ökosystems dar. Da solche Störungen auch in der Natur vorkommen, haben Pflanzen Reproduktions- und Wachstumsstrategien entwickelt (s. hierzu BORMANN und LIKENS, 1979), den dabei entstehenden Raum zu nutzen.

Der freigewordene Raum wird zum einen durch seitliches Wachstum (outgrowth) und zum anderen durch Höhenwachstum (upgrowth) gefüllt. Das seitliche Wachstum konnte in der vorliegenden Arbeit durch Bedeckungsgradschätzungen der Bodenvegetation auf den Lochhiebsparzellen über fünf Jahre sehr gut nachgezeichnet werden. Dagegen kann eine Beschreibung der Veränderung des Höhenwachstums nicht gegeben werden. Dazu wären alljährliche Höhenmessungen der Bodenvegetation notwendig gewesen.

Aufgrund der erwähnten Bedeckungsgradschätzungen und aufgrund von Vergleichen der Vegetation der Jahre 77, 78 und 81 können einige für das komplexe Geschehen der Vegetationsentwicklung auf den Lochhiebsparzellen bedeutsame Faktoren herausgestellt werden:

- Der Zustand der Bodenvegetation vor dem Lochhieb hatte ganz entscheidenden Einfluß auf die Vegetationsentwicklung. So waren etwa der unkrautwüchsige Standort der Parzelle IV, der dichte Schlußgrad des Altbestandes und der infolgedessen wenig tätige Humus der Parzelle II, oder die Artenvielfalt auf Parzelle III wichtige Vorgaben, von denen die Vegetationsentwicklung ausging.
- Von der durch den Lochhieb geschaffenen Situation wurde die Vegetationsentwicklung erwartungsgemäß ebenfalls stark beeinflusst. Nach fünf Jahren war eine deutliche Reaktion der Bodenvegetation auf die durch den Lochhieb veränderten mikroklimatischen Verhältnisse zu verzeichnen. So konnte auf allen Parzellen eine Abhängigkeit verschiedener Parameter der Bodenvegetation von der relativen Beleuchtungsstärke (mit der Licht, Wärme und Wasser eng verknüpft sind) festgestellt werden. Auch die direkte Sonnenstrahlung schien auf manchen Stellen (Parzellen I und III) von Bedeutung zu sein (Förderung der Vegetation im Bestandesinneren, Verhagerung am Bestandesrand). Die Dichte des die Lücke umgebenden Altbestandes spielte vermutlich ebenfalls eine Rolle (Wurzelkonkurrenz auf Parzelle II).
- In den Jahren nach dem Lochhieb war vor allem bedeutsam, daß die Parzellen gegen Wild- und Weidevieheinfluß gezäunt waren. Die geringen Abgänge an Pflanzenarten und das Auftreten seltener, besonders verbißempfindlicher Pflanzen, wie *Lilium martagon*, im Zaun weist darauf hin, daß die Zäune auch dicht waren.

Trotz der Vielzahl der wirksamen Faktoren hat sich nach fünf Versuchsjahren auf allen Parzellen ein von der forstlichen Seite her klares Bild der Bodenvegetation herausgebildet. Auf allen Parzellen ist die Lochfläche von einer üppigen Bodenflora bedeckt, in der mehr oder weniger stark verjüngungshemmende Arten der Gattungen *Carex*, *Calamagrostis*, *Agrostis*, *Luzula* und *Brachypodium* zahlreich vertreten sind. Ebenfalls haben sich verdämmende Pflanzen, wie die beiden *Adenostyles*-Arten und durch Lichtentzug ungünstig wirkende Pflanzen, wie *rubus* und *sambucus* ausgebreitet. Die Artenzusammensetzung, der Bedeckungsgrad, die Höhe und das Trockengewicht der Bodenvegetation auf der Lochfläche aller Parzellen im Jahr 1981 geben Anlaß zu der Sorge, daß das Ankommen von forstlichen Naturverjüngungspflanzen sehr erschwert wird, und die bereits vorhandene Naturverjüngung in starke Bedrängnis gerät. Einzig die gepflanzten Baumarten haben gute Chancen, den Konkurrenzkampf mit der Bodenvegetation in absehbarer Zeit für sich zu entscheiden.

6. DIE NATURVERJÜNGUNG AUF DEN LOCHHIEBPARTZELLEN

Wie den vorstehenden Kapiteln zu entnehmen ist, sind auf den untersuchten Lücken von 30 m Durchmesser fast alle ökologischen Voraussetzungen für eine natürliche Waldverjüngung gegeben: es sind Licht, Wärme, Wasser und Nährstoffe in ausreichendem Maße vorhanden, die Wurzelkonkurrenz des Altbestandes ist auf großen Flächenteilen ausgeschaltet und die Konkurrenz durch die Bodenvegetation ist zumindest in den ersten Jahren nach dem Lochhieb noch nicht besonders ausgeprägt.

Eine weitere ganz wesentliche Voraussetzung für eine natürliche Waldverjüngung wurde noch nicht angesprochen: Die Bäume des Altbestandes müssen das Mannbarkeitsalter erreicht haben und eine ausreichende Menge an Samen produzieren. Diesem Gesichtspunkt wird im folgenden Kapitel 6.1 nachgegangen.

Neben den Samen produzieren die Altbäume auch beachtliche Mengen an Streu. Läßt man einmal die produktionsökologischen Aspekte dieser Streumengen außer Acht und betrachtet sie unter dem Gesichtspunkt ihrer Bedeutung für die natürlich verjüngten Forstpflanzen, so können zwei Wirkungen der Streu auf das Gedeihen der Naturverjüngungspflanzen herausgestellt werden: zum einen werden den Pflanzen über die Streu Nährstoffe zugeführt, und zum anderen wird den Keimlingen durch eine dichte Streuauflage das Fußfassen erschwert bzw. werden bei angekommenen Sämlingen durch Überdeckung mit Streu die Überlebenschancen gemindert. Die Streuproduktion und die aus den oben ausgeführten Gründen für wichtig erachtete Verteilung der Streumenge kommen in Kap. 6.2 zur Sprache.

Im Kap. 6.3 wird dann mitgeteilt, wie sich die zum Zeitpunkt des Lochhiebes bereits vorhandenen Naturverjüngungspflanzen und die in den fünf Versuchsjahren neu hinzugekommenen Naturverjüngungspflanzen unter den aufgezeigten ökologischen Bedingungen entwickelt haben.

6.1 Die Samen und Früchte

6.11 Die bisherigen Untersuchungen über die Fruktifikation der Altbestände auf den Lochhiebparzellen und die Fortsetzung dieser Untersuchungen

Wenn man von der Möglichkeit der Entstehung eines neuen Bestandes aus Stockaus schlägen oder aus Wurzelbrut einmal absieht, dann bezeichnet der Begriff Naturverjüngung die Entstehung eines Bestandes aus den von Altbäumen ausgestreuten Samen. Samen sind also die Grundvoraussetzung für eine natürliche Waldverjüngung.

Alle waldbaulichen Naturverjüngungsverfahren müssen sich deshalb an der Stärke und der Häufigkeit des Fruktifizierens der Altbäume ausrichten. Beim Großschirm schlag ist die Abstimmung auf die Fruktifikation der Altbestände besonders eng. Im Extremfall wird unter Ausnutzung eines einzigen Samenjahres mit einem Besamungshieb der ganze Bestand verjüngt. Auch beim Femelschlag erlangen die Samenjahre ganz besondere Bedeutung - ist er doch geradezu dadurch charakterisiert, daß für die Bestandenerneuerung sehr viele Samenjahre herangezogen werden müssen. Für alle Verjüngungsverfahren kann der Eintritt oder das Ausbleiben eines Samenjahres über das Gelingen oder Mißlingen der Bestandenerneuerung im Wege der Naturverjüngung entscheidend sein. Die mit Hilfe eines Verfahrens eingeleiteten Naturverjüngungsprozesse können also nur unter Einschluß von Kenntnissen über die Fruktifikation des Altbestandes richtig beurteilt werden.

Im Forschungsprojekt "Bergmischwald", das ja als einen Schwerpunkt die Aufklärung der in Abb. 3 (Kap. 2.15) dargestellten Naturverjüngungsabläufe zum Ziel hat, wurde der Fruktifikation der Altbestände besondere Aufmerksamkeit gewidmet. In einer eigenen Arbeit wurde von VELTSISTAS (1980) die Fruktifikation der Altbestände auf allen Versuchspartzen des Bergmischwaldprojektes in den Jahren 1976/77 und 1977/78 untersucht. Durch Auszählen der Zapfen an Fichte und Tanne auf allen Versuchsflächen konnte VELTSISTAS einen Überblick über die zu erwartenden Samenmengen dieser Baumarten gewinnen. Die Zahl der tatsächlich gefallenen Samen von Fichte und Tanne, sowie die Zahl der Bucheckern und Ahornfrüchte registrierte VELTSISTAS in jeweils 30 auf jeder Versuchspartze aufgestellten Samenfängen.

Jeder Samenfang mit einer Auffangfläche von 0,25 m² bestand aus einem 50 cm langen, 50 cm breiten und 15 cm hohen Holzrahmen, in den ein feinmaschiges Plastiksieb eingesetzt war. Auf den vier Lochhiebpartzen waren die 30 Samenfänge wie in Abb. 5 dargestellt angeordnet. Die Samenfänge wurden mit Ausnahme der Winterperiode in Abständen von 2 bis 4 Wochen geleert. Aus dem organischen Material wurden die Fichten- und Tannensamen, die Bucheckern, die Ahornfrüchte und die Samen der sonstigen Baumarten herausgesucht. Die Bestimmung der Samenqualität wurde nach den ISTA-Vorschriften (INTERN. VEREINIGUNG FÜR SAATGUTPRÜFUNG, 1976) durchgeführt. Die Fichten-, Tannen- und Lärchensamen wurden Keimprüfungen in einem Jakobsen-Gerät unterzogen. Die Lebensfähigkeit der Buchen- und Ahornsamen wurde mittels Tetrazoliumtests festgestellt.

Zum Samenjahr 1976/77 wurden alle Samen gerechnet, die vom 1.9.1976 bis zum 31.5.1977 in den Samenfängen gefunden wurden. Das Samenjahr 1977/78 umfaßte den Zeitraum vom 1.6.1977 bis 31.8.1978.

Auf einer Partze, der Lochhiebpartze II, wurde, nach Abschluß der Aufnahmen von VELTSISTAS, die Fruktifikation des Altbestandes in den Folgejahren weiterbeobachtet. Dazu wurden die 30 Samenfänge vom 1.9.1978 bis 31.8.1981, also weitere drei Jahre geleert. Zu einem Samenjahrgang wurden immer die Samen zusammengefaßt,

die vom 1.9. des Jahres, in dem die Samen gebildet worden waren, bis zum 31.8. des nachfolgenden Jahres in den Samenfängen gefunden wurden.

Die Qualität der Samen wurde in den drei Jahren nicht nach den ISTA-Vorschriften, sondern lediglich durch Schnittproben überprüft. Die in den Jahren 1976 und 1977 ermittelte Keimfähigkeit bzw. Lebensfähigkeit ist also streng genommen nicht mit den in den Jahren 1978 - 1981 erhobenen Werten zu vergleichen. Da sich jedoch bei den von VELTSISTAS vorgenommenen Keimprüfungen gezeigt hatte, daß mangelnde Keimfähigkeit der Samen fast ausschließlich auf Hohlkörnigkeit, also die Nichtausbildung eines Embryos zurückzuführen ist (die auch mit Schnittproben zu bestimmen ist), dürfte der Unterschied zwischen den beiden Methoden der Qualitätsbestimmung nicht sonderlich hoch sein.

6.12 Ergebnisse der bisherigen und der fortgeführten Untersuchungen über die Fruktifikation der Altbestände auf den Lochhiebsparzellen

6.121 Das Ausmaß der Fruktifikation

Anhand der Zapfenzählergebnisse konnte VELTSISTAS (1980) das Ausmaß der Fruktifikation der Fichten und Tannen in den Jahren 1976 und 1977 recht gut abschätzen. Die Fichte produzierte 1976 und 1977 in nennenswertem Umfang Zapfen, die Tanne nur im Jahr 1976.

Auf beiden hochgelegenen Lochhiebsparzellen wurden im Jahr 1976 an den Fichten erhebliche Zapfenmengen gezählt (19 Tsd. Zapfen pro Hektar auf Parzelle III und 35 Tsd. Zapfen pro Hektar auf Parzelle IV). Nach dem von MESSER (1948) vorgeschlagenen Klassifizierungsschema wurde dieser Zapfenbehang mit 26% bzw. 32% einer Vollernte eingestuft. Auf der Parzelle I wurden dagegen lediglich 2 Tsd. und auf der Parzelle II 1 1/2 Tsd. Fichtenzapfen pro Hektar festgestellt. Nennenswerte Tannenzapfenmengen wurden 1976 nur auf der Parzelle I (400 Stück/ha) und auf der Parzelle II (300 Stück/ha) registriert.

Im Folgejahr trugen die Fichten auf der Parzelle I 3 Tsd. und auf der Parzelle II 3 1/2 Tsd. Zapfen. Auf der Parzelle III wurden 5 Tsd. und auf der Parzelle IV 6 Tsd. Fichtenzapfen verzeichnet. Auf den Parzellen I und II konnte im Jahr 1977 eine Fruktifikation der Buche und des Ahorn beobachtet werden. Eine Einschätzung der Buchen- und Ahornmast vor dem Samenfall wurde jedoch aufgrund der damit verbundenen Schwierigkeiten nicht vorgenommen.

6.122 Die Dichte der Samen und Früchte

Die von VELTSISTAS am Boden in den Samenkästen ermittelten Samenzahlen von Fichte und Tanne waren erwartungsgemäß sehr eng mit den an den stehenden Bäumen erhobenen Zapfenmengen korreliert (Bestimmtheitsmaße zwischen 0,82 und 0,91).

Man kann deshalb davon ausgehen, daß die in Tab. 29 dargestellten Samendichten auch in den Beobachtungsjahren 1979 - 1981 das Ausmaß der Fruktifikation der Altbestände - zumindest was die Fichte und die Tanne betrifft - sehr gut wiedergeben.

LOCHHIEBPARZELLE	Samenjahr	FICHTE			TANNE			BUCHE			AHORN			ALLE BAUMARTEN einschl. Sonst.	
		Samen N/m ²	keimf. Samen N/m ²	Keim - %	Samen N/m ²	keimf. Samen N/m ²	Keim - %	Eckern N/m ²	lebensf. Eckern N/m ²	Lebensf. %	Früchte N/m ²	lebensf. Früchte N/m ²	Lebensf. %	Samen und Früchte N/m ²	keimf. Samen u. lebensf. Früchte N/m ²
I	1976/77	50.4	14.1	28	10.7	2.7	25	0.7	0	0	1.5	0	0	63.6	16.8
	1977/78	88.3	25.1	28	3.2	0.1	4	81.6	22.7	28	20.1	8.8	44	193.6	56.7
II	1976/77	87.2	27.5	32	6.4	1.2	19	0.1	0	0	0.8	0.1	13	95.0	28.8
	1977/78	177.2	77.7	44	1.7	0	0	38.9	7.6	28	8.5	2.7	32	226.3	88.0
	1978/79	4.8	0.1	3	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	4.9	0.1
	1979/80	0.1	0	0	4.4	1.2	27	0.1	0	0	11.2	7.6	16	15.9	8.8
	1980/81	63.3	19.1	30	12.9	3.9	30	0.1	0	0	0.3	0	0	76.7	22.9
III	1976/77	392.4	182.1	46	12.0	0.4	15	0	0	0	0.1	0	0	404.5	182.5
	1977/78	126.3	27.4	22	2.9	0.4	17	0	0	0	0	0	0	128.6	27.8
IV	1976/77	680.8	285.9	42	6.3	0	0	0	0	0	0.1	0	0	687.3	285.9
	1977/78	118.9	21.1	18	5.5	0.5	9	0	0	0	0.5	0.3	60	124.9	21.9

Tab. 29: Die Dichte der Fichten- und Tannensamen, der Bucheckern und der Ahornfrüchte, sowie die Dichte der keimfähigen Fichten- und Tannensamen, der lebensfähigen Bucheckern und Ahornfrüchte in verschiedenen Samenjahren auf den vier Lochhiebsparzellen.
(Die Befunde der Samenjahre 1976/77 und 1977/78 wurden der Arbeit von VELTSISTAS (1980) entnommen.)

Diese Samendichten (ebenso auch die Zapfenmengen) müßten natürlich für Vergleiche auf den Grundflächen- oder Stammzahlanteil der jeweiligen Baumart bezogen werden. Für die Verjüngungsökologie auf den Lochhiebsparzellen ist jedoch die tatsächlich ermittelte Samenzahl pro Flächeneinheit, wie sie in Tab. 29 dargestellt ist, ausschlaggebend. Auf vertiefende Betrachtungen zum Verhältnis der Samendichte zur Beteiligung der einzelnen Baumarten am Altbestand wurde daher verzichtet.

Die höchsten Dichtewerte erreichte die Fichte im Samenjahr 1976/77 auf den Lochhiebsparzellen III und IV mit 390 bzw. 680 Samen pro m². Vor diesem Hintergrund erscheint es ganz erstaunlich, daß im Folgejahr 1977/78 auf diesen beiden Parzellen wiederum ca. 120 Fichtensamen pro m² fielen. Auf den Lochhiebsparzellen I und II wurden ebenfalls in beiden Jahren Fichtensamen registriert; allerdings war es hier umgekehrt wie auf den Parzellen III und IV: im zweiten Jahr waren es mehr Samen als im ersten.

Auf der Parzelle II, auf der nach Abschluß der Aufnahmen von VELTSISTAS die Samenproduktion weiterbeobachtet wurde, fielen nach zwei Jahren ohne stärkere Fruktifikation der Fichte im Jahr 1980/81 wiederum Samenmengen, die etwa in der Größenordnung des ersten Jahres lagen.

Tannensamen waren auf den Lochhiebsparzellen im ersten Jahr nur in begrenztem Umfang zu finden. Die Dichten lagen zwischen 6 und 12 Samen pro m^2 . Im Folgejahr wurden nur vereinzelt Tannensamen festgestellt. Auf der Parzelle II tauchten dann, nachdem im Jahr 1978/79 keine und im Jahr 1979/80 sehr wenige Tannensamen gefallen waren, im Jahr 1980/81 wieder etwas mehr Tannensamen (13 Stck. pro m^2) in den Samenfängen auf.

Bucheckern fielen in größeren Mengen nur im zweiten Beobachtungsjahr, allerdings auch nur auf den Parzellen I und II (80 bzw. 40 Stck./ m^2). In den Folgejahren trat keine Buchenmast mehr ein.

Eine begrenzte Menge an Ahornfrüchten wurde im zweiten Beobachtungsjahr nur auf den Parzellen I und II festgestellt (20 bzw. 9 Stck./ m^2). Einen Hinweis darauf, daß im Jahr 1979/80 der Ahorn wiederum, und zwar noch etwas stärker fruktifizierte als im Jahr 1977/78, geben die Dichtebefunde von der Parzelle II.

Betrachtet man die Summe aller in einem Jahr gefallenen Samen und Früchte gleich welcher Baumart (wobei man sich natürlich bewußt sein muß, daß hier Äpfel und Birnen addiert werden), und nimmt die Parzelle II, für die fünf Beobachtungsjahre vorliegen, zum Maßstab, dann kann man folgende Aussage treffen: Unter den fünf Beobachtungsjahren war nur ein einziges, nämlich das Jahr 1978/79, in dem so gut wie keine Samen oder Früchte auf den Boden gelangten. In allen anderen Jahren wurden durchaus Dichtewerte erreicht, die die natürliche Verjüngung beständig in Gang halten können.

6.123 Die Dichte der keimfähigen Samen und lebensfähigen Früchte

Voraussetzung für das Ankommen einer natürlichen Verjüngung ist, daß die gefallenen Samen und Früchte auch keimfähig bzw. lebensfähig sind. Tab. 29, in der auch die Ergebnisse der Prüfungen auf Keimfähigkeit bzw. Lebensfähigkeit enthalten sind, zeigt, daß auf allen Lochhiebsparzellen sehr viele keimfähige Fichtensamen und nur wenige keimfähige Tannensamen für eine natürliche Verjüngung zur Verfügung standen; lebensfähige Bucheckern und Ahornfrüchte wurden in größerem Umfang nur auf den Parzellen I und II verzeichnet. Die Keimprozentage von Fichte und Tanne schwankten von Jahr zu Jahr und von Parzelle zu Parzelle teilweise ganz beträchtlich (Tab. 29). Als das Keimprozent der Tanne beeinflussende Größe konnte VELTSISTAS an Hand des ihm vorliegenden Zahlenmaterials von 16 Versuchspartellen die Samendichte in dem Sinne nachweisen, daß mit zunehmender Dichte auch die Qualität der Samen und Früchte zunimmt. Ein derartiger Zusammenhang ließ sich für die Fichte nicht herleiten; hier vermutete VELTSISTAS, daß

Unterschiede in der Keimkraft der Fichte vor allem auf regional unterschiedliche Witterungsverhältnisse zur Zeit der Blüte und der Zapfenreife zurückzuführen sind. Die Lebensfähigkeit der Bucheckern war dagegen, wie dies auch in den Untersuchungen von BURSCHEL (1961) und BURSCHEL, HUSS und KALBHENN (1964) zu Tage getreten war, wieder eng mit der Eckerndichte verknüpft.

6.124 Die Verteilung der Samen und Früchte

Neben der Keimfähigkeit der Samen bzw. der Lebensfähigkeit der Früchte ist als weiteres Kriterium für eine natürliche Verjüngung die Verteilung der Samen und Früchte am Boden von Bedeutung. Auf den Lochhiebsparzellen ist dieses Kriterium sogar von besonderer Wichtigkeit, ist doch auf diesen Parzellen die Voraussetzung für eine flächendeckende Naturverjüngung, daß auch die zentralen Teile der Lücke mit Samen und Früchten versorgt werden.

Da die Verteilungsmuster, die VELTSISTAS (1980) in den Samenjahren 1976/77 und 1977/78 fand, auf allen vier Lochhiebsparzellen im Prinzip sehr ähnlich waren, erscheint es ausreichend, am Beispiel einer Parzelle, der Lochhiebsparzelle II, der Verteilung von Samen und Früchten am Boden nachzugehen.

Die Abb. 34 und 35 geben die regressionsanalytisch überprüften Zusammenhänge zwischen der Dichte der Samen und der Entfernung vom Lückenmittelpunkt wieder.

Die in der Abb. 34 und 35 für Fichte und Buche dargestellten Regressionslinien und Gleichungen stimmen nicht ganz mit den entsprechenden Linien und Gleichungen von VELTSISTAS (1980) überein. Dazu ist folgendes zu bemerken:

In die Berechnungen von VELTSISTAS gingen die Einzelwerte der Samendichten der 30 Samenfänge ein. Aufgrund dessen lagen die Bestimmtheitsmaße der Beziehungen zwischen Dichte und der Entfernung vom Lückenmittelpunkt meist sehr niedrig (um 0,40), in einigen Fällen war die im Originaldatenmaterial aufscheinende Beziehung nicht abzusichern.

Für die Herleitung der in Abb. 34 und 35 angegebenen eigenen Regressionsgleichungen wurde davon ausgegangen, daß aufgrund der inhomogenen Bestandeszusammensetzung zwangsläufig Unregelmäßigkeiten in der Verteilung der Samen auftreten müssen. Diese Unregelmäßigkeiten können durch eine Gruppierung der Dichten nach 5 Entfernungsstufen weitgehend ausgeschaltet werden, wobei die gruppierten Daten streng genommen nicht als Mittelwerte, sondern als Summenwerte aufzufassen sind.

Für diese Betrachtung spricht, daß Einzelanalysen, die immer nur eine einzige Richtung herausgreifen, die Abhängigkeit der Samendichte von der Entfernung vom Bestandesrand sehr viel deutlicher zum Ausdruck bringen (Bestimmtheitsmaße über 0,90) als dies die von VELTSISTAS angegebenen Bestimmtheitsmaße vermuten lassen. Die Entfernung vom Bestandesrand ist deshalb, und das ist ja auch sehr naheliegend, die entscheidende erklärende Variable für die Samendichten am Boden.

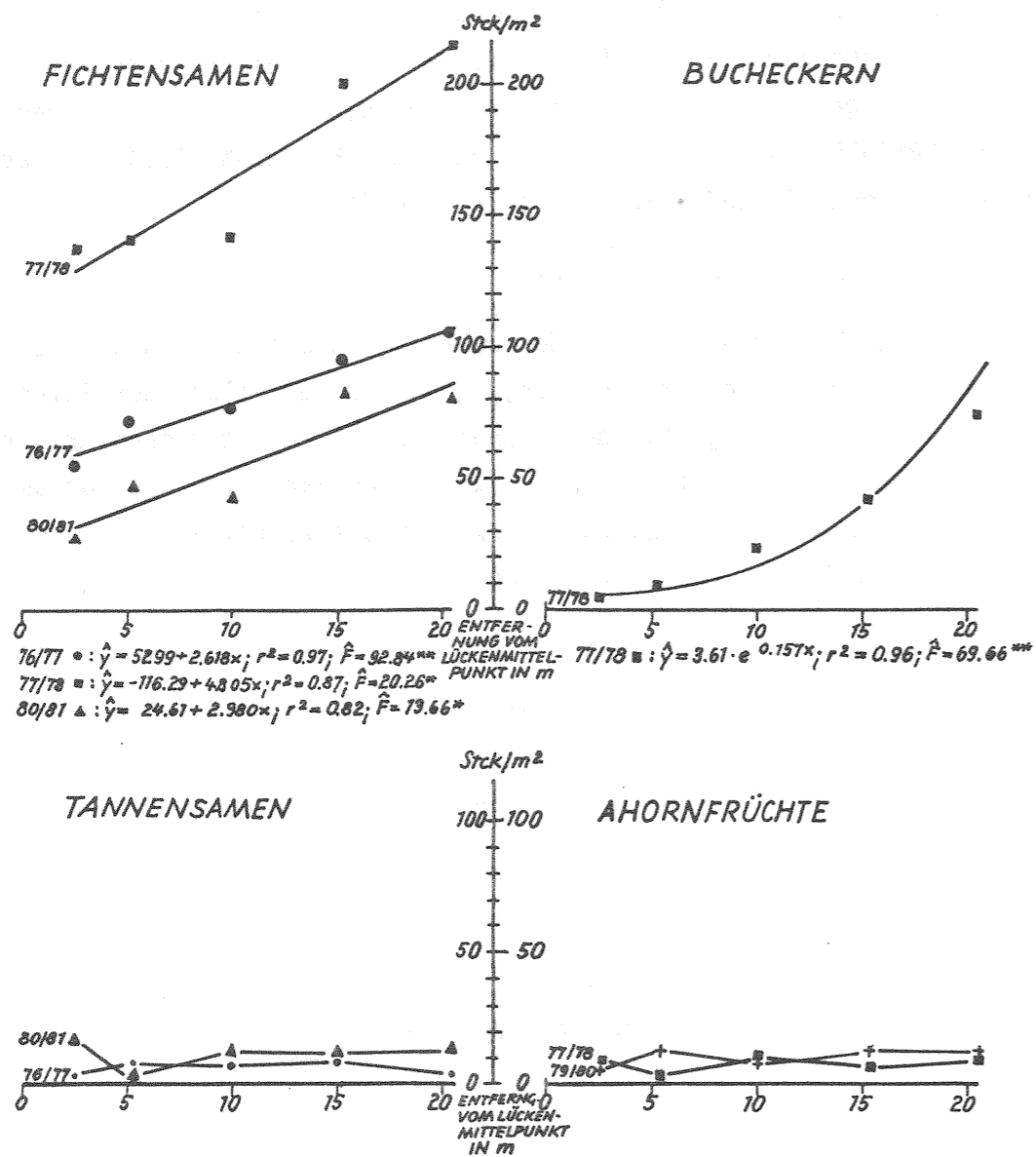


Abb. 34: Die Dichten der Fichten- und Tannensamen, der Bucheckern und der Ahornfrüchte auf der Lochhiebpazelle II in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt.

Die Abb. 34 läßt erkennen, daß in allen drei Jahren, in denen die Fichte fruktifizierte, zwischen der Dichte der Fichtensamen und der Entfernung vom Lückenmittelpunkt ein straffer linearer Zusammenhang bestand. Die Lückenmitte erhielt stets deutlich weniger Samen als die Flächen unter dem Altbestandsschirm. Trotzdem standen, wie aus den Achsenabschnitten der Regressionsgleichungen hervorgeht, auch in der Mitte der Lücke noch ganz beachtliche Mengen an Fichtensamen für eine natürliche Verjüngung zur Verfügung.

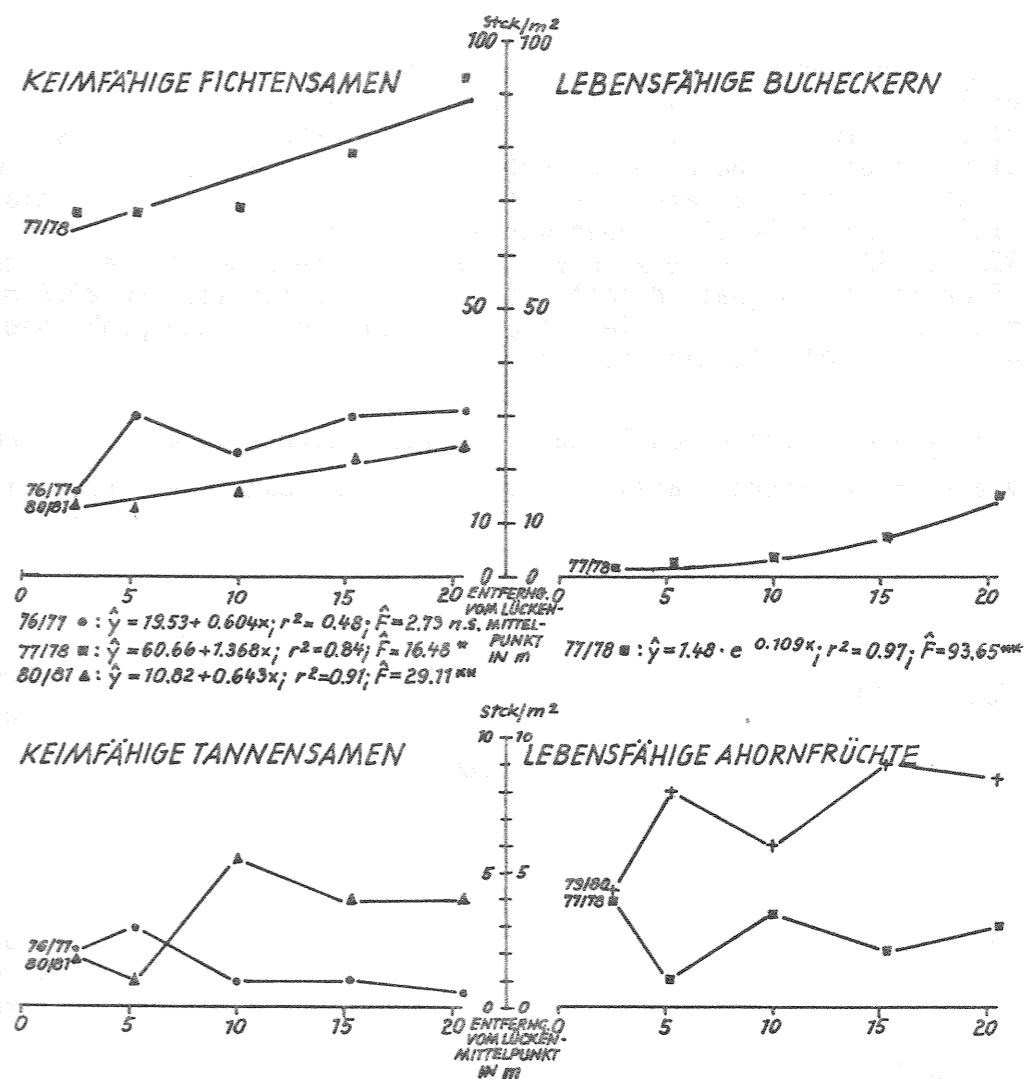


Abb. 35: Die Dichten der keimfähigen Fichten- und Tannensamen sowie der lebensfähigen Bucheckern und Ahornfrüchte auf der Lochhiebpazelle II in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt.

Die Regressionsgleichungen der drei Jahre wurden nach dem von SACHS (1978) angegebenen Verfahren verglichen. Dabei ergab sich folgendes Ergebnis: Alle drei Regressionsgleichungen unterschieden sich hinsichtlich der Achsenabschnitte. Der Regressionskoeffizient der Gleichung des Jahres 1977/78 war signifikant von dem der Gleichung des Jahres 1980/81 und hochsignifikant von dem der Gleichung des Jahres 1976/77 verschieden. Dagegen erreichte beim Vergleich der Regressionskoeffizienten der Gleichungen der Jahre 1976/77 und 1980/81 der errechnete t -Wert nicht das Niveau des bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% tabellierten t -wertes.

Die Tatsache, daß die Regressionslinien der Jahre 1976/77 und 1980/81 sich nicht in der Steigung unterscheiden, ist nicht weiter verwunderlich, hat doch in beiden Jahren die Fichte etwa gleich stark fruktifiziert. Dagegen lag im Jahr 1977/78 das Ausmaß der Fruktifikation deutlich höher. Im allgemeinen wird man

wohl davon ausgehen können, daß mit dem Ausmaß der Fruktifikation auch die Steigung der Regressionslinien wächst, also eine Interaktion zwischen der Wirkung der Entfernung vom Lückenmittelpunkt und der Wirkung des Ausmaßes der Fruktifikation auf die Samendichte besteht. Unterstellt man diese Wechselwirkung, dann läßt sich mit dem Datenmaterial, das in den drei Fruktifikationsjahren der Fichte auf der Parzelle II erhoben wurde, folgendes Modell berechnen (Beispiel s. FREESE, 1964): $y = b + b_1 x_1 + b_2 x_1 x_2$, worin y die Samendichte, x_1 das Ausmaß der Fruktifikation (Samendichte unter dem Altbestandsschirm 20,6 m von der Lückenmitte entfernt) und x_2 die Entfernung vom Lückenmittelpunkt bedeuten. Dieses Modell ist in Abb. 36 dargestellt.

Das in Abb. 36 wiedergegebene Modell der Fichtensamenverteilung auf der Parzelle II zeigt, wie sich die Fichtensamenverteilung mit dem Ausmaß der Fruktifikation

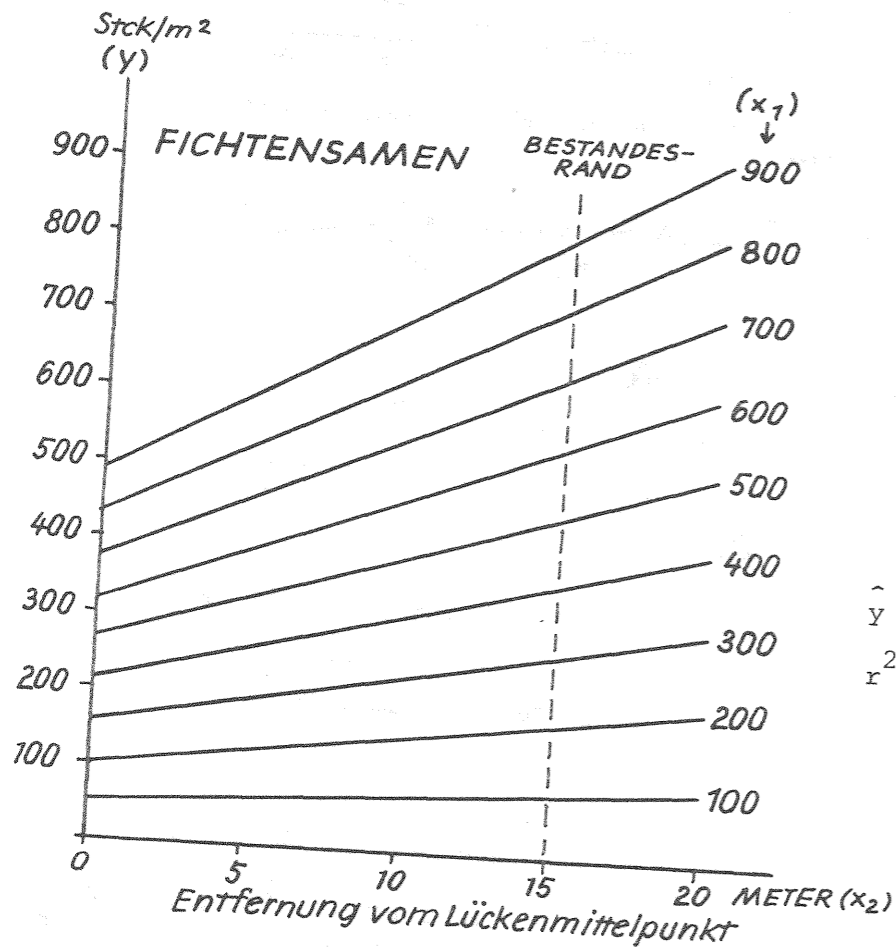


Abb. 36:
Modell der Fichtensamenverteilung auf der Lochhiebsparzelle II.

Dichte der Fichtensamen (y) in Abhängigkeit vom Ausmaß der Fruktifikation (x_1 = Samendichte unter dem Altbestandsschirm 20,6 m vom Lückenmittelpunkt entfernt) und von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt (x_2).

$$\hat{y} = -6,37 + 0,548x_1 + 0,024x_1x_2$$

$$r^2 = 0,97; \hat{F} = 166,51^{++}$$

ändert. Die angegebene Gleichung erlaubt es, aus einer unter dem Altbestandsschirm nahe dem Bestandesrand erhobenen Samendichte auf die Verteilung der Samen auf der Lückenfläche zu schließen. Bemerkenswert an diesem Modell ist, daß es auch die Verhältnisse auf den anderen Parzellen beschreiben kann, obgleich nur die Daten der Parzelle II zur Berechnung benutzt wurden. So kann etwa die Verteilung der Fichtensamen auf der Parzelle I im Jahr 1976 und der Parzelle III im Jahr 1977 angenähert durch die Linie 100 ($x_1 = 100$) wiedergegeben werden; die Verteilung

der Samen auf der Parzelle III im Jahr 1976 kommt der Linie 500 ($x_1 = 500$) sehr nahe, und die Fichtensamenverteilung der Parzelle IV des Jahres 1976 wird sehr gut durch die 800er Linie ($x_1 = 800$) beschrieben.

In Jahren mit einer sehr starken Fruktifikation der Fichte müßte überprüft werden, ob dieses Modell auch für diese Jahre brauchbar ist. In Jahren mit einer geringeren Fruktifikationsstärke der Fichte (bis 30% einer Vollernte), in denen etwa 50 bis 900 Samen pro m^2 unter dem Altbestandsschirm auf dem Boden zu finden sind, wird man davon ausgehen können, daß dieses Modell die Samenverteilung auf Lücken mit einem Durchmesser von 30 m annähernd beschreibt. Für diesen Dichtebereich wird man damit rechnen können, daß in der Mitte der Lücke immer etwa halb so viele Samen zu finden sein werden wie unter dem Altbestandsschirm.

Es stellt sich nun natürlich die Frage, ob die Lückenmitte nicht zusätzlich dadurch benachteiligt ist, daß die hier ankommenden Fichtensamen eine geringere Keimfähigkeit als unter dem Altbestandsschirm aufweisen, etwa infolge eines erhöhten Anteils an Hohlkörnern, die vom Wind leichter verfrachtet werden können. Diese Frage läßt sich durch einen Vergleich der Verteilung der gesamten Fichtensamen (Abb. 34) und der in Abb. 35 dargestellten Verteilung der keimfähigen Fichtensamen beantworten.

Wenn die Keimprozentage auf allen Entfernungsstufen gleich sind, dann müßten theoretisch die Regressionskoeffizienten (b_1 - Gesamtsamen : b_1 - keimfähige Samen) das gleiche Verhältnis aufweisen wie die Achsenabschnitte b_0 - Gesamtsamen : b_0 - keimfähige Samen). Da die tatsächlichen Werte in allen drei Jahren unter den theoretischen Werten liegen, die Steigung also geringer ist als sie beim Vorliegen gleicher Keimprozentage auf allen Entfernungsstufen sein sollte, kann man annehmen, daß die Keimprozentage in der Mitte der Lücke im Vergleich zu den Keimprozentagen unter Schirm eher höher als niedriger liegen. Eine regressionsanalytische Überprüfung der Beziehungen Keimprozentage in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt erbringt zwar tatsächlich Regressionslinien mit negativen Regressionskoeffizienten und Bestimmtheitsmaßen bis 0,61 ($F_{1,77/78}$), doch lassen sich diese Beziehungen nicht absichern. Das bedeutet, die Annahme, daß die Keimprozentage auf allen Entfernungsstufen gleich sind, konnte nicht widerlegt werden.

Wie aus Abb. 34 und Abb. 35 zu entnehmen ist, konnte auch für die Buche ein Zusammenhang zwischen der Entfernung von der Lückenmitte und der Eckerndichte bzw. der Dichte der lebensfähigen Eckern nachgewiesen werden. Dieser Zusammenhang

läßt sich besser durch Exponentialgleichungen als durch Linearfunktionen beschreiben. Erstaunlich ist, daß auch im Zentrum der Lücke die gewichtigen Eckern noch zu finden waren, und diese Eckern keine geringere Lebensfähigkeit hatten als unter dem Altbestandsschirm.

Keine Beziehung zwischen der Entfernung von der Lückenmitte und der Samendichte bzw. der Dichte der Früchte konnte für Tanne und Ahorn aufgedeckt werden (s. Abb. 34 u. 35).

Dies ist bei der Tanne sicherlich darauf zurückzuführen, daß in beiden Beobachtungsjahren nur sehr wenige Bäume, und die auch nur in geringem Umfang, fruktifizierten; diese Bäume waren zudem noch sehr ungleichmäßig verteilt. Der Ahorn bildete zum einen ebenfalls in beiden Jahren nur in bescheidenem Umfang Früchte und zum anderen stand auf der genau untersuchten Parzelle II kein Ahornaltbaum.

Aus den Abb. 34 u. 35 geht hervor, daß es um die Besamung der zentralen Teile der Lücke mit Tannensamen und Ahornfrüchten, gemessen am Samenangebot unter dem Altholzschirm, keineswegs schlecht bestellt war. Es tauchten etwa genauso viele Tannensamen und Ahornfrüchte in der Mitte der Lücke wie unter dem Altbestandsschirm in den Samenkästen auf. Unterschiede in den Keim- bzw. Lebensfähigkeitsprozenten waren nicht festzustellen.

Angesichts der nun vorgestellten Ergebnisse kann man den von VELTSISTAS (1980) für den Ahorn gezogenen Schluß auf alle Baumarten und alle Parzellen ausdehnen, daß nämlich - sofern nur Samenbäume vorhanden und genügend Samen bzw. Früchte gebildet worden sind - Lücken mit einem Durchmesser von 30 m mit einem beachtlichen Verjüngungspotential - also keimfähigen Samen und lebensfähigen Früchten - versorgt werden. Das Samenangebot ist demnach kein die Naturverjüngung auf Lücken begrenzender Faktor.

6.2 Die Streumengen

Aus den bereits in der Einleitung zu Kap. 6 angeführten Gründen erschien es interessant, die Verteilung der Streumenge auf einer Lochhiebsparzelle zu erfassen.

Dazu wurden die in den Samenkästen (s. Kap. 6.1) der Parzelle II gesammelten Streumengen, nachdem die Samen und Früchte aussortiert waren, 4 Tage lang bei 65° C getrocknet und anschließend gewogen. Die Mittelwerte der Trockengewichte der Streu der Jahre 1976 - 1981 zeigt die Tab. 30.

Zeitraum 1.9.-31.8.	Trockengewicht der Streu kg/ha
1976/77 ⁺)	2.110
1977/78 ⁺)	2.114
1978/79	1.888
1979/80	1.911
1980/81	1.960

Tab. 30:

Trockengewichte der Streu auf der Parzelle II von 1976 - 1981.

Angegeben ist das Trockengewicht der Streu ohne Samen und Früchte.

+) aus VELTSISTAS (1980)

Tab. 30 ist zu entnehmen, daß keine gravierenden Unterschiede zwischen den Streumengen der fünf Beobachtungsjahre zu verzeichnen waren.

Nachdem VELTSISTAS (1980) festgestellt hatte, daß die Plastiksiebeinsätze der Samenfänge einen geringen Anteil der Nadelstreufraktion nicht halten konnten, wurden ab 1979/80 nur für Wasser passierbare Plastiktüteneinsätze in den Samenfängen installiert. Diese Veränderung brachte, den Ergebnissen der Tab. 30 zufolge, jedoch keine namhafte Erhöhung der Trockengewichte der Streu in den Jahren 1979/80 und 1980/81 mit sich.

Unterschiede im Trockengewicht der Streu, wie sie in Tab. 30 aufscheinen, müssen nicht notwendigerweise durch einen unterschiedlichen Streufall bedingt sein; sie können ebenso auch durch unterschiedliche Einwehung oder Auswehung von Laubblättern in den einzelnen Jahren verursacht sein. Dann stellen sie einen bisher mit vernünftigem Aufwand nicht ausschaltbaren Versuchsfehler dar.

In den letzten drei Jahren wurden die Trockengewichte der Streu für jeden der 30 Samenfänge einzeln ermittelt. Dies ermöglichte es, die Trockengewichte der Streu nach 5 Entfernungsstufen zu gruppieren, und in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt darzustellen (s. Abb. 37).

Abb. 37 zeigt, daß die Streumenge in den Jahren 1978/79 linear, und in den Jahren 79/80, 80/81 exponentiell mit der Entfernung von der Lückenmitte zunahm.

Die Regressionslinien der Jahre 79/80 und 80/81 unterscheiden sich nicht. Dagegen zeigt die Regressionslinie des Jahres 78/79 einen deutlich anderen Verlauf. Eine Erklärung dafür kann nicht gegeben werden. Die 20 m von der Lückenmitte entfernt festgestellten Trockengewichte der Streu erreichten fast die Werte, wie sie VELTSISTAS (1980) unter dem Schirm benachbarter geschlossener Altholzbestände fand, was nicht verwunderlich ist, da die Samenfänge dort bereits voll überschirmt waren. Dagegen ist es sehr bemerkenswert, daß die Trockengewichte der Streu in der Lückenmitte etwa fünfmal so hoch lagen wie die Werte, die VELTSISTAS auf nahgelegenen Kahlflächen ermittelte. Dieser Befund ist ein weiterer wichtiger Hinweis auf den bedeutenden ökologischen Einfluß, den der umgebende Wald auf Lochhiebsflächen dieser Größe hat.

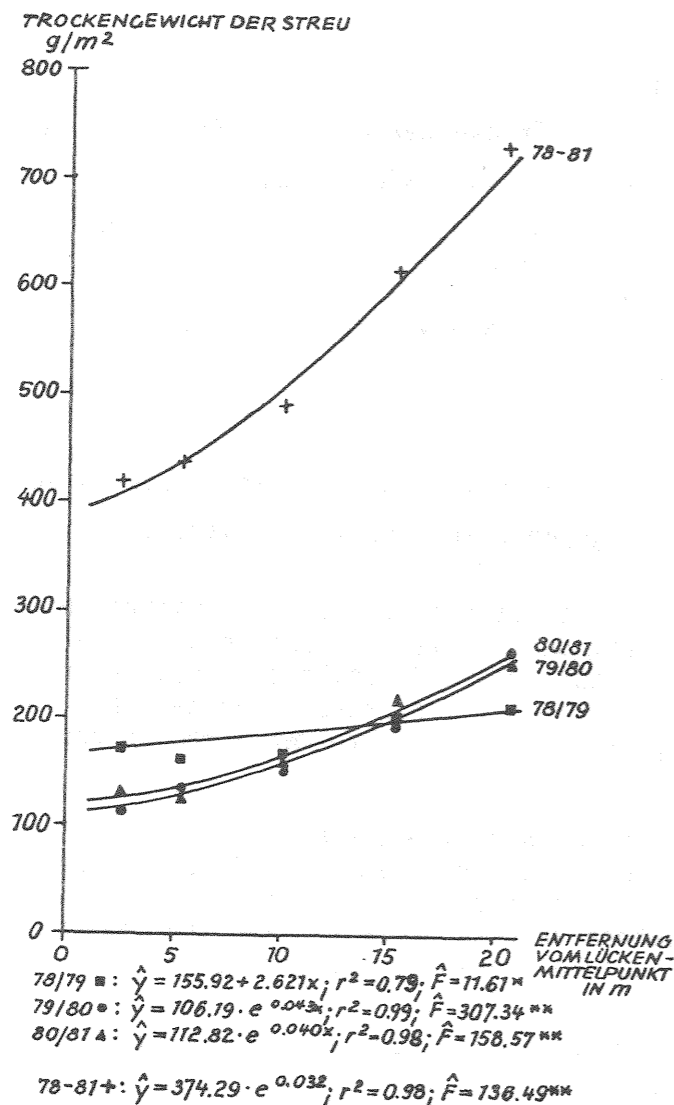


Abb. 37: Das Trockengewicht der Streu in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt.

Die ebenfalls in Abb. 37 wiedergegebene Regressionslinie der Summe der Streumengen der letzten drei Beobachtungsjahre läßt einen exponentiellen Anstieg mit der Entfernung von der Lückenmitte erkennen. Aus dieser Kurve der Gesamtstreuemengen kann man entnehmen, daß schon drei Jahre beachtliche Unterschiede in der Streumenge bewirken, die auf verschiedenen Stellen der Lochfläche abgelagert werden. So wurden in den drei Jahren im Altbestand fast 800 g/m² (8 t/ha), dagegen in der Lückenmitte nur 400 g/m² (4 t/ha) Streu angehäuft. In eine Bilanzgleichung, die die Einnahme- und Ausgabeseite an organischer Substanz erfaßt, müßte natürlich die Bodenvegetation einbezogen werden. Durch die Trockensubstanzproduktion der Bodenvegetation dürfte das Defizit an Streu in der Lückenmitte gut und gerne ausgeglichen werden.

Ob die unterschiedliche Streuanhäufung auf der Lochhiebsparzelle tatsächlich Auswirkungen auf die Naturverjüngung hat, muß im Rahmen dieser Arbeit offen bleiben. Denkbar wäre immerhin, daß die Fichtenverjüngung, die sich gleich im Jahr nach Lochhieb auf der Parzelle einfand, in der Lückenmitte dadurch begünstigt wurde, daß sie nicht von dichten Streupaketen zugedeckt wurde. Dazu muß man wissen, daß HOHENADL (1981) auf dicht beschirmten Parzellen feststellte, daß v.a. junge Nadelholzpflanzen von Blattstreu überdeckt wurden und abstarben. Auch ELLENBERG (1982) mißt dieser Abgangsursache große Bedeutung zu, wenn er das Fehlen von Moosen und jungen Nadelholzpflanzen in buchenreichen Wäldern mit dem starken Laubfall im Herbst erklärt. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam bereits KORPEL (1965): er konnte eine Beziehung zwischen der Vertretung der Buche im Altbestand und der Mächtigkeit der Streuaufgabe, die für das Ankommen und Überleben der Tannenflüge entscheidend war, herleiten.

6.3 Die Naturverjüngungspflanzen

6.3.1 Die Beobachtung der Naturverjüngungspflanzen während der fünf Untersuchungsjahre und die Auswertung der erhobenen Daten

Als Einrichtungen zur Beobachtung der Naturverjüngungspflanzen waren die bereits mehrfach erwähnten Probekreise geschaffen worden. Die Beschreibung dieser Naturverjüngungsprobekreise ist Kap. 3.1 zu entnehmen, und ihre Anordnung auf den Lochhiebsparzellen der Abb. 5. Auf den 52 Probekreisen jeder Lochhiebsparzelle, von denen 26 eine Bodenbearbeitung erfahren hatten und 26 unbearbeitet geblieben waren, wurden von 1977 bis 1981 die Naturverjüngungspflanzen registriert. Jeweils im Frühjahr (Stichtag 15. Juni) und im Herbst (Stichtag 15. September) jeden Jahres wurde die Zahl der Naturverjüngungspflanzen nach Baumarten und Keimjahrgängen festgehalten. (Baumarten: Fichte, Tanne, Buche, Ahorn und Sonstige; Keimjahrgänge: älter oder gleich 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981.) Die Pflanzen der verschiedenen Keimjahrgänge wurden im Gelände mit verschiedenen farbigen Markierungen gekennzeichnet, bis 1979 mit farbigen Holzstäbchen, später mit Kupferdrahtstücken, die eine farbige Plastikummüllung hatten.

Die Kupferdrahtstücke erwiesen sich als vorteilhafter als die Holzstäbchen, da sie nicht wie diese vom Schnee gebrochen und verfrachtet wurden. Die Drahtstücke werden vom Schnee lediglich umgedrückt; im Frühjahr brauchen sie dann nur wieder aufgerichtet zu werden.

Der Standort der im Gelände markierten Pflanzen wurde in Aufnahmebüchern festgehalten. Durch die Markierung im Gelände und die Registrierung in den Aufnahmebüchern war sichergestellt, daß markierte Naturverjüngungspflanzen wiederaufgefunden und identifiziert werden konnten.

Abgänge an Naturverjüngungspflanzen wurden ebenfalls in den Aufnahmebüchern vermerkt. Dabei wurde versucht, die Abgangsursache nach den Kriterien "abiotisch", "biotisch", "Pilz" oder "unbekannt" festzuhalten.

Im Herbst jeden Jahres wurde auf jedem Probekreis die Sproßlänge bzw. der Zuwachs einer Pflanze jeder Baumart und jeden Keimjahrganges, soweit vorhanden, ge-

messen. Die Sproßlänge wurde an besonders vitalen, neu hinzugekommenen Pflanzen bestimmt. Die Zuwächse wurden an unbeschädigten, bereits bei der vorangegangenen Aufnahme vorhandenen Pflanzen gemessen. Nach Möglichkeit wurden die Zuwächse an den Pflanzen ermittelt, die bereits im Vorjahr gemessen worden waren (in der Regel waren es wiederum die vitalsten).

Eine im Herbst 1981 durchgeführte Kontrollerhebung, bei der die Sproßlängen sämtlicher Naturverjüngungspflanzen auf allen Probekreisen der vier Lochhiebpärzellen gemessen wurden, führte zu dem Ergebnis, daß die aus den Sproßlängen des ersten Jahres und den Zuwächsen der Folgejahre errechneten Höhen sehr gut mit den Höhen der höchsten Pflanzen jeder Baumart und jeden Keimjahrganges auf jedem Probekreis im Herbst 1981 übereinstimmen.

Die erhobenen Daten der Zugänge und Abgänge an Naturverjüngungspflanzen wurden mit Hilfe von eigens von Herrn EL KATEB erstellten Programmen auf dem Großrechner IBM 360 des Bayer. Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten verdichtet, und anschließend mit Hilfe des programmierbaren Rechners HP 97 im Attaché-Format mit eingebautem Thermodrucker weiterverarbeitet. Die Sproßlängen- und Zuwachsdaten wurden, da weniger Daten zur Verarbeitung anstanden, sofort mit Hilfe des programmierbaren Rechners HP 97 ausgewertet.

Die Auswertung der Pflanzendichten und -höhen wurde für die bereits bei Versuchsbeginn vorhandenen, also bereits vor dem Lochhieb angekommenen Naturverjüngungspflanzen und die im Versuchszeitraum hinzugekommenen Naturverjüngungspflanzen getrennt vorgenommen.

Die bei Versuchsbeginn bereits vorhandenen Pflanzen waren nicht sehr zahlreich. Aufgrund der wenigen Pflanzen können nur die mittleren Pflanzendichten pro Parzelle und einige wenige Höhenangaben mitgeteilt werden. Lediglich auf der Parzelle I konnten die Verteilungsmuster der Ahornpflanzen und der Gesamtheit aller Pflanzen im Frühsommer 1977 untersucht werden. Die empirischen Verteilungen wurden verschiedenen theoretischen Verteilungen gegenübergestellt (Normal-, Poisson-, Binomialverteilung). Mit Hilfe des χ^2 -Anpassungstests wurde die Übereinstimmung der empirischen Verteilungen mit den theoretischen Verteilungen überprüft. Rechenbeispiele zur Anwendung des χ^2 -Anpassungstests im Falle einer Normal-, Binomial- und Poissonverteilung geben WEBER (1972), SACHS (1978) und van LAAR (1979).

Im Versuchszeitraum hinzugekommene Pflanzen waren zahlreicher und ließen eine umfangreichere Auswertung zu als die zu Versuchsbeginn vorhandenen Pflanzen. So konnten die Pflanzendichten für bestimmte Keimjahrgänge, in denen sich eine genügende Anzahl an Naturverjüngungspflanzen auf den Parzellen eingestellt hatte, varianzanalytisch ausgewertet werden. Wie schon bei der Auswertung der Bodenvegetationsaufnahmen (s. Kap. 5.251) wurde dabei die Versuchsanlage als Spaltanlage mit mehreren Faktoren aufgefaßt. Die Faktoren waren: Entfernung vom Lückenmittelpunkt, Bodenbearbeitung, Jahre und Jahreszeit. Die verschiedenen Parzellen wurden als Blöcke (Wiederholungen) betrachtet. Mittelwertsunterschiede wurden mit Hilfe des "Neuen multiplen Spannweitentests" nach DUNCAN auf Signifikanz überprüft.

Rechenbeispiele für Varianzanalysen mit mehreren Faktoren und für den "DUNCAN-Test" finden sich bei van LAAR (1979).

+) Die Pflanzendichten wurden nicht, wie in der Arbeit von HOHENADL (1981), auf die "besiedelbare Fläche" (s. Kap. 3.22) hochgerechnet, sondern auf die unreduzierten Probekreisflächen bezogen. Eine Hochrechnung der Pflanzendichten auf die besiedelbare Fläche hätte aufgrund des geringen Anteils der nicht besiedelbaren Fläche (s. Kap. 3.22) keine wesentlich anderen Ergebnisse erbracht. Ebenso unterblieb eine Umrechnung der Hangflächen in Horizontalflächen. Es werden also die tatsächlich vorgefundenen Pflanzendichten mitgeteilt.

Da die Varianzanalysen zumeist signifikante Unterschiede zwischen den Parzellen erbrachten, wurden im Anschluß an die Varianzanalysen die Pflanzendichten grundsätzlich nach Parzellen getrennt dargestellt. In diesen Darstellungen wurden die Pflanzendichten aufgeschlüsselt nach Entfernungsstufen (für die Fichte Keimjahrgang 1977 auch nach bodenbearbeiteten und unbearbeiteten Probekreisen) wiedergegeben. Damit stehen Grundwertetabellen zur Verfügung, die Einblick erlauben in das in den Varianzanalysen verwendete Zahlenmaterial.

Die Entwicklung der Pflanzendichte, die aus diesen Grundwertetabellen nicht ersichtlich ist, da in ihnen nur der Stand der Pflanzendichte im Frühsommer des Keimjahres und im Herbst 1981 wiedergegeben wird, konnte mit Hilfe von Regressionsgleichungen für bestimmte Keimjahrgänge und Parzellen (nun allerdings nicht mehr getrennt nach Entfernungsstufen) dargestellt werden. Das Sproßlängenwachstum konnte für bestimmte Keimjahrgänge auf einigen Parzellen ebenfalls mit Hilfe von Regressionsgleichungen aufgezeigt werden.

In den Stand der Naturverjüngungspflanzen im Herbst 1981 gingen sowohl die bei Versuchsbeginn bereits vorhandenen (und im Herbst 1981 noch aufzufindenden Pflanzen) als auch die im Versuchszeitraum neu hinzugekommenen (und nicht abgegangenen) Pflanzen ein. Nicht aufgeschlüsselt nach Keimjahrgängen wurden die Pflanzendichten und die Sproßlängen der vier Baumarten in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt auf den vier Lochhiebpärzellen dargestellt. In einigen Fällen konnte der Zusammenhang zwischen Gesamtpflanzendichte und Entfernung vom Lückenmittelpunkt mit Hilfe von Regressionsgleichungen beschrieben werden.

Alle in Kap. 6.3 aufgeführten Regressionsgleichungen, die die Dichte oder die Sproßlänge der Verjüngungspflanzen beschreiben, wurden varianzanalytisch überprüft.

6.32 Die Ergebnisse der Naturverjüngungspflanzenaufnahmen

6.321 Die bei Versuchsbeginn bereits vorhandenen Naturverjüngungspflanzen

Aus Tab. 31 ist zu entnehmen, daß zu Versuchsbeginn bereits Naturverjüngungspflanzen vorhanden waren, wenn auch nur sehr wenige. Auf den Lochhiebpärzellen

Aufnahme- jahr	LOCHHIEBPÄRZELLE I					LOCHHIEBPÄRZELLE II					LOCHHIEBPÄRZELLE III					LOCHHIEBPÄRZELLE IV				
	Fi 2 ¹ St/m	Ta 2 ¹ St/m	Bu 2 ¹ St/m	Ah 2 ¹ St/m	Σ 2 ¹ St/m	Fi 2 ¹ St/m	Ta 2 ¹ St/m	Bu 2 ¹ St/m	Ah 2 ¹ St/m	Σ 2 ¹ St/m	Fi 2 ¹ St/m	Ta 2 ¹ St/m	Bu 2 ¹ St/m	Ah 2 ¹ St/m	Σ 2 ¹ St/m	Fi 2 ¹ St/m	Ta 2 ¹ St/m	Bu 2 ¹ St/m	Ah 2 ¹ St/m	Σ 2 ¹ St/m
1977	0	0,15	0,15	0,92	1,22	0	0	0	0,15	0,15	0,04	0,12	0	0,04	0,20	0	0,04	0	0,15	0,19
1977	0	0,15	0,15	0,92	1,22	0	0	0	0,15	0,15	0,04	0,12	0	0,04	0,20	0	0,04	0	0,15	0,19
1978	0	0,15	0,11	0,84	1,10	0	0	0	0,03	0,03	0,04	0,12	0	0,04	0,20	0	0,04	0	0,15	0,19
1978	0	0,15	0,11	0,84	1,10	0	0	0	0,03	0,03	0,04	0,12	0	0,04	0,20	0	0,04	0	0,15	0,19
1979	0	0,15	0,07	0,76	0,98	0	0	0	0,03	0,03	0,04	0,08	0	0,04	0,16	0	0,04	0	0,15	0,19
1979	0	0,15	0,07	0,64	0,86	0	0	0	0,03	0,03	0,04	0,08	0	0,04	0,16	0	0,04	0	0,15	0,19
1980	0	0,15	0,07	0,64	0,86	0	0	0	0,03	0,03	0,04	0,08	0	0,04	0,16	0	0,04	0	0,15	0,19
1980	0	0,15	0,07	0,64	0,86	0	0	0	0,03	0,03	0,04	0,08	0	0,04	0,16	0	0,04	0	0,15	0,19
1981	0	0,15	0,07	0,64	0,86	0	0	0	0,03	0,03	0,04	0,08	0	0,04	0,16	0	0,04	0	0,15	0,19
1981	0	0,15	0,07	0,64	0,86	0	0	0	0,03	0,03	0,04	0,08	0	0,04	0,16	0	0,04	0	0,15	0,19

Frühsommer
Herbst

Tab. 31: Die Dichte der Naturverjüngungspflanzen (N/m²), die zu Versuchsbeginn auf den Lochhiebpärzellen bereits vorhanden waren (Keimjahrgang 1976 und älter), jeweils im Frühsommer und Herbst der 5 Versuchsjahre. Angegeben sind die Mittelwerte der 26 Probekreise ohne Bodenbearbeitung.

II, III und IV wurden im Frühsommer 1977 zwischen 0,15 - 0,20 Pflanzen pro m^2 vorgefunden, die sich bereits vor dem Hieb auf den Flächen eingestellt hatten. Auf den Hektar hochgerechnet sind dies zwar immerhin 1.500 - 2.000 Pflanzen, doch reichen diese Pflanzenzahlen nicht aus, um von einer geschlossenen Naturverjüngung sprechen zu können. Auch ließ die Baumartenzusammensetzung in der Verjüngung zu wünschen übrig. Auf der Parzelle II war nur, und auf der Parzelle IV überwiegend Ahorn vertreten. Lediglich auf der Parzelle III kam neben Ahorn etwas mehr Tanne und geringfügig Fichte vor.

Die Parzelle I hebt sich von diesen drei Parzellen deutlich ab. Hier waren bei Versuchsbeginn sehr viel mehr Naturverjüngungspflanzen vorhanden, nämlich etwa 12 Tsd. pro Hektar. Allerdings ist es auch auf dieser Parzelle der Ahorn, der den Großteil der Verjüngungspflanzen stellt. Aufgrund der etwas höheren Pflanzenzahlen auf der Parzelle I, konnten hier die Verteilungsmuster der Ahornpflanzen und des gesamten Kollektivs untersucht werden.

Dazu wurden die Pflanzenzahlen auf den 26 Probekreisen ohne Bodenbearbeitung der Parzelle I nach Häufigkeitsklassen geordnet, ohne daß die Lage der Probekreise auf der Lochhiebfläche berücksichtigt wurde. Für die Pflanzen des Keimjahrganges 1976 und älter war dies im Frühjahr 1977 möglich, da ein durch den Lochhieb ausgelöster Versuchseffekt auf dieses Pflanzenkollektiv noch ausgeschlossen werden konnte.

Es wurde die Übereinstimmung der empirischen Verteilung mit der Normalverteilung, der Binomial- und der Poissonverteilung überprüft. In keinem Fall konnte eine Übereinstimmung mit der Normalverteilung aufgedeckt werden. Dagegen ließen sich die Verteilung der Ahornpflanzen wie auch die Verteilung der Summe aller Pflanzen sowohl durch eine Poisson- als auch durch eine Binomialverteilung sehr gut beschreiben.

Zu den errechneten χ^2 -Werten gehörten im Fall der Ahornpflanzen Wahrscheinlichkeiten von $\alpha = 20\%$ (Poisson-Verteilung) und $\alpha = 25\%$ (Binomialverteilung) und im Fall der Summe aller Pflanzen Wahrscheinlichkeiten von $\alpha = 50\%$ (Poisson-Verteilung) und $\alpha = 25\%$ (Binomialverteilung). Wird eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$ vorgegeben, muß also in allen Fällen die Nullhypothese, daß den beobachteten Verteilungen Poisson-, bzw. Binomialverteilungen zugrunde liegen, angenommen werden. Es sei darauf hingewiesen, daß nicht alle Voraussetzungen zur Durchführung des χ^2 -Anpassungstests gegeben waren. Zum einen war die Stichprobenzahl mit $n = 26$ Probekreisen sehr gering, und zum anderen wurden weniger als die geforderten 10 Klassen gebildet.

Poisson- und Binomialverteilungen sind zufällige Verteilungen. Die Übereinstimmung der Verteilung der Ahornpflanzen bzw. die Summe aller Pflanzen des Keimjahrganges 1976 und älter auf der Parzelle I im Frühsommer 1977 mit diesen

theoretischen Verteilungen besagt also, daß die Pflanzen zufällig verteilt waren. Jeder Probekreis hatte die gleiche Wahrscheinlichkeit Verjüngungspflanzen zu enthalten. Klumpungen traten nicht auf.

Auch die nach STRAND (1953, zit. nach PREUHSLER, 1979) errechneten Verteilungsindices ($VI = \sqrt{2 \cdot N \cdot \frac{s^2}{x}} - \sqrt{2(N-1)-1}$, wobei N der Stichprobenumfang und $\frac{s^2}{x}$ der Klumpungsindex) liegen bei den Ahornpflanzen mit -1,023 und bei der Summe aller Pflanzen mit -0,8178 in einem Bereich, der die Aussage zuläßt, daß die Pflanzen "natürlich gleichmäßig" (FRANZ, 1956, zit. nach PREUHSLER, 1979) verteilt waren. (Theoretische Grundlagen s. PREUHSLER, 1979) Auch nach 5 Jahren waren die Ahornpflanzen und die Gesamtpflanzen der Parzelle I noch "natürlich gleichmäßig" verteilt.

Auf den anderen Parzellen waren keine Verteilungsprüfungen möglich, da nicht mehr als zwei Häufigkeitsklassen gebildet werden konnten. Auch auf diesen Parzellen traten jedoch keine Klumpungen von Naturverjüngungspflanzen auf.

Es ist also ganz wichtig festzuhalten, daß die Lochhiebe tatsächlich in dicht geschlossenen Altbeständen geführt wurden, die keine nennenswerte Naturverjüngung aufwiesen. Die wenigen vorhandenen Pflanzen waren zufällig verteilt. Die Eingriffe konnten demnach keine bereits vorhandenen Klumpungen an Naturverjüngungspflanzen begünstigen.

Die Entwicklung der im Frühsommer 1977 bereits vorhandenen Verjüngungspflanzen des Keimjahrganges 1976 und älter im Versuchszeitraum ist ebenfalls aus Tab. 31 ersichtlich. Auf der Parzelle I sind der Tab. 31 zufolge bis zum Herbst 1981 die Hälfte der Buchenpflanzen und ein Drittel der Ahornpflanzen ausgefallen. Ausfälle an älteren Tannenpflanzen wurden nicht verzeichnet. Insgesamt haben 70% aller im Frühsommer 1977 vorhandenen Pflanzen überlebt. Auf der Parzelle II sind 4/5 der Ahornpflanzen verschwunden. Auf der Parzelle III ist lediglich ein Drittel der Tannenpflanzen abgegangen. Insgesamt haben 80% aller älteren Pflanzen überlebt. Auf der Parzelle IV sind die wenigen, im Frühsommer 1976 vorhandenen älteren Pflanzen im Herbst 1981 noch alle aufzufinden.

Man kann also sagen, daß die Abgänge an alten Pflanzen sehr gering waren. Überlebensprozente zwischen 70 und 100% (wenn man die Parzelle II einmal außer Betracht läßt) sind, gemessen an den Überlebensprozenten der neu hinzugekommenen Pflanzen, die im folgenden Kapitel behandelt werden, ganz hervorragende Werte. Es ist demnach kein Freistellungsschock durch den Hiebseingriff eingetreten, wie ihn HOHENADL (1981) auf den benachbarten Kahlhiebparzellen vermutete.

Auf der Lochhiebpazelle I kamen von den 0,28 Ahornpflanzen, die pro Quadratmeter ausfielen, 0,16/m² durch biotische Schadursachen zu Tode, jeweils 0,04 Pflanzenausfälle pro m² waren auf abiotische Schadursachen, auf Pilz oder eine unbekannte Schadursache zurückzuführen. An den 0,08 pro m² ausgefallenen Buchenpflanzen auf der Parzelle I konnte die Schadursache nicht bestimmt werden. Von den 0,12 Ahornpflanzen pro m², die auf der Parzelle II verschwanden, konnte an 0,04 Pflanzen/m² ein biotischer Schaden festgestellt werden, bei 0,08 Pflanzen pro m² blieb die Schadursache unbekannt. Die 0,04 Tannenpflanzen pro m², die auf der Parzelle III im Herbst 1981 nicht mehr aufzufinden waren, fielen einem abiotischen Schadenereignis zum Opfer.

Verallgemeinernde Schlüsse sind aufgrund der geringen Pflanzenzahlen und der wenigen Ausfälle nicht möglich.

Tab. 32 gibt einen Eindruck von der Höhe der bei Versuchsbeginn bereits vorhandenen Pflanzen im Herbst 1977 und im Herbst 1981. Demnach hatten die Naturverjüngungspflanzen - von einigen Ahornpflanzen abgesehen - auf allen Parzellen im Herbst 1977 eine Höhe von 10 cm noch nicht überschritten. Betrachtet man die Höhen der höchsten Pflanzen des Keimjahrganges 1976 und älter im Herbst 1981, so kann man feststellen, daß die Pflanzen, ausgenommen der Ahorn, im Versuchszeitraum nicht besonders rasch gewachsen sind. Fichten, Tannen und

LOCHHIEB-PARZELLE	BAUMART	SPROSSLÄNGE	
		im Herbst 1977 cm	im Herbst 1981 cm
I	Tanne	9,2	16,3
	Buche	9,3	17,0
	Ahorn	18,4	136,4
II	Ahorn	17,1	23,5
III	Fichte	7,0	- ⁺⁾
	Tanne	6,7	14,1
	Ahorn	7,5	50,3
IV	Tanne	6,5	8,9
	Ahorn	13,4	47,7

+) keine unbeschädigte ältere Fichtenpflanze vorhanden

Tab. 32: Die höchsten der bei Versuchsbeginn bereits vorhandenen Pflanzen (Keimjahrgang = 1976) im Herbst 1977 und im Herbst 1981 auf den vier Lochhiebpazellen.

Buchen sind im Gegensatz zu den Ahornpflanzen in der hohen Bodenvegetation (s. Kap. 5.323) nicht zu entdecken.

Alle älteren, im Herbst 1981 noch vorhandenen Pflanzen - selbst die kleineren - machen jedoch einen vitalen Eindruck. Es ist zu erwarten, daß sie den Wettbewerb mit der Bodenvegetation bestehen und ihn irgendwann einmal für sich entscheiden können. Es sei jedoch daran erinnert, daß es sich nur um sehr wenige Pflanzen handelt.

6.322 Die im Versuchszeitraum hinzugekommenen Naturverjüngungspflanzen

6.322.1 Übersicht über die Zugänge an Pflanzen im Versuchszeitraum

Wie nach den Befunden über die Dichte der Samen und der keimfähigen Samen zu erwarten war (s. Kap. 6.1), liefen fast in jedem Jahr des fünfjährigen Untersuchungszeitraumes (mit Ausnahme des Jahres 1979) in einigem Umfang Keimlinge auf den Lochhiebpazellen auf. Tab. 33 gibt zunächst einmal einen Überblick über die in den fünf Untersuchungsjahren verzeichneten Zugänge an Keimlingen auf den vier Lochhiebpazellen.

Keimjahr-gang	LOCHHIEBPARZELLE I					LOCHHIEBPARZELLE II					LOCHHIEBPARZELLE III					LOCHHIEBPARZELLE IV				
	Fi St/m ²	Ta St/m ²	Bu St/m ²	Ah St/m ²	Σ St/m ²	Fi St/m ²	Ta St/m ²	Bu St/m ²	Ah St/m ²	Σ St/m ²	Fi St/m ²	Ta St/m ²	Bu St/m ²	Ah St/m ²	Σ St/m ²	Fi St/m ²	Ta St/m ²	Bu St/m ²	Ah St/m ²	Σ St/m ²
1977	0,27	0,15	0	0,19	0,61	1,12	0,15	0	0,50	1,76	2,43	0,19	0	0	2,62	9,69	0	0	0	9,69
1978	0,35	0,04	0,46	1,93	2,77	4,00	0,08	0,27	0,35	4,70	0,20	0	0	0,20	0,38	0,04	0,15	0	0,12	0,31
1979	0	0	0	0,08	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0,85	0	3,08	3,92	0	0,27	0	4,42	4,69	0	0,50	0	0,08	0,58	0	0,04	0	0,15	0,19
1981	0,12	0,39	0	0	0,50	2,07	0,35	0	0,08	2,50	0,04	0	0	0,04	0,08	0,04	0	0	0,12	
1977 - 1981	0,73	1,42	0,46	5,27	7,89	7,19	0,85	0,27	5,34	13,66	2,65	0,69	0	0,27	3,62	9,81	0,23	0	0,27	10,31

Tab. 33: Zugänge an Naturverjüngungspflanzen (N/m²) während des Versuchszeitraumes auf den Lochhiebpazellen. Angegeben sind die Mittelwerte der 26 Probekreise ohne Bodenbearbeitung.

Insgesamt waren es - alle Baumarten zusammengefaßt - ganz beachtliche Zahlen an Naturverjüngungspflanzen, die in den fünf Jahren als Zugänge registriert wurden: rd. 8 Pflanzen/m² waren es auf der Parzelle I, rd. 14 Pflanzen/m² auf der Parzelle II, rd. 4 Pflanzen/m² auf der Parzelle III und rd. 10 Pflanzen/m² auf der Parzelle IV. Auf der Parzelle I waren es v.a. Tannen und Ahorne, auf der Parzelle II v.a. Fichten und Ahorne und auf den Parzellen III und IV fast ausschließlich Fichten, die im Versuchszeitraum hinzukamen.

Setzt man die in Tab. 33 angegebenen Pflanzendichten der Jahre 1977 und 1978 (auf Parzelle II auch der Jahre 1980 und 1981) zu den in Tab. 29 enthaltenen Werten der keimfähigen Samen bzw. der lebensfähigen Früchte in Beziehung, so erhält man die in Tab. 34 wiedergegebenen Keimlingsprozent. Ohne den Einzelwerten besondere Bedeutung beimessen zu wollen (denn bis zum ersten Aufnahmeterrain im Frühsommer sind möglicherweise bereits viele Keimlinge wieder verschwunden, eine exakte Aussage über die Zahl der tatsächlich gekeimten Pflanzen ist demnach nicht möglich), fällt doch auf, daß sich für die Fichte und die Buche zu meist Keimlingsprozent unter 5% errechnen, während sich für die Tanne stets Keimlingsprozent von über 5% ergeben. Die höchsten Pflanzenausbeuten mit Werten bis über 50% wurden beim Ahorn festgestellt. Dies bedeutet, daß von allen Baumarten unter den gegebenen Verhältnissen zweifelsohne der Ahorn das effektivste Reproduktionsvermögen besitzt.

LOCHHIEB-PARZELLE	Keimjahr-gang	KEIMLINGSPROZENT			
		FICHTE	TANNE	BUCHE	AHORN
I	1977	1,9 (14,1 ⁺)	5,6 (2,7)	-	-
	1978	1,4 (25,1)	-	2,0 (22,7)	21,9 (8,8)
II	1977	4,1 (27,5)	12,5 (1,2)	-	-
	1978	5,1 (77,7)	-	3,6 (7,6)	13,0 (2,7)
	1980	-	22,5 (1,2)	-	58,2 (7,6)
	1981	10,8 (19,1)	9,0 (3,9)	-	-
III	1977	1,3 (182,1)	-	-	-
	1978	0,7 (27,4)	-	-	-
IV	1977	3,4 (285,9)	-	-	-
	1978	0,2 (21,1)	-	-	-

+) In Klammern werden die pro m² gefundenen keimfähigen Samen bzw. lebensfähigen Früchte angegeben (übernommen aus Tab. 29)

Tab. 34: Die Keimlingsprozent auf den vier Lochhiebparzellen in den Jahren, in denen Werte der Dichte der keimfähigen Samen bzw. lebensfähigen Früchte vorlagen.

Nach diesem kurzen Überblick über die Zugänge an Keimlingen und die Pflanzenausbeuten wird im folgenden Abschnitt die Entwicklung der im Versuchszeitraum hinzugekommenen Keimlinge weiterverfolgt. Allerdings werden nicht alle Zugänge an Keimlingen näher betrachtet, sondern nur Fälle, in denen sich genügend Naturverjüngungspflanzen (mindestens 0,27/m²) eingestellt hatten. So können einer näheren Analyse unterzogen werden (vgl. Tab. 33):

- Fichte, Keimjahrgang 1977 auf den Parzellen I, II, III und IV
- Fichte, Keimjahrgang 1978 auf den Parzellen I und II
- Fichte, Keimjahrgang 1981 auf der Parzelle I
- Tanne, Keimjahrgang 1980 auf den Parzellen I, II und III
- Tanne, Keimjahrgang 1981 auf den Parzellen I und II
- Buche, Keimjahrgang 1978 auf den Parzellen I und II
- Ahorn, Keimjahrgang 1978 auf den Parzellen I und II
- Ahorn, Keimjahrgang 1980 auf den Parzellen I und II

Ahorn, Keimjahrgang 1977 auf der Parzelle II schied aus der Betrachtung aus, da keine Parzelle, die als Wiederholung hätte dienen können, zur Verfügung stand. Für die Fichte, Keimjahrgang 1981 auf der Parzelle II konnten die bodenbearbeiteten und unbearbeiteten Probekreise als Wiederholung aufgefaßt werden.

6.322.2 Fichte, Keimjahrgang 1977

Die Pflanzendichten

In Tab. 35 wird das Ergebnis der mit den Dichtewerten der Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1977 durchgeführten Varianzanalyse mitgeteilt. Danach haben sich

Ursache der Variation	Freiheitsgrade FG	Summe der Abweichungsquadrate Q	Mittleres Quadrat MQ	F
Entfernung (Faktor A)	6	162.8335	27.1389	3.2 ⁺
Parzellen (Blöcke)	3	1834.9469	611.6490	71.4 ⁺⁺
Fehler (a)	18	154.1594	8.5644	-
Bodenbearbeitung (Faktor B)	1	78.0018	78.0018	7.7 ⁺
Wechselwirkung (AxB)	6	45.3420	7.5570	<1 n.s.
Fehler (b)	21	213.4874	10.1661	-
Jahre (Faktor C)	4	851.5547	212.8887	22.4 ⁺⁺
Wechselwirkungen (AxC)	24	44.3875	1.8495	<1 n.s.
(BxC)	4	30.6466	7.6617	<1 n.s.
(AxBxC)	24	24.6737	1.0281	<1 n.s.
Fehler (c)	168	1597.7500	9.5104	-
Jahreszeit (Faktor D)	1	9.3862	9.3862	49.2 ⁺⁺
Wechselwirkungen (AxD)	6	0.6326	0.1054	<1 n.s.
(BxD)	1	0.5785	0.5785	3.0 n.s.
(CxD)	4	7.2801	1.8200	9.5 ⁺⁺
(BxCxD)	4	1.0008	0.2502	1.3 n.s.
(AxBxD)	6	0.1839	0.0307	<1 n.s.
(AxCxD)	24	1.5527	0.0647	<1 n.s.
(AxBxCxD)	24	1.1039	0.0460	<1 n.s.
Fehler (d)	210	40.0938	0.1909	-
Gesamt	559	5099.5960	-	-

+) signifikant n.s. nicht signifikant
++) hochsignifikant

Tab. 35: Varianzanalyse: Die Dichte der Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1977 (Parzellen I, II, III und IV).

der Einfluß der Faktoren Entfernung vom Lückenmittelpunkt und Bodenbearbeitung als signifikant, der Einfluß der Faktoren Jahre, Jahreszeit der Aufnahme und der verschiedenen Parzellen als hochsignifikant erwiesen. Abb. 38 gibt die Mittelwerte der Pflanzendichte in Abhängigkeit von den signifikanten bzw. hochsignifikanten Einflußfaktoren wieder.

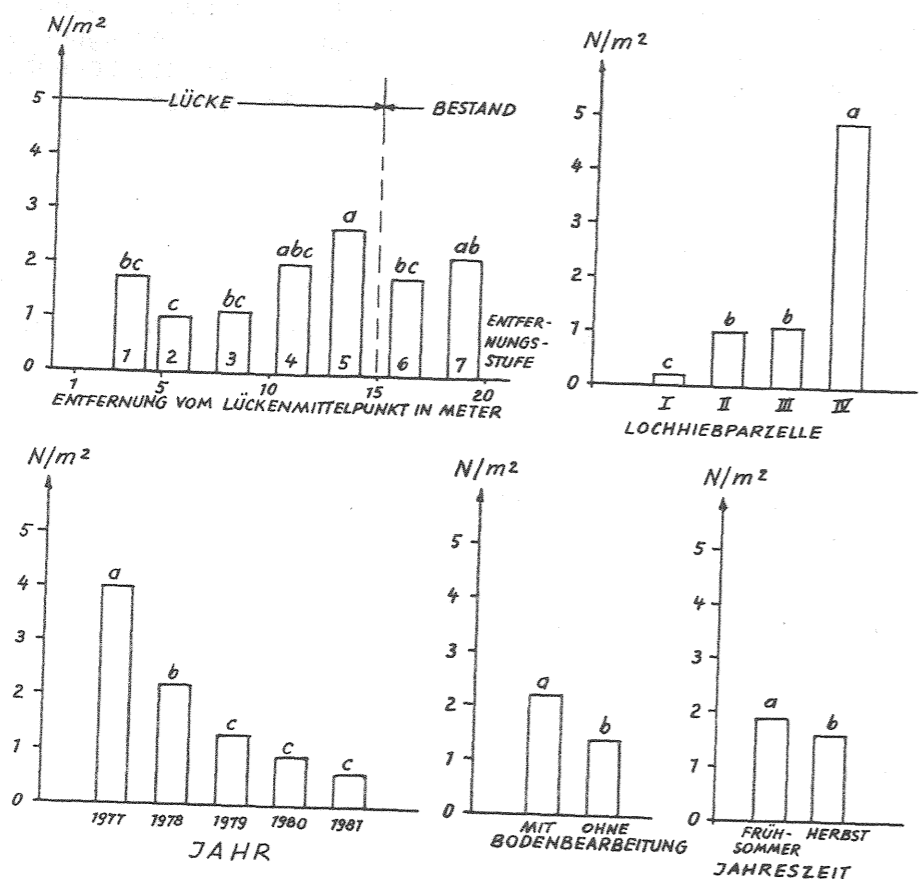


Abb. 38: Die Dichte der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren.

Mit denselben Buchstaben gekennzeichnete Säulen (= Mittelwerte der Varianzanalyse) unterscheiden sich bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht.

Aus Abb. 38 geht hervor, daß die höchsten mittleren Pflanzendichten in der Nähe des Bestandesrandes auftraten, die niedrigsten in einiger Entfernung vom Bestandesrand.

Sehr deutlich unterschieden sich die einzelnen Parzellen. Die Parzellen II und III wiesen etwa gleich hohe Pflanzendichten auf, die Pflanzendichte auf der Parzelle I lag deutlich unter, und auf der Parzelle IV deutlich über den Werten der Parzellen II und III.

Die Pflanzendichte ging, wie zu erwarten war, in den fünf Untersuchungsjahren stark zurück. Die größte Abnahme wurde vom ersten zum zweiten Versuchsjahr verzeichnet. Vom zweiten zum dritten Versuchsjahr war die Abnahme schon wesentlich geringer. In den Jahren von 1979 bis 1981 konnte ein statistisch gesicherter Rückgang der Pflanzendichte nicht mehr nachgewiesen werden.

Die Bodenbearbeitung war ebenfalls von Einfluß; sie erhöhte die Pflanzendichte ganz beträchtlich.

Im Frühsommer wurden stets mehr Fichten registriert als im Herbst. Allerdings war ein signifikanter Unterschied der Pflanzendichten im Frühsommer und Herbst, wie man der in Tab. 36 dargestellten hochsignifikanten Wechselwirkung Jahre x Jahreszeit entnehmen kann, nicht in allen Jahren zu verzeichnen. Deutlich ausgeprägt war der Pflanzenrückgang vom Frühsommer zum Herbst nur in den ersten beiden Jahren.

JAHRESZEIT	1977	J A H R E	1978	1979	1980	1981
Frühsommer	4.33 a		2.38 a	1.34 a	0.96 a	0.59 a
Herbst	3.64 b		2.12 b	1.22 a	0.76 b	0.57 a

Tab. 36: Die Dichte der Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1977 im Frühsommer und im Herbst der fünf Aufnahmejahre (Wechselwirkung Jahre x Jahreszeit).

Mit denselben Buchstaben versehene Jahreszeitmittelwerte unterscheiden sich bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit nicht.

Die in der Varianzanalyse zu Tage getretenen unterschiedlichen Pflanzendichten auf den verschiedenen Parzellen erfordern es, die Parzellen getrennt zu betrachten.

Tab. 37 gibt die in die Varianzanalyse eingegangenen Pflanzendichten des ersten und letzten Untersuchungsjahres, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente, aufgeschlüsselt nach den vier Parzellen, den sieben Entfernungsstufen und der Art der Bodenbehandlung wieder. Die wichtigste Information, die man der Tab. 37

LOCH- HIEB- PAR- ZELLE	ENTFER- NUNGS- STUFE (m) ⁺⁾	bodenbearbeitete Probekreise			unbearbeitete Probekreise		
		Pflanzenzahl im Früh- sommer, 1977 St/m ²	im Herbst 1981 St/m ²	Überlebens- prozent im Herbst 1981	Pflanzenzahl im Früh- sommer, 1977 St/m ²	im Herbst 1981 St/m ²	Überlebens- prozent im Herbst 1981
I	1 (3.4)	0	0	-	0	0	-
	2 (5.6)	0.25	0	0	0	0	-
	3 (8.2)	0.25	0.25	100	0	0	-
	4 (10.9)	0	0	-	0.50	0	0
	5 (13.6)	1.25	0.50	40	0	0	-
	6 (16.3)	0.50	0.25	50	0.25	0.25	100
	7 (19.0)	0.75	0.50	67	1.00	0.25	25
Mittelwert ⁺⁺⁾	0.47	0.23	49	0.27	0.07	26	
II	1 (3.4)	0.50	0.50	100	1.00	0	0
	2 (5.6)	1.75	0.25	14	0.75	0.50	67
	3 (8.2)	1.25	0.50	40	0.50	0	0
	4 (10.9)	1.75	1.00	57	1.50	0.50	33
	5 (13.6)	2.00	1.50	75	1.75	1.00	57
	6 (16.3)	2.50	1.25	50	0.50	0.50	100
	7 (19.0)	3.00	2.50	83	1.75	0	0
Mittelwert ⁺⁺⁾	1.92	1.11	58	1.12	0.38	34	
III	1 (3.4)	1.00	0	0	4.00	0.50	13
	2 (5.6)	1.50	0	0	2.75	0	0
	3 (8.2)	1.50	0	0	0.25	0	0
	4 (10.9)	2.50	0.25	10	2.50	0.75	30
	5 (13.6)	7.50	1.25	17	3.75	0.75	20
	6 (16.3)	3.50	0.25	7	2.00	0.25	13
	7 (19.0)	2.25	0.25	11	2.50	0.25	10
Mittelwert ⁺⁺⁾	2.96	0.30	10	2.43	0.35	14	
IV	1 (3.4)	15.50	0.50	3	11.50	1.00	9
	2 (5.6)	14.00	0.25	2	3.25	0	0
	3 (8.2)	15.25	0.25	2	6.25	0.25	4
	4 (10.9)	14.75	1.75	12	14.00	0.75	5
	5 (13.6)	16.00	2.25	14	13.00	1.50	12
	6 (16.3)	16.00	3.75	23	4.75	0.50	11
	7 (19.0)	19.25	0.75	4	16.00	1.75	11
Mittelwert ⁺⁺⁾	15.85	1.43	9	9.69	0.80	8	

+) Entfernung vom Lückenmittelpunkt in Meter

++)Mittelwert der 26 bodenbearbeiteten bzw. unbearbeiteten Probekreise

Tab. 37: Die Dichte der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen im Frühsommer 1977 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den vier Lochhiebparzellen.

entnehmen kann, ist, daß der Effekt der Entfernung vom Lückenmittelpunkt auf die Pflanzendichte auf verschiedene Weise zustande kommen kann, so können die Zugänge an Pflanzen (Pflanzenzahl im Frühsommer 1977), wie etwa auf den bodenbearbeiteten Probekreisen der Parzelle III, ganz klar nach der Entfernung vom Lückenmittelpunkt differenziert sein. Die höchsten Pflanzendichten stellten sich hier am Bestandesrand ein.

Nach den Befunden über die Samenverteilung auf den Lücken ist dies das Ergebnis, das man erwarten konnte. Es gab jedoch auch den Fall, daß - aus welchen Gründen auch immer (höheren Keimlingsprozenten auf der Lochfläche oder höheren Pflanzen-

ausfällen unter dem Bestandesschirm als auf der Lochfläche bis zum Frühsommer 1977) - die Zugänge an Pflanzen auf allen Entfernungsstufen im Frühsommer 1977 in etwa gleich waren. Ein gutes Beispiel hierfür sind die bodenbearbeiteten Probekreise der Parzelle IV. Hier ist die nach fünf Jahren feststellbare Differenzierung der Pflanzendichten nicht auf unterschiedliche Zugänge, sondern auf unterschiedliche Ausfallraten auf den einzelnen Entfernungsstufen zurückzuführen. Auf der Lochfläche (Entfernungsstufen 1, 2 und 3) fielen aufgrund der starken Konkurrenz durch die Bodenvegetation (evtl. auch aufgrund der langen Schneelage) und im Bestandesinneren (Entfernungsstufe 7) aufgrund der eingeschränkten Lichtverhältnisse mehr Pflanzen aus als am Bestandesrand (Entfernungsstufe 4, 5 und 6).

In Abb. 39 wird, da dies aus Tab. 37 nicht hervorgeht, die Entwicklung der Dichte der Fichtennaturverjüngungspflanzen des Keimjahrganges 1977 in den fünf Untersuchungsjahren auf den bodenbearbeiteten und den unbearbeiteten Probekreisen der vier Parzellen dargestellt. Es wurde eine logarithmische Darstellung gewählt, denn nur diese läßt eine Gegenüberstellung der in verschiedenen Größenordnungen vorkommenden Pflanzendichten der vier Parzellen in einer Abbildung zu. Zudem werden relativ gleich große Veränderungen der Pflanzendichte in der logarithmischen Darstellung gleich groß abgebildet. Dies ermöglicht es, Vergleiche anzustellen.

Die in Abb. 39 gezeichneten Kurvenzüge werden durch die in Tab. 38 angegebenen Regressionsgleichungen beschrieben. Die Abb.39 kann Antworten auf drei Fragen geben:

- War die durch die Bodenbearbeitung bewirkte Förderung der Zugänge an Fichten auf allen Parzellen gleich?
- Wurde die Entwicklung der Pflanzendichten durch die Bodenbearbeitung beeinflusst?
- War die Entwicklung der Pflanzendichte auf allen Parzellen gleich?

Die erste Frage muß, wie in Abb. 39 die unterschiedlichen Abstände der jeweils zu einer Parzelle gehörenden Kurvenzüge im Frühsommer 1977 zeigen, mit nein beantwortet werden. Während auf den Parzellen I, II und IV der Effekt der Bodenbearbeitung auf die Zugänge an Pflanzen etwa gleich groß war (der Prozentsatz der Zugänge im Frühsommer 1977 auf den bodenbearbeiteten zu den unbearbeiteten

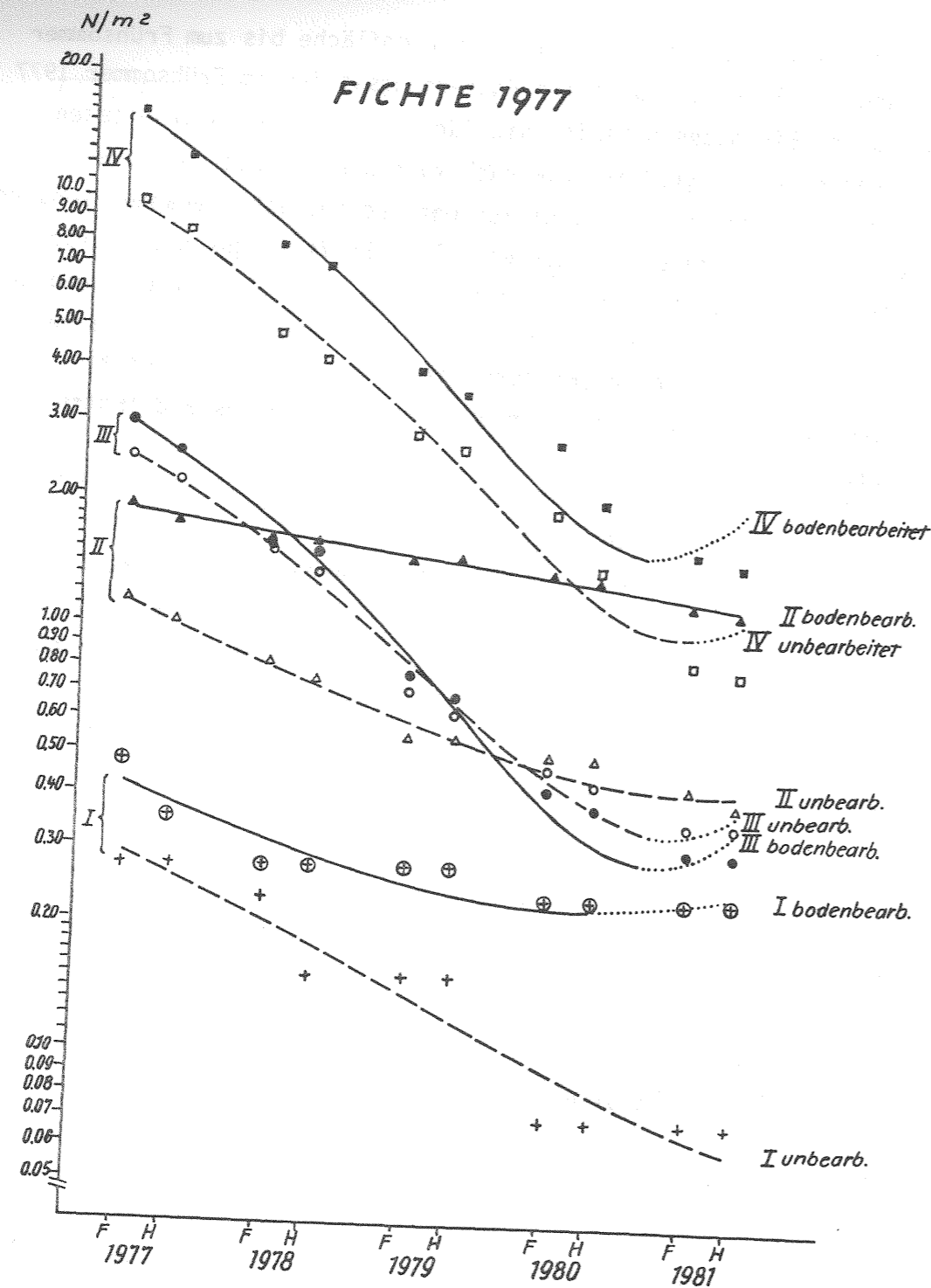


Abb. 39: Die Entwicklung der Dichte der Fichtennaturverjüngungspflanzen des Keimjahrganges 1977 im Versuchszeitraum auf den bodenbearbeiteten und den unbearbeiteten Probekreisen der vier Lochhiebparzellen (I - IV).
 F = Frühsommer
 H = Herbst
 (Regressionsgleichungen s. Tab. 38)

LOCHHIEB-PARZELLE	Signatur in Abb.	Achsenabschnitt b_0	Regressionskoeffizienten		multiples Bestimmtheitsmaß r^2	F-Wert
			b_1	b_2		
I	— ⊕	0.56	- 0.158	0.019	0.85	19.41 ⁺⁺
	- - - +	0.39	- 0.108	0.009		
II	— ▲	2.08	- 0.229	0.010	0.97	119.45 ⁺⁺
	- - - ▲	1.48	- 0.415	0.040		
III	— ●	4.55	- 1.795	0.189	0.99	608.45 ⁺⁺
	- - - ○	3.71	- 1.390	0.143		
IV	— ■	23.57	- 9.412	1.000	0.99	315.70 ⁺⁺
	- - - □	14.31	- 5.452	0.557		

Tab. 38: Entwicklung der Pflanzendichte der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen.

Achsenabschnitte und Regressionskoeffizienten der in Abb. 39 dargestellten Regressionsgleichungen des Typs $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ (Parabeln), wobei y die Pflanzendichte (Stck/m²) und x die Aufnahmetermine bedeuten (Frühsommernaufnahmen: x = 1,2,3,4,5; Herbstaufnahmen: x = 1.33, 2.33, 3.33, 4.33, 5.33).

Probekreisen betrug auf Parzelle I 174%, auf Parzelle II 171% und auf Parzelle IV 164%), war die Wirkung der Bodenbearbeitung auf Parzelle III deutlich geringer (der entsprechende Prozentsatz betrug lediglich 122%). Als Erklärung für die geringe Wirksamkeit der Bodenbearbeitung auf Parzelle III wäre denkbar, daß dort anzutreffende hohe Steinanteile (s. auch Tab. 3) eine intensive Durchmischung des Oberbodens verhindert hat.

Die Antwort auf die zweite Frage lautet nach einem Blick auf Abb. 39: Auf den Parzellen I, II und III auf den bodenbearbeiteten Probekreisen ist die Entwicklung der Pflanzendichte deutlich anders verlaufen als auf den unbearbeiteten Probekreisen.

Für eine objektive Entscheidung, ob die Entwicklung der Pflanzendichte auf den bodenbearbeiteten Probekreisen und den unbearbeiteten Probekreisen gleich oder unterschiedlich verlief, wurde folgendes Vorgehen gewählt (nachdem ein Vergleich der Regressionskoeffizienten verworfen worden war, da dieser zu feine Unterschiede aufgedeckt hätte): Es wurde für jeden Aufnahmetermin das Verhältnis der Pflanzendichte auf den bodenbearbeiteten zu der auf den unbearbeiteten Probekreisen gebildet. War in diesen Prozentwerten ein Trend zu erkennen, der sich durch eine lineare Regression beschreiben ließ, und war diese Regression auf dem 1% Signifikanzniveau varianzanalytisch abzusichern, so wurde ein unterschiedlicher Verlauf, andernfalls ein gleicher Verlauf konstatiert.

Auf Parzelle IV war die Entwicklung der Pflanzendichten auf den bodenbearbeiteten und den unbearbeiteten Probekreisen gleich. Auf den Parzellen I und II war der Abfall der Pflanzendichte auf den unbearbeiteten Probekreisen (hochsignifikant

absicherbar) steiler als auf den bearbeiteten. Die in Tab. 37 aufgeführten höheren Überlebensprozente der Pflanzen auf den bodenbearbeiteten Probekreisen gegenüber den Pflanzen auf den unbearbeiteten Probekreisen können somit als gesichert gelten. Als Erklärung bietet sich an, daß die Pflanzen auf den bodenbearbeiteten Probekreisen leichter Fuß fassen. (Wobei die Fragen offen bleibt, warum dieser Effekt nicht auch auf Parzelle IV eingetreten ist.)

Demgegenüber verlief die Entwicklung der Pflanzendichte auf den unbearbeiteten Probekreisen der Parzelle III (hochsignifikant absicherbar) flacher als auf den bearbeiteten Probekreisen. Hier könnte eine Rolle gespielt haben, daß die Wirkung der Bodenbearbeitung auf dieser Parzelle nicht sehr deutlich war. Die Bodenvegetation wurde durch die Bodenbearbeitung nicht nachhaltig getroffen, sie erholte sich rasch und entwickelte sich bald stärker als auf den unbearbeiteten Kreisen. Dies könnte verstärkte Ausfälle auf den bodenbearbeiteten Kreisen zur Folge gehabt haben.

Abb. 39 läßt auch eine Beantwortung der dritten Frage zu. Die Entwicklung der Pflanzendichte der Fichte des Keimjahrganges 1977 war zumindest nicht auf allen vier Parzellen gleich. Im einzelnen unterscheiden sich folgende Verläufe nicht:

- I bodenbearbeitet von II bodenbearbeitet
- I unbearbeitet von II unbearbeitet
- III bodenbearbeitet von IV bodenbearbeitet
- III unbearbeitet von IV unbearbeitet.

Dies bedeutet, die Entwicklung der Pflanzendichte ist zum einen auf den Parzellen I und II und zum anderen auf den Parzellen III und IV weitgehend gleich. Dagegen besteht ein grundsätzlicher (hochsignifikanter) Unterschied in den Kurvenzügen dieser beiden Gruppen. Auf den Parzellen III und IV war der Rückgang an Fichtenpflanzen sehr viel stärker ausgeprägt als auf den Parzellen I und II. Betrachtet man den in Tab. 39 wiedergegebenen Verlauf der Ausfälle, dann fällt auf, daß sich auf den Parzellen III und IV die Ausfälle auf die Perioden Herbst bis Frühsommer konzentrierten; etwa doppelt so viele Pflanzen wie in den Sommerperioden gingen hier in den Perioden Herbst bis Frühsommer ab. Dagegen ereigneten sich auf den Parzellen I und II die Ausfälle etwa zur einen Hälfte in den Zeiträumen Frühsommer bis Herbst und zur anderen Hälfte in den Zeiträumen Herbst bis Frühsommer. Es muß also auf den Parzellen III und IV im Gegensatz zu den Parzellen I und II vor dem Frühsommernaufnahmetermin auftretende

gravierende Schadereignisse gegeben haben, die den Großteil der Ausfälle bedingt haben. Aus Tab. 40 geht hervor, daß diese Schadereignisse eigentlich nur die Pilzinfektionen gewesen sein können, die auf den Parzellen III und IV eine entscheidende Rolle gespielt haben, auf den Parzellen I und II dagegen ohne große Bedeutung waren.

Ausfall- zeitraum von - bis	LOCHHIEBPARZELLE I		LOCHHIEBPARZELLE II		LOCHHIEBPARZELLE III		LOCHHIEBPARZELLE IV									
	bodenbearb. Probekreise		unbearbeitete Probekreise		bodenbearb. Probekreise		unbearbeitete Probekreise									
	St/m ²	Ausfall- prozent	St/m ²	Ausfall- prozent	St/m ²	Ausfall- prozent	St/m ²	Ausfall- prozent								
77-H 77	0.12	50	0	0	0.15	19	0.12	16	0.42	16	0.31	15	3.19	22	1.35	15
77-F 78	0.08	33	0.04	20	0.15	19	0.19	26	0.96	36	0.58	28	4.81	34	3.46	39
78-H 78	0	0	0.08	40	0.08	10	0.08	11	0.08	3	0.19	9	0.88	6	0.65	7
78-F 79	0	0	0	0	0.08	10	0.19	26	0.73	27	0.65	31	2.92	20	1.35	15
79-H 79	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	3	0.08	4	0.50	3	0.23	3
79-F 80	0.04	17	0.08	40	0.08	10	0.04	5	0.27	10	0.15	7	0.81	6	0.73	8
80-H 80	0	0	0	0	0.08	10	0	0	0.04	2	0.04	2	0.73	5	0.58	7
80-F 81	0	0	0	0	0.15	19	0.08	11	0.08	3	0.08	4	0.46	3	0.50	6
81-H 81	0	0	0	0	0.04	3	0.04	5	0	0	0	0	0.12	1	0.04	0
77-H 81	0.24	100	0.20	100	0.81	100	0.74	100	2.66	100	2.08	100	14.42	100	8.89	100

F = Frühsommer
H = Herbst

Tab. 39: Die Anzahl der Ausfälle und das Ausfallprozent der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen auf den vier Lochhiebpzellen.

LOCHHIEB- PARZELLE	BODENBE- ARBEITUNG	Ausfallursache				Summe der Ausfälle St/m ² =100%			
		unbekannt St/m ²	%	abiotisch St/m ²	%	biotisch St/m ²	%	Pilz St/m ²	%
I	mit	0.20	83	0.04	17	0	-	0	-
	ohne	0.12	60	0.04	20	0	-	0.04	20
II	mit	0.23	28	0.43	52	0.08	10	0.08	10
	ohne	0.24	32	0.28	38	0.15	20	0.08	10
III	mit	0.42	16	0.47	18	0.04	2	1.74	64
	ohne	0.16	8	0.58	28	0.08	4	1.27	60
IV	mit	3.76	26	3.50	24	0.85	6	6.31	44
	ohne	1.31	15	2.19	25	0.93	10	4.46	50

Tab. 40: Die Ursachen für die Ausfälle der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen im Untersuchungszeitraum auf den vier Lochhiebpzellen.

In der Tat wurden auf den hochgelegenen Lochhiebpzellen nach der Schneeschmelze sehr viele, von der toten Biomasse der Bodenvegetation des Vorjahres überdeckte, am Boden liegende und vom Schwarzen Schneeschimmel (Herpotrichia

nigra) infizierte, aber noch lebende Fichten angetroffen. Die meisten dieser so geschädigten Fichten konnten sich unter der Last der aufliegenden Bodenvegetation und der Schwächung durch den Pilz nicht mehr aufrichten und gingen bis zum Frühsommernaufnahmeterrain ein.

Von diesem Pilz ist bekannt, daß er bevorzugt in höheren Lagen auftritt. Nur hier findet er die ihm zusagenden Lebensbedingungen: eine lange liegende Schneedecke, und unter dieser eine Luftfeuchtigkeit, die nicht unter 90% absinkt (BUTIN und ZYCHA, 1973). Da die hochgelegenen Lochhiebsparzellen etwa einen Monat später ausapern als die tiefgelegenen Lochhiebsparzellen, werden dem Schwarzen Schneeschimmel auf den hochgelegenen Parzellen - und hier insbesondere auf der Lochfläche, wo der Schnee besonders lange erhalten bleibt (s. Kap. 4.332.5) - sehr viel günstigere Entwicklungsbedingungen geboten als auf den tiefgelegenen Parzellen. Auch scheint die Bodenvegetation - die sich wiederum auf der Lochfläche besonders kräftig entwickelt hat (s. Kap. 5.31) - eine Rolle zu spielen, indem sie im Zusammenwirken mit einer hohen Schneedecke mechanische Schäden an den Fichtenpflanzen verursacht, wodurch die Disposition für einen Pilzbefall erhöht wird, und indem sie zur Erhaltung eines feuchten Milieus beiträgt, in dem sich der Pilz besonders wohl fühlt.

Es sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß die hohen Ausfallraten auf den hochgelegenen Parzellen ein recht dramatisches Verjüngungsgeschehen enthüllen, das dem menschlichen Auge normalerweise verborgen bleibt. Von den 15,8 Fichtenpflanzen pro m², die auf den bodenbearbeiteten Probekreisen der Parzelle IV im Frühjahr 1977 als Zugang registriert wurden, waren im Herbst 1981 nicht weniger als 14,4 Pflanzen pro m² (das sind 144000 pro Hektar!) wieder verschwunden, also lange bevor sie in der dichten Bodenvegetation hätten erkennbar werden können.

Die Sproßlängen

Diese Dynamik im Verjüngungsgeschehen wird normalerweise deshalb nicht wahrgenommen, weil die Fichten als Keimlinge sehr klein sind, und in den ersten Jahren ein sehr langsames Wachstum an den Tag legen. Die Entwicklung der Sproßlängen der Fichtennaturverjüngungspflanzen des Keimjahrganges 1977 wird im folgenden am Beispiel der Fichtenpflanzen auf den Parzellen II und IV aufgezeigt.

Die Fichtenpflanzen der Parzellen II und IV wurden gewählt, da hier eine ausreichende Zahl von Sproßlängen-Messungen an Pflanzen vorlagen, die auf der gesamten Lochhiebsparzelle verteilt waren. Ein mit Hilfe des U-Tests von WILCOXON, MANN

und WHITNEY (s. SACHS, 1978) vorgenommener Vergleich der Sproßlängen der Fichten im Herbst der Jahre 1977 und 1981 auf den bodenbearbeiteten und den unbearbeiteten Probekreisen erbrachte weder auf der Parzelle II noch auf der Parzelle IV Unterschiede. Die Bodenbearbeitung hatte also offensichtlich keinen Einfluß auf die Höhe der Pflanzen. Die Sproßlängen-Messungen auf den bodenbearbeiteten und unbearbeiteten Probekreisen konnten deshalb zusammengefaßt, und damit die Rechenbasis wesentlich verbreitert werden.

In den Abb. 40 a und b kommt zum Ausdruck, daß die Fichtennaturverjüngungspflanzen

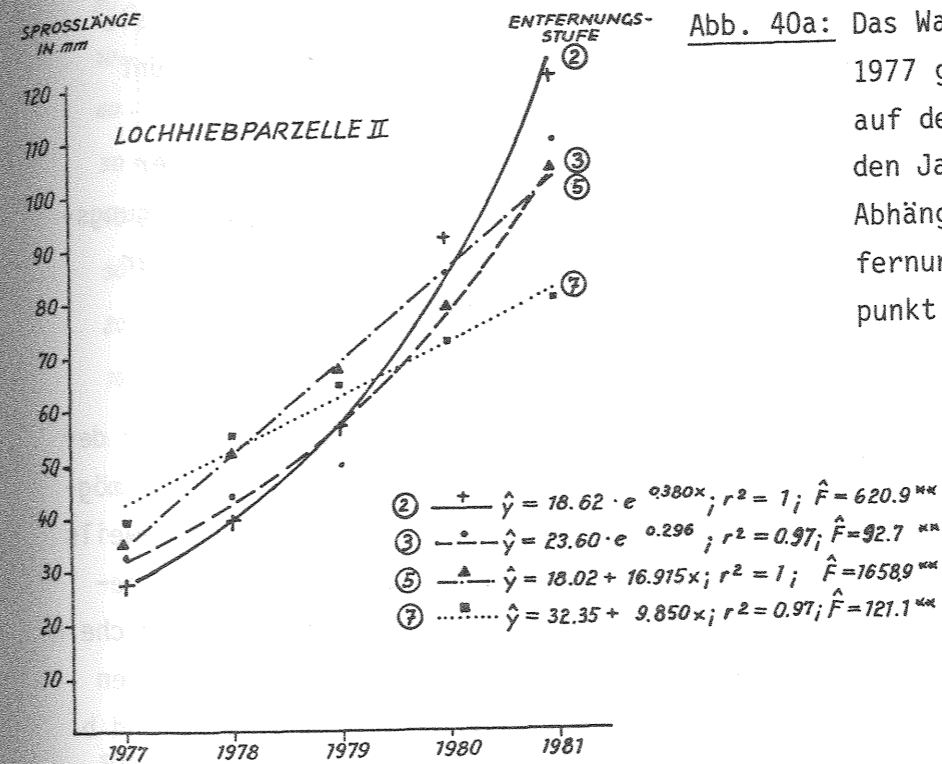


Abb. 40a: Das Wachstum der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen auf der Lochhiebsparzelle II in den Jahren 1977 bis 1981 in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt.

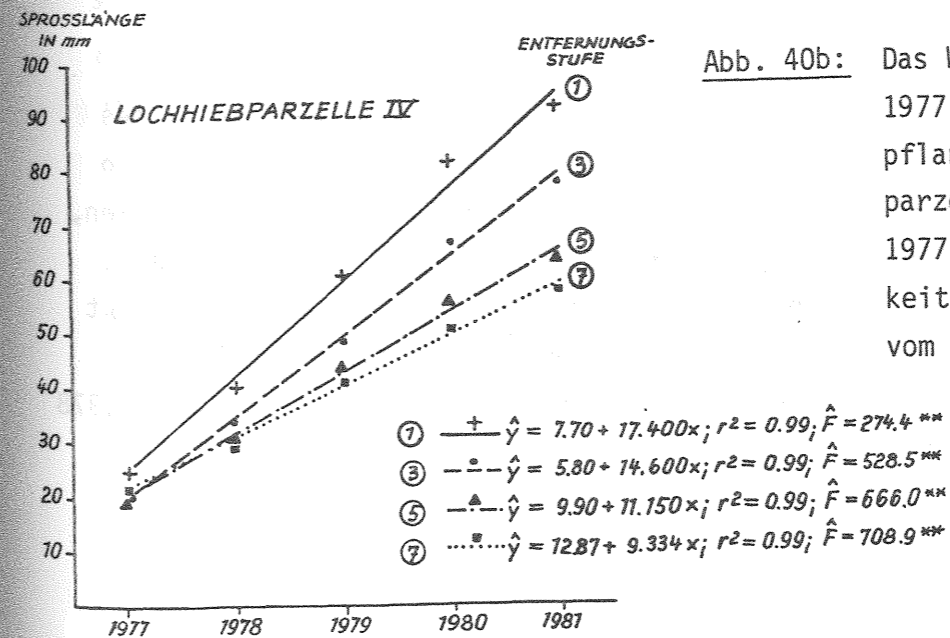


Abb. 40b: Das Wachstum der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen auf der Lochhiebsparzelle IV in den Jahren 1977 bis 1981 in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt.

auf den Lochhiebpärzellen uneinheitlich aufwachsen. In der Mitte der Lochhiebsfläche war das Wachstum erwartungsgemäß besser als unter dem Bestandesschirm. Die Wachstumsgänge auf den beiden Pärzellen unterschieden sich deutlich. Auf der Pärzelle II (wo übrigens ein Etiolementeffekt feststellbar war) waren die Pflanzén bereits im ersten Jahr höher als auf der Pärzelle IV. Die Entwicklung der Sproßlänge verlief dann auf der Pärzelle II auch noch rascher als auf der höher gelegenen Pärzelle IV. In der Mitte der Pärzelle II traten im Gegensatz zur Pärzelle IV sogar exponentielle Sproßlängenentwicklungen auf, wie man sie bei Pflanzén dieser Entwicklungsstufe normalerweise erwarten kann. Nach fünf Jahren waren die höchsten Pflanzén auf der Pärzelle II 12 cm und auf der Pärzelle IV 9 cm hoch. Dies sind Höhenwerte, die, angesichts des Alters der Pflanzén, doch Erstaunen über das langsame Wachstum der Fichtennaturverjüngungspflanzén im Bergmischwald hervorrufen. Man kann allerdings annehmen, daß der Lichtentzug durch die Bodenvegetation zu dieser gebremsten Sproßlängenentwicklung beigetragen hat.

In Abb. 41 a und b wurde die Entfernung vom Lückenmittelpunkt durch die über der Bodenvegetation gemessene relative Beleuchtungsstärke ersetzt. Damit war es möglich, das Wachstum der Fichtenpflanzén auf den Pärzellen II und IV durch jeweils eine einzige multiple Regressionsgleichung zu beschreiben. Dazu muß jedoch bemerkt werden, daß es nach den in Kap. 4.143 mitgeteilten Befunden sehr wahrscheinlich ist, daß die Pflanzén auf den Lochflächen zumindest in den letzten Jahren Beleuchtungsstärken ausgesetzt waren, die deutlich unter den in Abb. 41 a und b angegebenen Werten lagen.

6.322.3 Fichte, Keimjahrgang 1978

Die Pflanzéndichten

In Tab. 41 wird das Ergebnis der mit den Dichtewerten der Fichtenpflanzén des Keimjahrganges 1978 durchgeführten Varianzanalyse wiedergegeben. Danach haben sich als hochsignifikante Ursachen für die Variation der Dichtewerte Pärzellen, Jahre, Jahreszeit sowie Wechselwirkungen zwischen den Jahren und der Jahreszeit herausgestellt. Ein Einfluß der Faktoren Entfernung vom Lückenmittelpunkt und der Bodenbearbeitung, wie er bei der Fichte des Keimjahrganges 1977 erkennbar war, konnte in der Varianzanalyse für die Fichte des Keimjahrganges 1978 nicht nachgewiesen werden.

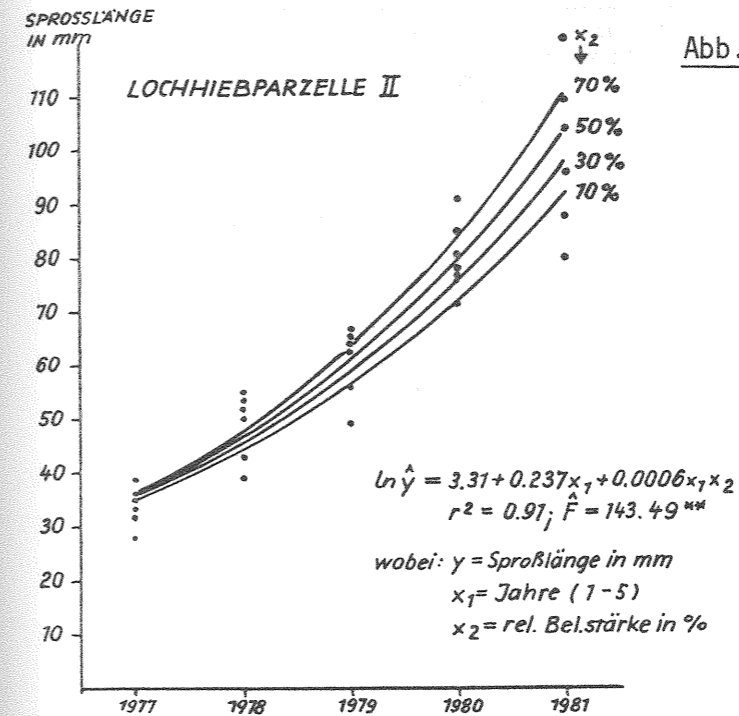


Abb. 41a: Das Wachstum der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzén auf der Lochhiebpärzelle II in den Jahren 1977 bis 1981 in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke.

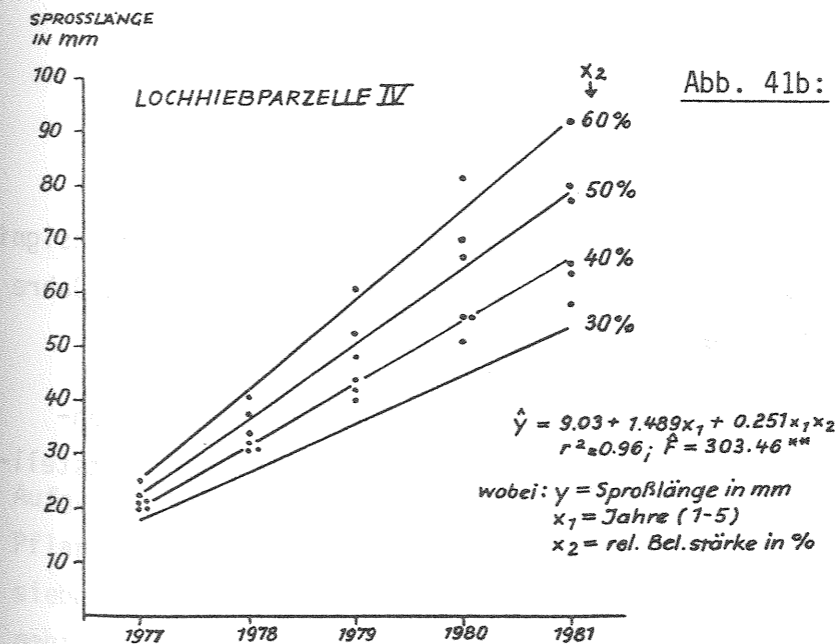


Abb. 41b: Das Wachstum der im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzén auf der Lochhiebpärzelle IV in den Jahren 1977 bis 1981 in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke.

Ursache der Variation	Freiheitsgrade FG	Summe der Abweichungsquadrate Q	Mittleres Quadrat MQ	F	n.s.
Entfernung (Faktor A)	6	37.7528	6.2921	1.1	n.s.
Parzellen (Blöcke)	1	226.0045	226.0045	38.7	++
Fehler (a)	6	35.0307	5.8385	-	-

Bodenbearbeitung (Faktor B)	1	0.2188	0.2188	< 1	n.s.
Wechselwirkung (Ax B)	6	17.1914	2.8652	< 1	n.s.
Fehler (b)	7	21.4257	3.0608	-	-

Jahre (Faktor C)	3	47.7467	15.9156	16.6	++
Wechselwirkungen (Ax C)	18	5.2963	0.2942	< 1	n.s.
(Bx C)	3	0.2477	0.0826	< 1	n.s.
(Ax Bx C)	18	2.0765	0.1154	< 1	n.s.
Fehler (c)	42	40.2578	0.9585	-	-

Jahreszeit (Faktor D)	1	2.7902	2.7902	25.6	++
Wechselwirkungen (Ax D)	6	0.2137	0.0356	< 1	n.s.
(Bx D)	1	0.0903	0.0903	< 1	n.s.
(Cx D)	3	3.0022	1.0007	9.2	++
(BxCxD)	3	0.0994	0.0331	< 1	n.s.
(Ax BxD)	6	0.3667	0.0611	< 1	n.s.
(Ax CxD)	18	0.7283	0.0405	< 1	n.s.
(Ax BxCxD)	18	0.9904	0.0550	< 1	n.s.
Fehler (d)	56	6.0938	0.1088	-	-
Gesamt	223	447.6239	-	-	-

+) signifikant n.s. nicht signifikant
 ++) hochsignifikant

Tab. 41: Varianzanalyse: Die Dichte der Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1978 (Parzellen I und II).

In Abb. 42 sind die Mittelwerte der Pflanzendichte in Abhängigkeit von hochsignifikanten Einflußfaktoren dargestellt. Die hochsignifikante Wechselwirkung Jahre x Jahreszeit wird in Tab. 42 aufgezeigt.

Wie man Tab. 42 entnehmen kann, war ein signifikanter Rückgang der Pflanzendichte vom Frühsommer bis zum Herbstaufnahmeterrin nur im ersten Jahr feststellbar.

JAHRESZEIT	1978	J A H R E 1979	1980	1981
Frühsommer	2.29 a	1.35 a	1.07 a	0.75 a
Herbst	1.67 b	1.23 a	0.93 a	0.73 a

Tab. 42: Die Dichte der Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1978 im Frühsommer und im Herbst der vier Aufnahmejahre (Wechselwirkung Jahre x Jahreszeit).

Mit denselben Buchstaben versehene Jahreszeitenmittelwerte unterscheiden sich bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit nicht.

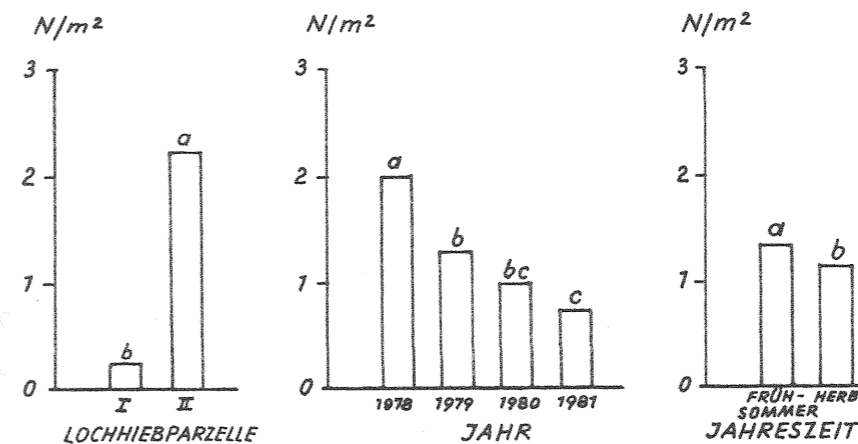


Abb. 42: Die Dichte der im Jahr 1978 gekeimten Fichtenpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren.

Mit denselben Buchstaben gekennzeichnete Säulen (= Mittelwerte der Varianzanalyse) unterscheiden sich bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht.

Aufgrund der in der Varianzanalyse zu Tage getretenen Unterschiede in den Pflanzendichten der Parzellen werden in Tab. 43 die Pflanzendichten auf den sieben Entfernungsstufen aufgeschlüsselt nach Parzellen wiedergegeben. Aus Tab. 43 geht hervor, daß eine durchschlagende Wirkung der Entfernung vom Lückenmittelpunkt auf die Pflanzendichte auf keiner der beiden Parzellen zu erkennen ist. Dies wird

LOCHHIEB-PARZELLE	ENTFERNUNGS-STUFE (m)	Pflanzenzahl		Überlebensprozent im Herbst 1981
		im Frühsommer 1978 ₂ St/m ²	im Herbst 1981 ₂ St/m ²	
I	1 (3.4)	0	0	-
	2 (5.6)	0.38	0.13	33
	3 (8.2)	0.38	0.13	33
	4 (10.9)	0.13	0.13	100
	5 (13.6)	0.63	0.38	60
	6 (16.3)	0.88	0.25	29
	7 (19.0)	0.63	0.25	40
	Mittelwert ⁺⁺⁾	0.47	0.19	41
II	1 (3.4)	3.25	1.25	38
	2 (5.6)	3.88	1.13	29
	3 (8.2)	6.34	2.13	33
	4 (10.9)	2.50	0.88	35
	5 (13.6)	5.00	1.75	35
	6 (16.3)	4.38	1.38	31
	7 (19.0)	3.63	0.50	14
	Mittelwert ⁺⁺⁾	4.21	1.29	31

+) Entfernung vom Lückenmittelpunkt in m
++)Mittelwert aller 52 Probekreise einer Parzelle

Tab. 43: Die Dichte der im Jahr 1978 gekeimten Fichtensamen im Frühsommer 1978 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den Lochhiebsparzellen I und II. (Mittelwerte der bodenbearbeiteten und unbearbeiteten Probekreise.)

mit der im Jahr 1978 im Untersuchungsgebiet aufgetretenen Mäusegradation in Zusammenhang gebracht (s. BÄUMLER und HOHENADL, 1980). Wie HOHENADL (1981) berichtet, fielen auch Fichtensamen den Mäusen zum Opfer. Da sicher nicht anzunehmen ist, daß die Mäuse auf allen Entfernungsstufen der Lochhiebsparzellen gleiche Anteile der gefallenen Fichtensamen vernichtet haben, muß zwangsläufig die Wirkung des Gradienten Entfernung vom Lückenmittelpunkt auf die Zugänge an Pflanzen verwischt worden sein.

Wie schon für die Fichten des Keimjahrganges 1977 wird die nicht aus der Grundwertetabelle aufscheinende Entwicklung der Pflanzendichte des Keimjahrganges 1978 in einer eigenen logarithmischen Darstellung wiedergegeben (Abb. 43).

Von besonderem Interesse war der Vergleich der Entwicklung der Pflanzendichten der beiden Keimjahrgänge 1977 und 1978. Dazu wurden die Pflanzendichten der Fichte des Keimjahrganges 1977 (aus den ersten vier Aufnahmejahren) auf den bodenbearbeiteten bzw. unbearbeiteten Probekreisen der Parzellen I und II den entsprechenden Werten des Jahres 1978 gegenübergestellt.

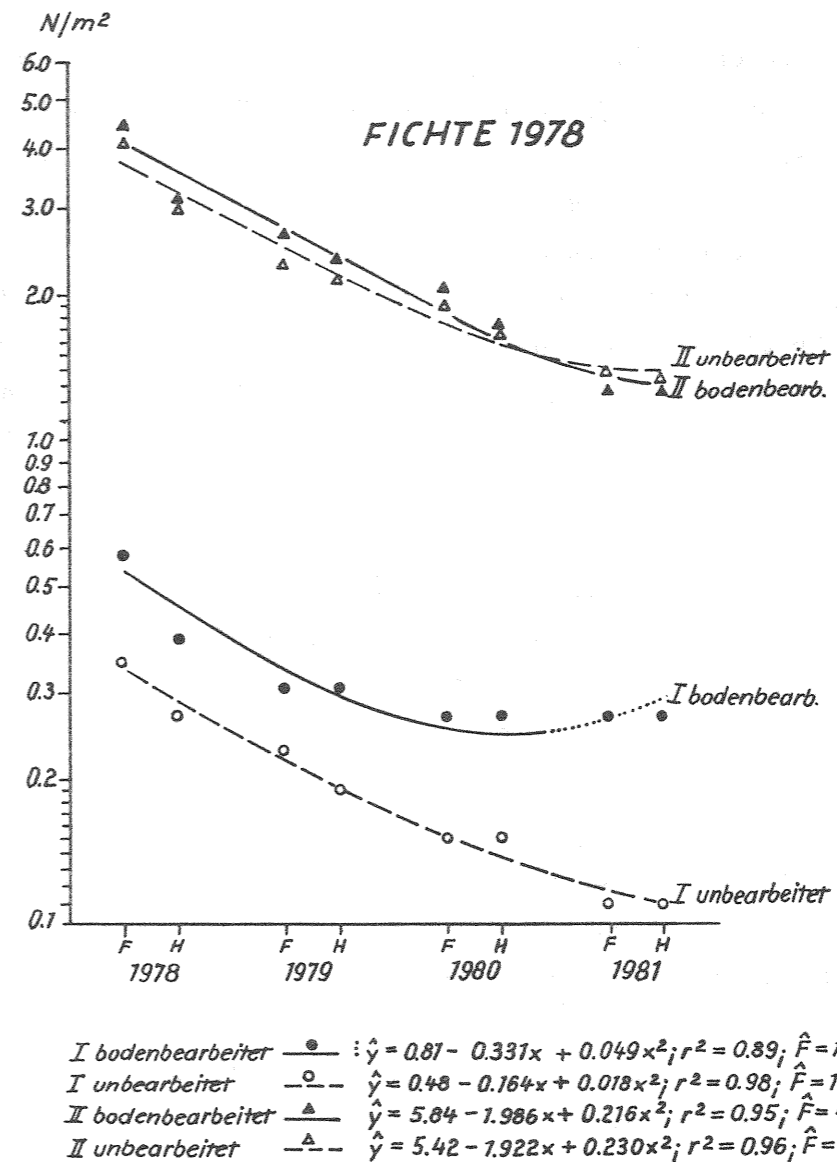


Abb. 43: Die Entwicklung der Dichte der Fichtennaturverjüngungspflanzen des Keimjahrganges 1978 vom Frühsommer (F) 1978 bis zum Herbst (H) 1981 auf den bodenbearbeiteten und den unbearbeiteten Probekreisen der Lochhiebsparzellen I und II.

Es wurde das bereits bei der Fichte des Keimjahrganges 1977 beschriebene Verfahren angewandt. Die Pflanzendichten der zu vergleichenden Entwicklungen wurden zueinander in Beziehung gesetzt. Konnte in diesen Verhältniszahlen ein linearer Trend aufgedeckt werden, so wurde ein unterschiedlicher Verlauf angenommen.

Es ergab sich folgendes Ergebnis: Auf der Parzelle I unterschied sich die Entwicklung der Dichte der Fichte 1978 weder auf den bodenbearbeiteten noch auf den unbearbeiteten Probekreisen von der der Fichte des Jahrgangs 1977 auf den gleichen Probekreisen. Dagegen war auf der Parzelle II nur auf den unbearbeiteten Probekreisen kein Unterschied in der Entwicklung der beiden Keimjahrgänge festzustellen. Auf den bodenbearbeiteten Probekreisen der Parzelle II ging die Pflanzenzahl der Fichte 1978 sehr viel rascher zurück (hochsignifikant absicherbar) als die Pflanzenzahl der Fichte 1977. Da sich die Entwicklung der Pflanzendichte im Fall der Fichte 1978 auf den bodenbearbeiteten und den unbearbeiteten Probekreisen der Parzelle II im Gegensatz zu den entsprechenden Probekreisen der Parzelle I nicht unterscheiden ließ (s. Abb. 43), liegt folgende Interpretation nahe: Die Bodenbearbeitung hatte auf der Parzelle I auch im Jahr 1978 noch Einfluß. Zum einen waren die Zugänge auf den bodenbearbeiteten Probekreisen höher als auf den unbearbeiteten Probekreisen (Prozentverhältnis Dichte auf den bodenbearbeiteten zu Dichte auf den unbearbeiteten Probekreisen 166% - also nicht wesentlich niedriger als der mit 174 % angegebene Prozentsatz des Jahres 1977), und zum anderen verlief die Kurve der Pflanzendichte auf den bodenbearbeiteten Probekreisen flacher (hochsignifikant absicherbar) als auf den unbearbeiteten Probekreisen. Einen Einfluß der Bodenbearbeitung auf die Pflanzendichte der Fichte des Keimjahrganges 1978 konstatierte auch van LAAR (1980) auf anderen Versuchspartellen des Bergmischwaldprojektes. Allerdings war im Gegensatz zu den Befunden auf der Parzelle I in dem von LAAR vorliegenden Datenmaterial der Bodenbearbeitungseffekt im Jahr 1978 deutlich schwächer ausgeprägt als im Jahr 1977.

Die vollständige Unwirksamkeit der Bodenbearbeitung im zweiten Jahr auf der Parzelle II dürfte nach all dem den Ausnahmefall darstellen. Erklärbar ist dies eigentlich nur dadurch, daß auf der Parzelle II eine außergewöhnlich dicke Streuschicht aufgehackt wurde und eine intensive Vermischung mit dem Mineralboden nicht wie auf den anderen Partellen gelang. Diese fehlende Durchmischung der Streu mit dem Mineralboden scheint die weniger nachhaltige Wirkung der Bodenbearbeitung bedingt zu haben.

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, daß die Entwicklung der Pflanzendichte der Fichte des Keimjahrganges 1978 auf den Partellen I und II mit Aus-

nahme der Entwicklung auf den bodenbearbeiteten Probekreisen der Parzelle II (was auf eine dort feststellbare Unwirksamkeit der Bodenbearbeitung im zweiten Jahr zurückzuführen ist) genau der Entwicklung der Pflanzendichte der Fichte des Keimjahrganges 1977 entspricht.

Nachzutragen ist noch, daß ein Effekt der Bodenbearbeitung in der Varianzanalyse deshalb nicht aufschien, weil die Unwirksamkeit der Bodenbearbeitung auf Parzelle II (wo höhere Pflanzendichten registriert wurden) die Wirksamkeit auf Parzelle I überdeckte.

Die Ausfälle ereigneten sich, wie bei den im Jahr 1977 gekeimten Fichtenpflanzen, auch bei den Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1978 etwa zur einen Hälfte in den Sommerperioden (Frühsommer - Herbst) und zur anderen Hälfte in den Winterperioden (Herbst - Frühsommer), wie man aus Tab. 44 leicht ableiten kann. Die

Ausfallzeitraum vom - bis	LOCHHIEBPARTZELLE I		LOCHHIEBPARTZELLE II	
	St/m ²	Ausfallprozent	St/m ²	Ausfallprozent
F 78-H 78	0.14	50	1.14	39
H 78-F 79	0.06	22	0.59	20
F 79-H 79	0.02	7	0.21	7
H 79-F 80	0.04	14	0.29	10
F 80-H 80	0	0	0.31	11
H 80-F 81	0.02	7	0.34	12
F 81-H 81	0	0	0.04	1
F 78-H 81	0.28	100	2.92	100

F = Frühsommer H = Herbst

Tab. 44: Die Anzahl der Ausfälle und das Ausfallprozent der im Jahr 1978 gekeimten Fichtenpflanzen auf den Lochhiebpartellen I und II.

in Tab. 45 aufgeführten Abgangsursachen lassen erkennen, daß die Abgänge an

LOCHHIEBPARTZELLE	Ausfallursache				Summe der Ausfälle St/m ² = 100%
	unbekannt St/m ²	abiotisch St/m ²	biotisch St/m ²	Pilz St/m ²	
I	0.12 42	0.08 (29)	0 -	0.08 (29)	0.28
II	0.62 21	1.20 (41)	0.14 5	0.96 (33)	2.92

Tab. 45: Die Ursachen für die Ausfälle der im Jahr 1978 gekeimten Fichtenpflanzen auf den Partellen I und II (Zeitraum Frühsommer 1978 bis Herbst 1981).

Fichtenpflanzen in erster Linie durch abiotische Schadursachen und in zweiter Linie durch Pilze verursacht wurden. Andere biotische Schadursachen als Pilze

waren kaum beteiligt. Da die Fälle, in denen die Schadursache nicht bestimmt werden konnte, sehr häufig waren, kann diesen Zahlen jedoch keine große Aussagekraft zugemessen werden.

Die Sproßlängen

In Abb. 44 wird die Sproßlängenentwicklung der im Jahr 1978 gekeimten Fichtenpflanzen auf der Parzelle II (nur hier standen, nachdem der U-Test keine Unterschiede zwischen den Sproßlängen auf den bodenbearbeiteten und den unbearbeiteten Probekreisen aufzeigen konnte und das Datenmaterial zusammengefügt worden war, genügend Sproßlängenmeßwerte zur Verfügung) in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt dargestellt.

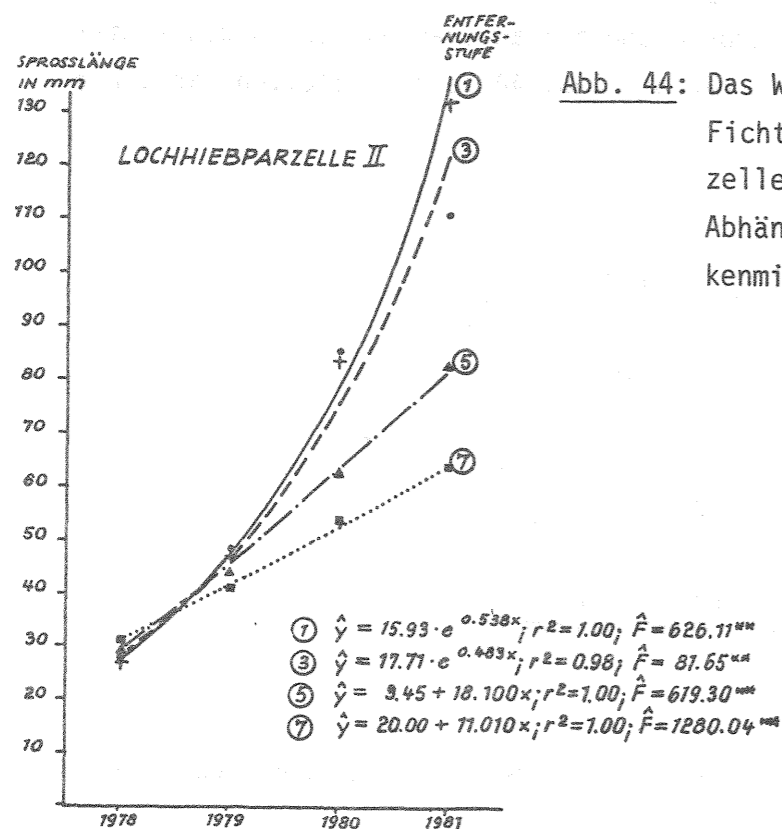


Abb. 44: Das Wachstum der im Jahr 1978 gekeimten Fichtenpflanzen auf der Lochhiebparzelle II in den Jahren 1978 bis 1981 in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt.

Ein Vergleich der Regressionsgleichungen des Jahres 1978 mit den entsprechenden des Jahr 1977 führte zu folgendem Ergebnis: Die Achsenabschnitte unterschieden sich auf allen Entfernungsstufen der Parzelle II. Dies liegt daran, daß 1978 die Keimlinge im ersten Jahr grundsätzlich kleiner waren als im Jahr 1977 (0,1 - 1 cm). Ob dies an der Qualität der Samen gelegen hat (wogegen spricht, daß das Keimprozent in beiden Jahren etwa gleich hoch war), an den Umweltbedingungen oder einem systematischen Meßfehler, kann nicht gesagt werden.

Die Regressionskoeffizienten unterschieden sich überraschenderweise nur auf den Entfernungsstufen 1 bis 4, nicht dagegen auf den Entfernungsstufen 5 bis 7. Unter dem Bestandesschirm der Parzelle II zeigten also die Fichtenpflanzen des Jahrganges 1978 den gleichen Wachstumsgang wie die Pflanzen des Keimjahrganges 1977. Dagegen wuchsen die Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1978 auf der Lochhiebsfläche deutlich besser als die Fichten des Jahrganges 1977. Auf den ersten drei Entfernungsstufen sind die 78er Fichten nach vier Jahren sogar bereits höher als die 77er Fichten nach fünf Jahren. Es liegt nahe, dieses Phänomen mit den auf der Lochfläche der Parzelle II abgelaufenen Mineralisierungsprozessen in Zusammenhang zu bringen. Die 78er Fichten hatten auf der Lochfläche von Anfang an bessere Startchancen (verbessertes Nährstoffangebot, geringere Schwierigkeiten, sich im Mineralboden zu verwurzeln). Sie konnten sofort gut loswachsen. Die 77er Pflanzen hatten dagegen Mühe, in der noch dichten Streuauflage Fuß zu fassen. Es ist anzunehmen, daß die 77er Pflanzen in der starken Streudecke nur ein degeneriertes Wurzelsystem ausbilden konnten, wie dies KORPEL (1965) an Tannenpflanzen beobachtete. Aufgrund dieses degenerierten Wurzelsystems konnten die 77er Pflanzen weniger gut von dem in der Folge verbesserten Nährstoffangebot profitieren als die 78er Pflanzen.

Wie schon bei den 77er Fichten konnte auch bei den 78er Fichtenpflanzen, wenn die Entfernung vom Lückenmittelpunkt durch die über der Bodenvegetation gemessene relative Beleuchtungsstärke ersetzt wurde, das Wachstum durch eine einzige multiple Regressionsgleichung beschrieben werden (s. Abb. 45).

6.322.4 Fichte, Keimjahrgang 1981

In Tab. 46 wird das Ergebnis der mit den Dichtewerten der Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1981 durchgeführten Varianzanalyse wiedergegeben. Danach hat sich die Jahreszeit als signifikanter Einflußfaktor auf die Pflanzendichte erwiesen. Der Einfluß der Entfernung auf die Pflanzendichte konnte nicht abgesichert werden. Tab. 47, in der die Pflanzendichte in Abhängigkeit von der Entfernung angegeben wird, läßt jedoch, wenn die erste Entfernungsstufe einmal außer Betracht bleibt, einen deutlichen Trend erkennen. Die Zugänge an Pflanzen nehmen zum Bestandesrand hin zu und im Bestandesinneren wieder ab. Neben der Samenverteilung hat hier sicher die im Jahr 1981 auf der Lochfläche vorhandene dichte Bodenvegetation eine Rolle gespielt. Dies wird aus der Tatsache entnommen, daß sich die Zugänge der Jahre 1977 und 1981 unterschiedlich auf die einzelnen Entfernungsstufen verteilten. Im Jahr 1977, in dem noch keine Bodenvegetation vorhanden war, wurden auf den ersten drei Entfernungsstufen 29% und auf den

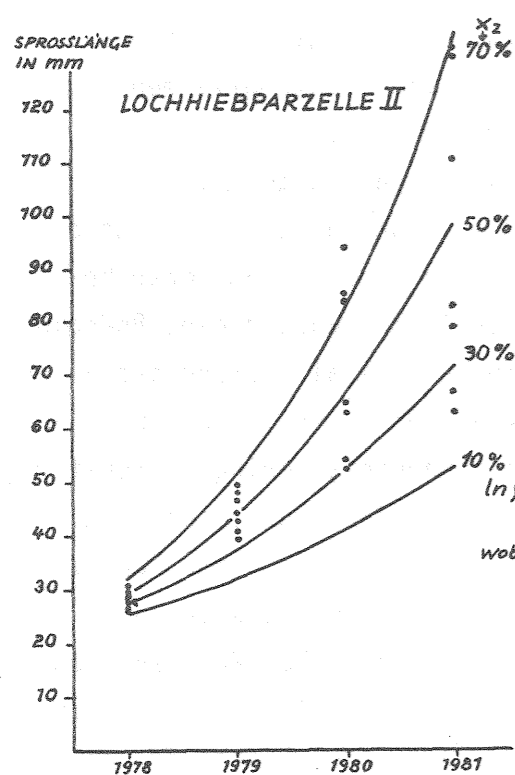


Abb. 45: Das Wachstum der im Jahr 1978 gekeimten Fichtenpflanzen auf der Lochhiebsparzelle II in den Jahren 1978 bis 1981 in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke.

$$\ln \hat{y} = 2.99 + 0.206x_1 + 0.0039x_1x_2$$

$$r^2 = 0.95; \hat{F} = 257.72^{***}$$
 wobei: y = Sproßlänge in mm
 x_1 = Jahre (1-4)
 x_2 = rel. Bel.stärke in %

Ursache der Variation	Freiheitsgrade FG	Summe der Abweichungsquadrate Q	Mittleres Quadrat MQ	F
Entfernung (Faktor A)	6	19.6474	3.2746	1.9 n.s.
Fehler (a)	7	12.2812	1.7545	-
Jahreszeit (Faktor B)	1	0.7232	0.7232	8.5 ⁺
Wechselwirkung (AxB)	6	0.3705	0.0618	<1 n.s.
Fehler (b)	7	0.5938	0.0848	-
Gesamt	27	33.6161	-	-

+) signifikant
n.s. nicht signifikant

Tab. 46: Varianzanalyse: Die Dichte der Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1981 (Parzelle II).

ENTFERNUNGSSTUFE (m) ⁺	Pflanzenzahl		Überlebensprozent im Herbst 1981
	im Frühsommer 1981 St/m ²	im Herbst 1981 St/m ²	
1	1.00	1.00	100
2	0.38	0.25	66
3	0.75	0.50	67
4	2.50	2.13	85
5	3.00	2.50	83
6	2.38	1.63	68
7	1.50	1.25	83
Mittelwert ⁺⁺⁾	1.69	1.34	79

+) Entfernung vom Lückenmittelpunkt in m
++) Mittelwert aller 52 Probekreise der Parzelle II

Tab. 47: Die Dichte der im Jahr 1981 gekeimten Fichtenpflanzen im Frühsommer und Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf der Lochhiebsparzelle II.

(Mittelwerte der bodenbearbeiteten und unbearbeiteten Probekreise.)

restlichen vier Entfernungsstufen 71% aller Zugänge (unbearbeitete Probekreise) registriert; dagegen war im Jahr 1981 dieses Verhältnis mit 18% (Entfernungsstufen 1-3) zu 82% (Entfernungsstufen 4-7) schon deutlich ungünstiger. (Im Jahr 1978, in dem aber ein Einfluß der Mäuse auf die Pflanzendichten angenommen wurde, betrug dieses Verhältnis 46% : 54%.) Es steht zu erwarten, daß sich die Differenzierung der Dichte der 8ler Fichtenpflanzen nach der Entfernung vom Lückenmittelpunkt durch den Konkurrenzdruck der Bodenvegetation in den Folgejahren noch verstärkt.

Alle Ausfälle vom Frühsommer- bis zum Herbstaufnahmeterrain (0,35 Pflanzen/m²) waren auf abiotische Schadursachen zurückzuführen.

Die Sproßlänge der Fichten betrug im Herbst 1981 im Durchschnitt 33 mm (1977: 33 mm; 1978: 28 mm). Eine Differenzierung nach Entfernungsstufen war nicht zu erkennen.

6.322.5 Tanne, Keimjahrgang 1980

In Abb. 46 werden die Mittelwerte der Dichte der Tannenpflanzen des Keimjahrganges 1980 in Abhängigkeit von den Variationsursachen Parzellen, Jahre und Jahreszeit, die sich in der Varianzanalyse als hochsignifikant erwiesen haben (s. Tab. 48), dargestellt.

Die in Tab. 48 aufgeführte hochsignifikante Wechselwirkung Jahre x Jahreszeit bringt zum Ausdruck, daß sich die Pflanzendichte des Herbstaufnahmeterrains nur

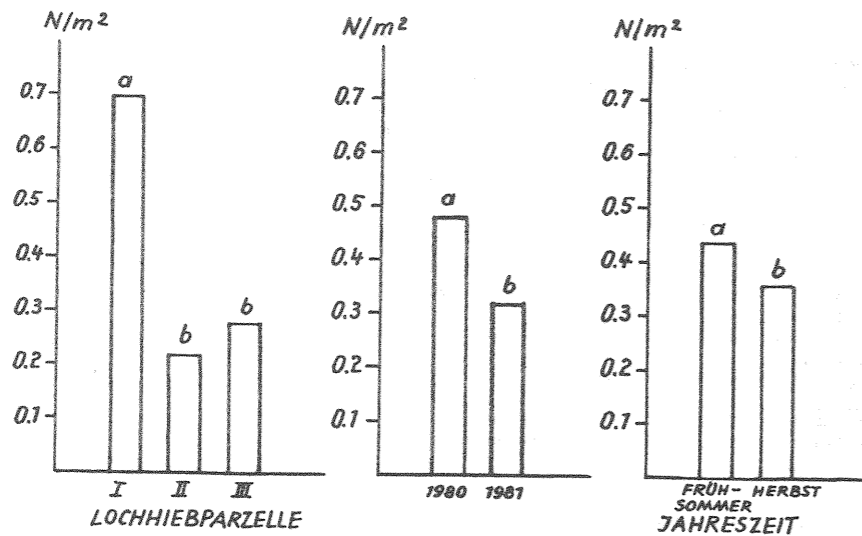


Abb. 46: Die Dichte der im Jahr 1980 gekeimten Tannenpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren.

Mit denselben Buchstaben gekennzeichnete Säulen (= Mittelwerte der Varianzanalyse) unterscheiden sich bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht.

Ursache der Variation	Freiheitsgrade FG	Summe der Abweichungsquadrate Q	Mittleres Quadrat MQ	F
Entfernung (Faktor A)	6	4.4003	0.7334	1.9 n.s.
Parzellen (Blöcke)	2	7.6704	3.8352	9.8 ⁺⁺
Fehler (a)	12	4.6734	0.3895	-

Bodenbearbeitung (Faktor B)	1	0.2712	0.2712	< 1 n.s.
Wechselwirkung (AxB)	6	1.5595	0.2599	< 1 n.s.
Fehler (b)	14	5.9583	0.4256	-

Jahre (Faktor C)	1	0.9676	0.9676	20.2 ⁺⁺
Wechselwirkungen (AxC)	6	0.0715	0.0119	< 1 n.s.
(BxC)	1	0.0838	0.0838	1.7 n.s.
(AxBxC)	6	0.2990	0.0498	1.0 n.s.
Fehler (c)	28	1.3438	0.0480	-

Jahreszeit (Faktor D)	1	0.2712	0.2712	16.2 ⁺⁺
Wechselwirkungen (AxD)	6	0.1845	0.0308	1.8 n.s.
(BxD)	1	0.0004	0.0004	< 1 n.s.
(CxD)	1	0.1641	0.1641	9.8 ⁺⁺
(BxCxD)	1	0.0092	0.0092	< 1 n.s.
(AxBxD)	6	0.0700	0.0117	< 1 n.s.
(AxCxD)	6	0.1354	0.0226	1.4 n.s.
(AxBxCxD)	6	0.0715	0.0119	< 1 n.s.
Fehler (d)	56	0.9374	0.0167	-
Gesamt	167	29.1425	-	-

++) hochsignifikant
n.s. nicht signifikant

Tab. 48: Varianzanalyse: Die Dichte der Tannenpflanzen des Keimjahrganges 1980 (Parzellen I, II und III).

im Jahr 1980 und nicht im Jahr 1981 von der Pflanzendichte des Frühsommers aufnahmetermins unterschied. Im ersten Jahr nahm der Mittelwert der Pflanzendichte vom Frühsommer bis zum Herbst von 0,56 Pflanzen/m² auf 0,41 Pflanzen/m² ab, im zweiten Jahr - statistisch nicht unterscheidbar - von 0,34 Pflanzen/m² auf 0,32 Pflanzen/m².

Ein in der Varianzanalyse sich andeutender Effekt der Entfernung vom Lückenmittelpunkt auf die Pflanzendichte (s. Tab. 48) kam deutlicher zum Vorschein, wenn die Pflanzendichten, wie in Tab. 49 geschehen, nach Parzellen aufgegliedert wurden. Auf den Parzellen I und III sind unter dem Bestandesschirm (Entfernungsstufe 6) sowohl im Frühsommer 1980 wie auch im Herbst 1981 mehr Pflanzen vorhanden als auf der Lochfläche. Auf der Parzelle II wird es vermutlich noch eine gewisse Zeit dauern, bis sich eine ähnliche Differenzierung der Pflanzendichte nach der Entfernung vom Lückenmittelpunkt herauskristallisiert.

LOCHHIEB-PARZELLE	ENTFERNUNGSSTUFE (m ⁺)	Pflanzenzahl		Überlebensprozent im Herbst 1981
		im Frühsommer 1980 St/m ²	im Herbst 1981 St/m ²	
I	1 (3.4)	0.50	0.25	50
	2 (5.6)	0.38	0.38	100
	3 (8.2)	0.75	0.25	33
	4 (10.9)	0.75	0.63	84
	5 (13.6)	1.13	0.63	56
	6 (16.3)	1.63	0.75	46
	7 (19.0)	1.50	1.13	75
	Mittelwert ⁺⁺⁾	0.99	0.60	60
II	1 (3.4)	0.50	0.25	50
	2 (5.6)	0	0	-
	3 (8.2)	0.13	0.13	100
	4 (10.9)	0.50	0.38	76
	5 (13.6)	0.25	0.25	100
	6 (16.3)	0.13	0.13	100
	7 (19.0)	0.25	0.25	100
	Mittelwert ⁺⁺⁾	0.23	0.19	83
III	1 (3.4)	0	0	-
	2 (5.6)	0.50	0	0
	3 (8.2)	0.38	0.13	34
	4 (10.9)	0.38	0.25	66
	5 (13.6)	0.63	0.13	21
	6 (16.3)	0.88	0.50	57
	7 (19.0)	0.38	0.25	66
	Mittelwert ⁺⁺⁾	0.48	0.20	41

⁺) Entfernung vom Lückenmittelpunkt in m
⁺⁺⁾ Mittelwert der 52 Probekreise einer Parzelle

Tab. 49: Die Dichte der im Jahr 1980 gekeimten Tannenpflanzen im Frühsommer 1980 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozent auf den Lochhiebsparzellen I, II und III.

Betrachtet man die Entwicklung der Tannenpflanzen auf den verschiedenen Parzellen, so fällt auf, daß das Überlebensprozent im Herbst 1981 (s. Tab. 49) auf der Parzelle III deutlich unter den Überlebensprozentensätzen der Parzellen I und II liegt. Ebenso wie für die Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1977 scheinen auch für Tannenpflanzen des Keimjahrganges 1980 die Überlebensbedingungen auf der höher gelegenen Lochhiebparzelle schlechter zu sein als auf den tiefer gelegenen.

Von den 0,39 Pflanzen/m², die auf der Parzelle I als Abgänge verzeichnet wurden, fielen 69% bereits im Keimjahr wieder aus, 21% vom Herbst des Keimjahres bis zum Frühsommer 1981 und 10% vom Frühsommer 1981 bis zum Herbst 1981. Auf der Parzelle II gingen alle Pflanzen (0,04/m²) in der Periode vom Herbst 1980 bis Frühsommer 1981 ab. Auf der Parzelle III ereigneten sich von den insgesamt mit 0,28 Pflanzen/m² bestimmten Ausfällen bereits 61% im Keimjahr und die restlichen 39% vom Herbst bis zum Frühsommer 1981.

An den Ausfällen auf der Parzelle I waren zu 85% abiotische und zu 15% durch Pilze verursachte Schäden beteiligt. Auf der Parzelle II wurden die Ausfälle zur Hälfte von abiotischen und zur Hälfte von biotischen Schadursachen bewirkt. 71% der Ausfälle auf der Parzelle III waren auf abiotische Einwirkung zurückzuführen, und 7% auf durch Pilze verursachte Schäden. Bei den restlichen 21% der Ausfälle konnte die Abgangsursache nicht bestimmt werden.

Auf eine Wiedergabe der Sproßlängen der Tannenpflanzen des Jahrganges 1980 wird verzichtet, da zu wenig Meßwerte zur Herleitung repräsentativer Mittelwerte zur Verfügung standen.

6.322.6 Tanne, Keimjahrgang 1981

In Abb. 47 werden die Dichten der Tannenpflanzen des Keimjahrganges 1981 wiedergegeben, und zwar in Abhängigkeit von den Faktoren Entfernung vom Lückenmittelpunkt und Jahreszeit, die sich in der Varianzanalyse als signifikant erwiesen haben (s. Tab. 50). Der Einfluß der Entfernung, der bei den Tannenpflanzen des Keimjahrganges 1980 in der Varianzanalyse nur andeutungsweise aufschien, trat bei den 81er Tannenpflanzen klar zu Tage. Aus Tab. 51 geht hervor, daß die Differenzierung nach der Entfernung bereits im Frühsommer 1981 eingetreten war. Es ist deshalb anzunehmen, daß sie die Folge unterschiedlicher Zugänge an Pflanzen auf den einzelnen Entfernungsstufen war. Da sowohl die Verteilung der Samen wie die der Bodenvegetation von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt bestimmt sind, liegt es nahe, die analoge Pflanzenverteilung ursächlich damit

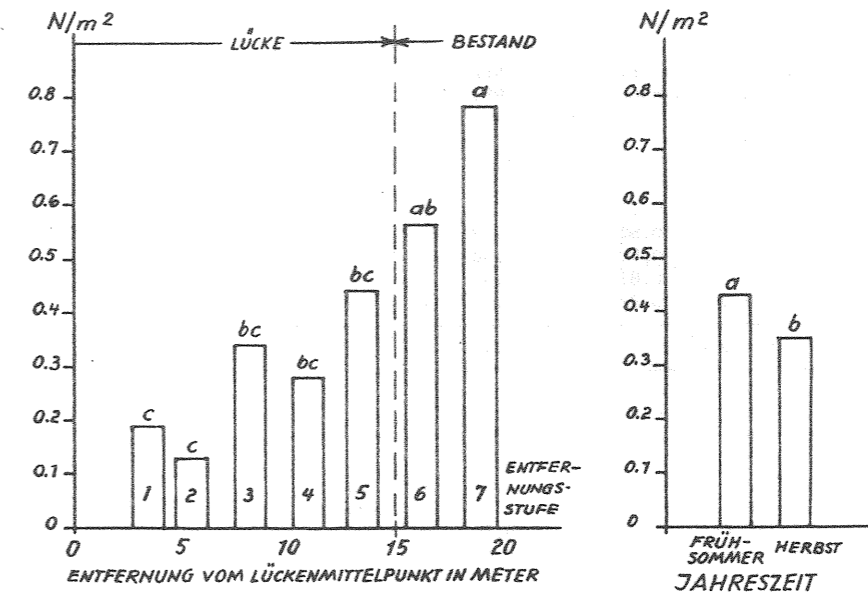


Abb. 47: Die Dichte der im Jahr 1981 gekeimten Tannenpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren (Lochhiebparzellen I und II).

Mit denselben Buchstaben gekennzeichneten Säulen unterscheiden sich bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht.

Ursache der Variation	Freiheitsgrade FG	Summe der Abweichungsquadrate Q	Mittleres Quadrat MQ	F
Entfernung (Faktor A)	6	2.4822	0.4137	5.8 ⁺
Parzellen (Blöcke)	1	0.1887	0.1887	2.6 n.s.
Fehler (a)	6	0.4285	0.0714	-

Bodenbearbeitung (Faktor B)	1	0.1887	0.1887	< 1 n.s.
Wechselwirkung (AxB)	6	1.5847	0.2641	< 1 n.s.
Fehler (b)	7	2.5860	0.3694	-

Jahreszeit (Faktor C)	1	0.0904	0.0904	4.8 ⁺
Wechselwirkungen (AxC)	6	0.0580	0.0097	< 1 n.s.
(BxC)	1	0.0011	0.0011	< 1 n.s.
(AxBxC)	6	0.1162	0.0194	1.0 n.s.
Fehler (c)	14	0.2655	0.0190	-
Gesamt	55	7.9900	-	-

+) signifikant
n.s. nicht signifikant

Tab. 50: Varianzanalyse: Die Dichte der Tannenpflanzen des Keimjahrganges 1981 (Parzellen I und II).

LOCH- HIEB- PAR- ZELLE	ENTFER- NUNGS- STUFE (m)	Pflanzenzahl		Überlebens- prozent im Herbst 1981
		im Früh- sommer 1981 St/m ²	im Herbst 1981 St/m ²	
I	1 (3.4)	0.25	0.25	100
	2 (5.6)	0.13	0.13	100
	3 (8.2)	0.25	0.25	100
	4 (10.9)	0.50	0.38	76
	5 (13.6)	0.50	0.50	100
	6 (16.3)	0.88	0.63	72
	7 (19.0)	0.88	0.75	85
	Mittelwert ⁺⁺⁾	0.51	0.43	84
II	1 (3.4)	0.25	0	0
	2 (5.6)	0.13	0.13	100
	3 (8.2)	0.63	0.25	40
	4 (10.9)	0.13	0.13	100
	5 (13.6)	0.38	0.38	100
	6 (16.3)	0.38	0.38	100
	7 (19.0)	0.75	0.75	100
	Mittelwert ⁺⁺⁾	0.39	0.31	79

+) Entfernung vom Lückenmittelpunkt in m
++) Mittelwert der 52 Probekreise einer Parzelle

Tab. 51: Die Dichte der im Jahr 1981 gekeimten Tannenpflanzen im Frühsommer 1981 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den Lochhiebsparzellen I und II.

in Verbindung zu bringen (wie dies bereits bei der Fichte, Keimjahrgang 1981 geschehen ist).

Auf die Wiedergabe der Ausfallursachen und der Sproßlängen wird verzichtet, da ein zu geringes, wenig aussagekräftiges Datenmaterial vorlag.

6.322.7 Buche, Keimjahrgang 1978

In Abb. 48 werden die Dichten der Buchenpflanzen des Keimjahrganges 1978 in Abhängigkeit von dem Einflußfaktor Jahre, der sich in der Varianzanalyse hochsignifikant erwiesen hat (s. Tab. 52), dargestellt. Statistisch ließ sich allerdings nur das erste Jahr von den restlichen drei Jahren unterscheiden. Die signifikante

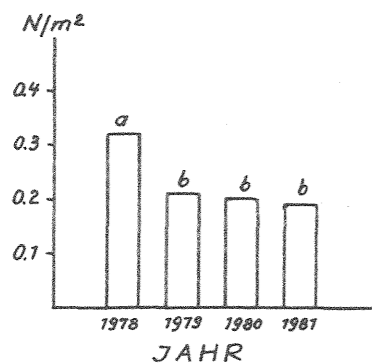


Abb. 48: Die Dichte der im Jahr 1978 gekeimten Buchenpflanzen in den Jahren 1978 bis 1981 (Parzellen I und II).

Mit denselben Buchstaben gekennzeichnete Säulen (= Mittelwerte der Varianzanalyse) unterscheiden sich bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht.

Ursache der Variation	Freiheitsgrade FG	Summe der Abweichungsquadrate Q	Mittleres Quadrat MQ	F	-
Entfernung (Faktor A)	6	1.7746	0.2958	< 1	n.s.
Parzellen (Blöcke)	1	0.6789	0.6789	2.2	n.s.
Fehler (a)	6	1.8373	0.3062	-	-
Jahre (Faktor B)	3	0.2491	0.0830	19.3	++)
Wechselwirkung (AxB)	18	0.1059	0.0059	1.4	n.s.
Fehler (b)	21	0.0903	0.0043	-	-
Jahreszeit (Faktor C)	1	0.0022	0.0022	3.9	n.s.
Wechselwirkungen (AxC)	6	0.0017	0.0003	< 1	n.s.
(BxC)	3	0.0068	0.0023	4.0	+)
(AxBxC)	18	0.0049	0.0003	< 1	n.s.
Fehler (c)	28	0.0157	0.0006	-	-
Gesamt	111	4.7674	-	-	-

+) signifikant
++) hochsignifikant
n.s. nicht signifikant

Tab. 52: Varianzanalyse: Die Dichte der Buchenpflanzen des Keimjahrganges 1978 (Parzellen I und II).

Wechselwirkung Jahre x Jahreszeit deutet darauf hin, daß nur im ersten Jahr ein Unterschied zwischen der Pflanzendichte zum Frühsommertermin und der Dichte zum Herbsttermin gegeben war (Frühsommer 0,32 Pflanzen/m², Herbst 0,29 Pflanzen/m²). In den Jahren 1979 bis 1981 war die Pflanzendichte im Frühsommer und im Herbst genau gleich (1979: 0,21 Pflanzen/m²; 1980: 0,20 Pflanzen/m²; 1981: 0,19 Pflanzen/m²).

Ein Einfluß der Entfernung vom Lückenmittelpunkt auf die Pflanzendichte ist der Tab. 53, in der die Pflanzenzahlen nach Entfernungsstufen aufgegliedert wiedergegeben werden, nur insofern zu entnehmen, als auf beiden Parzellen in der Lückenmitte keine Zugänge an Buchenpflanzen registriert wurden. Im übrigen ist anzunehmen, daß der Einfluß der Entfernung vom Lückenmittelpunkt auf die Pflanzendichte deshalb nicht deutlicher zum Ausdruck kommt, weil die im Jahr 1978 infolge der Buchenmast aufgetretene Mäusegradation die Vernichtung eines Großteils der Bucheckern und der Buchenkeimlinge nach sich zog (s. BAÜMLER u. HOHENADL, 1980).

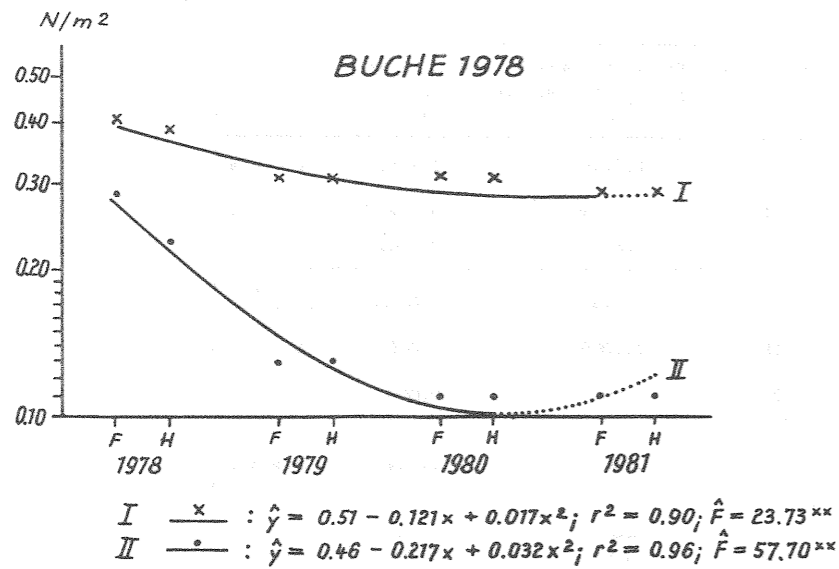


Abb. 49: Die Entwicklung der Dichte der Buchennaturverjüngungspflanzen des Keimjahrganges 1978 vom Frühsommer (F) 1978 bis zum Herbst (H) 1981 auf den Lochhiebsparzellen I und II. (Mittelwerte der 52 Probekreise einer Parzelle)

Wie aus Abb. 49 hervorgeht, ereigneten sich die Ausfälle fast ausschließlich im ersten Lebensjahr der Buchenpflanzen. Entweder wurden die Buchen bereits im Keimjahr von Mäusen vollständig aufgefressen, oder sie gingen durch Mäusefraß geschwächt in der ersten Winterperiode infolge einer Pilzinfektion ab. Von den insgesamt 0,12 Pflanzen/m², die auf der Parzelle I ausfielen, waren 50% durch Pilze verursacht, 33% waren auf Fraß zurückzuführen und 17% fielen einem abiotischen Schaden zum Opfer. Auf der Parzelle II wurde an 45% der insgesamt 0,18 Pflanzen/m², die von 1978 bis 1981 verschwanden, ein Pilzschaden festgestellt, an weiteren 45% der Abgänge war Mäusefraß die Todesursache und an 10% der ausgefallenen Pflanzen konnte die Abgangsursache nicht bestimmt werden. Der in Abb. 49 aufscheinende stärkere Rückgang der Pflanzendichte auf Parzelle II gegenüber der Parzelle I könnte aufgrund der häufigeren Fraßschäden auf ein vermehrtes Auftreten von Mäusen auf der Parzelle II zurückzuführen sein.

Die Sproßlängenentwicklung der Buchen kann aufgrund der wenigen Sproßlängenmeßwerte nicht nachgezeichnet werden.

LOCHHIEB-PARZELLE	ENTFERNUNGSSTUFE (m) ⁺⁾	Pflanzenzahlen		Überlebensprozent im Herbst 1981
		im Frühsommer 1978 ² St/m ²	im Herbst 1981 ² St/m ²	
I	1 (3.4)	0	0	-
	2 (5.6)	0.25	0.25	100
	3 (8.2)	0.13	0	0
	4 (10.9)	0.50	0.38	76
	5 (13.6)	0.63	0.50	79
	6 (16.3)	0.88	0.50	57
	7 (19.0)	0.25	0.25	100
	Mittelwert ⁺⁺⁾	0.41	0.29	70
II	1 (3.4)	0	0	-
	2 (5.6)	0.38	0.13	34
	3 (8.2)	0.25	0.13	52
	4 (10.9)	0.50	0.25	50
	5 (13.6)	0.25	0	0
	6 (16.3)	0.13	0	0
	7 (19.0)	0.38	0.25	66
	Mittelwert ⁺⁺⁾	0.29	0.11	38

<sup>+)Entfernung vom Lückenmittelpunkt in m
^{++)Mittelwert der 52 Probekreise einer Parzelle}</sup>

Tab. 53: Die Dichte der im Jahr 1978 gekeimten Buchenpflanzen im Frühsommer 1978 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den Lochhiebsparzellen I und II.

6.322.8 Ahorn, Keimjahrgang 1978

Die Pflanzendichten

In Abb. 50 werden die Dichten der Ahornpflanzen des Keimjahrganges 1978 in Abhängigkeit von den Faktoren Parzellen, Jahre und Jahreszeit dargestellt, die sich in der Varianzanalyse als hochsignifikant erwiesen (s. Tab. 54). Die

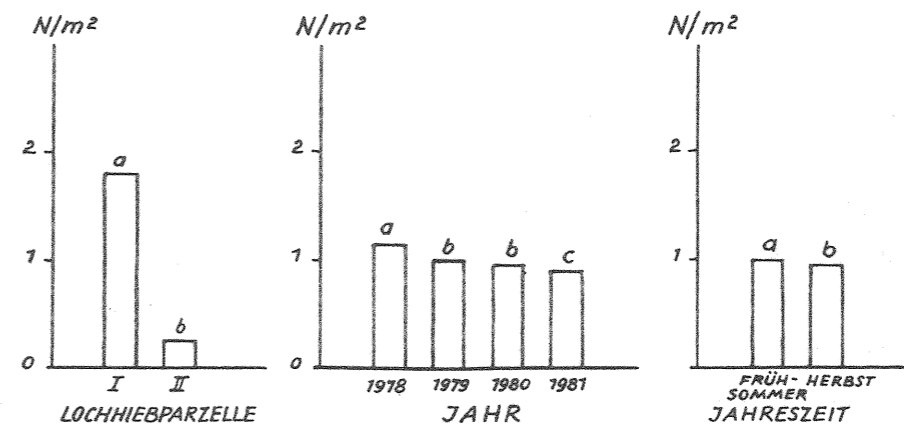


Abb. 50: Die Dichte der im Jahr 1978 gekeimten Ahornpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren.

Mit denselben Buchstaben gekennzeichnete Säulen (= Mittelwerte der Varianzanalyse) unterscheiden sich bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht.

Ursache der Variation	Freiheitsgrade FG	Summe der Abweichungsquadrate Q	Mittleres Quadrat MQ	F	n.s.
Entfernung (Faktor A)	6	2.8504	0.4751	< 1	n.s.
Parzellen (Blöcke)	1	141.0494	141.0494	49.3 ⁺⁺	
Fehler (a)	6	17.1596	2.8599	-	

Bodenbearbeitung (Faktor B)	1	3.8195	3.8195	1.3	n.s.
Wechselwirkung (AxB)	6	18.5223	3.0871	1.1	n.s.
Fehler (b)	7	20.1778	2.8825	-	

Jahre (Faktor C)	3	1.6102	0.5367	15.6 ⁺⁺	
Wechselwirkungen (AxC)	18	0.3996	0.0222	< 1	n.s.
(BxC)	3	0.2240	0.0747	2.2	n.s.
(AxBxC)	18	0.5045	0.0280	< 1	n.s.
Fehler (c)	42	1.4414	0.0343	-	

Jahreszeit (Faktor D)	1	0.0806	0.0806	17.0 ⁺⁺	
Wechselwirkungen (AxD)	6	0.0112	0.0019	< 1	n.s.
(BxD)	1	0.0137	0.0137	2.9	n.s.
(CxD)	3	0.0076	0.0025	< 1	n.s.
(BxCxD)	3	0.0031	0.0010	< 1	n.s.
(AxBxD)	6	0.0156	0.0026	< 1	n.s.
(AxCxD)	18	0.1272	0.0071	1.5	n.s.
(AxBxCxD)	18	0.1317	0.0073	1.5	n.s.
Fehler (d)	56	0.2655	0.0047	-	
Gesamt	223	208.4149	-	-	

++) hochsignifikant
n.s. nicht signifikant

Tab. 54: Varianzanalyse: Die Dichte der Ahornpflanzen des Keimjahrganges 1978 (Parzellen I und II).

Wechselwirkung Jahre x Jahreszeit deutete sich an (s. Tab. 54), konnte aber nicht abgesichert werden. Ein Einfluß der Entfernung auf die Pflanzendichte war nicht einmal andeutungsweise gegeben. Auch die in Tab. 55 vorgenommene Aufschlüsselung des Zahlenmaterials nach Parzellen förderte keinen Effekt der Entfernung vom Mittelpunkt auf die Pflanzendichte zu Tage. Diese Unabhängigkeit der Pflanzendichte von der Entfernung von der Lückenmitte wird, wie schon bei der Fichte, Keimjahr 1978 und der Buche, Keimjahr 1978, mit dem starken Auftreten von Mäusen im Jahr 1978 in Zusammenhang gebracht.

Die Entwicklung der Dichte der Ahornnaturverjüngungspflanzen des Keimjahrganges 1978 vom Frühsommer 1978 bis zum Herbst 1981 wird in Abb. 51 aufgezeigt. Die vier

LOCHHIEB-PARZELLE	ENTFERNUNGSSTUFE (m) ⁺⁾	Pflanzenzahl		Überlebensprozent im Herbst 1981
		im Frühsommer ₂ 1978 St/m	im Herbst 1981 ₂ St/m	
I	1 (3.4)	2.25	2.00	89
	2 (5.6)	2.38	1.75	74
	3 (8.2)	1.88	1.50	80
	4 (10.9)	2.50	2.13	85
	5 (13.6)	2.00	1.50	75
	6 (16.3)	1.75	1.38	79
	7 (19.0)	1.38	1.13	82
	Mittelwert ⁺⁺⁾	2.01	1.59	79
II	1 (3.4)	0	0	-
	2 (5.6)	0.13	0	0
	3 (8.2)	0.63	0.38	60
	4 (10.9)	0.25	0.13	52
	5 (13.6)	0.13	0.13	100
	6 (16.3)	0.38	0	0
	7 (19.0)	0.63	0.38	60
	Mittelwert ⁺⁺⁾	0.33	0.15	45

+) Entfernung vom Lückenmittelpunkt in m
++) Mittelwert der 52 Probekreise einer Parzelle

Tab. 55: Die Dichte der im Jahr 1978 gekeimten Ahornpflanzen im Frühsommer 1978 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den Lochhiebparzellen I und II.

in Abb. 51 dargestellten Entwicklungen wurden verglichen. Dabei wurde das bereits bei der Fichte 1977 und bei der Fichte 1978 erwähnte Verfahren angewandt. Der Vergleich innerhalb der Parzellen erbrachte folgendes Ergebnis: Auf der Parzelle I unterschied sich der Verlauf auf den bodenbearbeiteten Probekreisen von dem auf den unbearbeiteten Kreisen. Demgegenüber war auf der Parzelle II kein Unterschied festzustellen. Es trat also das gleiche Phänomen wie bei der 78er Fichte zu Tage, daß nämlich auf der Parzelle I die Bodenbearbeitung im zweiten Versuchsjahr noch von Einfluß war, auf der Parzelle II dagegen nicht. Die wahrscheinliche Erklärung dafür kann den bei der Fichte, Keimjahrgang 1978 gemachten Ausführungen entnommen werden.

Der Vergleich zwischen den Parzellen zeigte, daß die Regressionslinien der Parzelle II steiler verliefen als die der Parzelle I. Sowohl auf den bodenbearbeiteten wie auch auf den unbearbeiteten Probekreisen der Parzelle II war eine signifikant höhere Ausfallrate an Ahornpflanzen zu verzeichnen als auf den entsprechenden Probekreisen der Parzelle I. Anscheinend sind auf der südwestexponierten Parzelle I die Verhältnisse für das Gedeihen des Ahorn noch besser als auf der nordwestexponierten Parzelle II.

Eine unterschiedliche Schädigung durch Mäuse auf den verschiedenen Parzellen, wie sie bei den 78er Buchen wahrscheinlich war, konnte beim Ahorn, Keimjahrgang

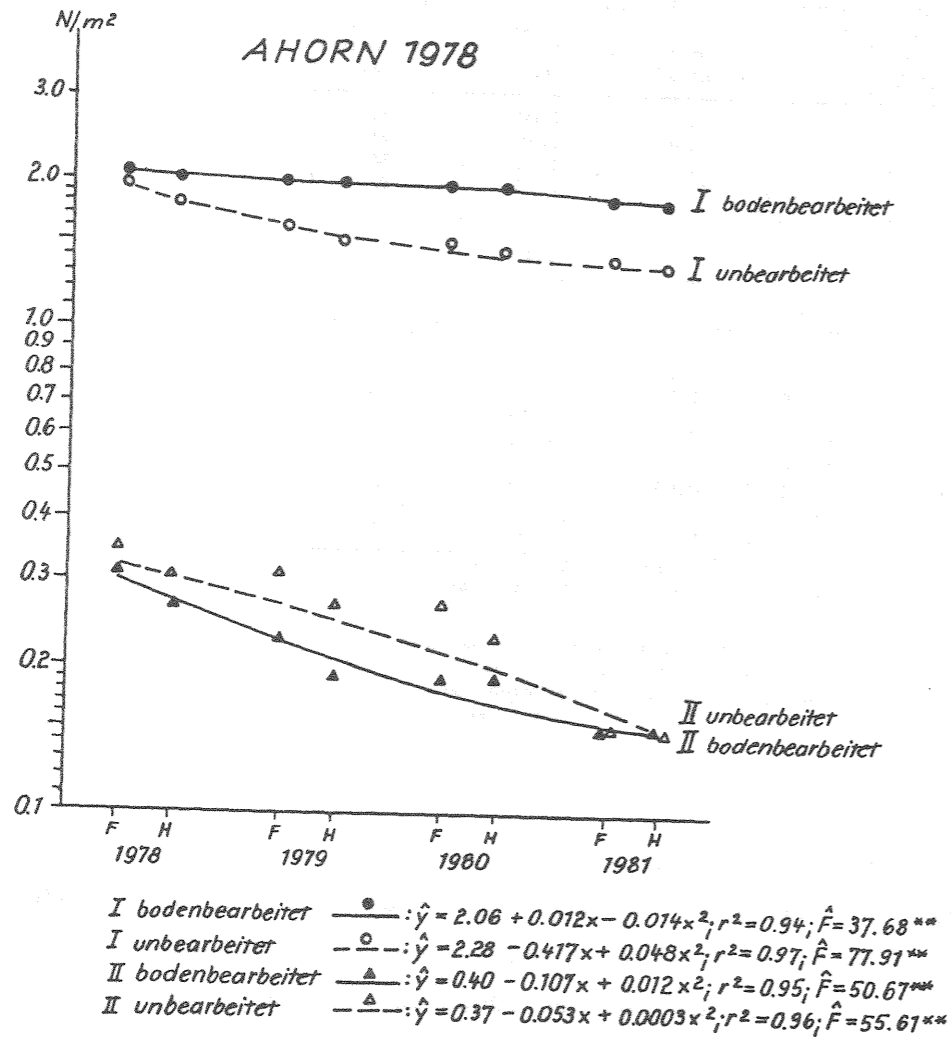


Abb. 51: Die Entwicklung der Dichte der Ahornnaturverjüngungspflanzen des Keimjahrganges 1978 vom Frühsummer (F) 1978 bis zum Herbst (H) 1981 auf den bodenbearbeiteten und den unbearbeiteten Probekreisen der Lochhiebsparzellen I und II.

1978 nicht festgestellt werden. Sowohl auf der Parzelle I als auch auf der Parzelle II war ein Drittel aller Abgänge auf biotische Schadeinwirkung zurückzuführen (Gesamtzahl der Abgänge auf Parzelle I 0,42 Pflanzen/m² und auf Parzelle II 0,18 Pflanzen/m²). Von den restlichen Ausfällen entfielen auf der Parzelle I 29% und auf der Parzelle II 22% auf die Einwirkung von Pilzen; 24% der Abgänge auf Parzelle I und 33% der Abgänge auf Parzelle II waren abiotischer Natur. Unbekannt blieb die Schadursache für 14% der Ausfälle auf Parzelle I und für

22% der Ausfälle auf Parzelle II. Die Ausfälle ereigneten sich auf beiden Parzellen in etwa zur Hälfte in den Winterperioden (Herbst bis Frühsommer) und zur Hälfte in den Sommerperioden (Frühsommer bis Herbst).

Die Sproßlängen

Abb. 52 vermittelt einen Eindruck vom Sproßlängenwachstum der Ahornpflanzen des Keimjahrganges 1978 auf der Parzelle I (nur hier standen, nachdem der U-Test keine Unterschiede zwischen den Sproßlängen auf den bodenbearbeiteten und den unbearbeiteten Probekreisen aufzeigen konnte, und das Datenmaterial zusammengefaßt worden war, genügend Sproßlängenmeßwerte zur Verfügung). Wie bei der Fichte, Keimjahrgänge 1977 und 1978, ist eine Differenzierung des Sproßlängenwachstums nach der Entfernung vom Lückenmittelpunkt zu erkennen. Allerdings ist diese Differenzierung viel ausgeprägter als bei der Fichte. Während sich unter dem

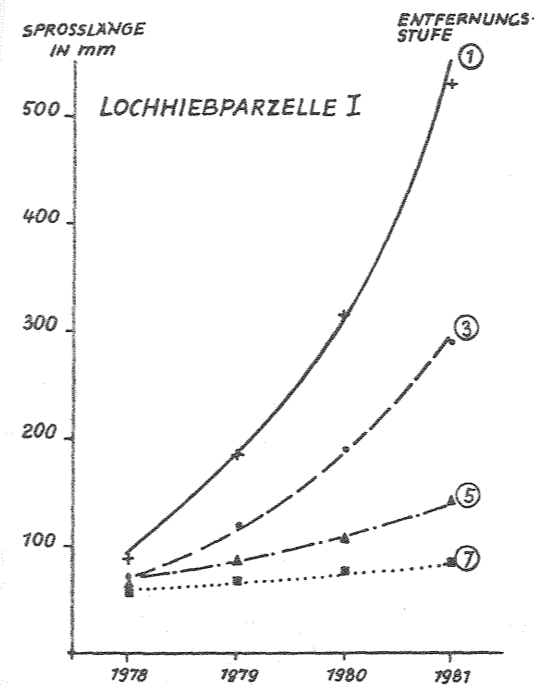


Abb. 52:

Das Wachstum der im Jahr 1978 gekeimten Ahornpflanzen auf der Lochhiebsparzelle I in den Jahren 1978 bis 1981 in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt.

Bestandesschirm die Höhe der Ahornpflanzen nach vier Vegetationsperioden nicht wesentlich von dem Höhenniveau der dort gedeihenden Fichtenpflanzen abhebt, sind auf der Lochfläche die Ahornpflanzen fast fünfmal so hoch wie die Fichtenpflanzen. Hierin kommt das Reaktionsvermögen der Lichtbaumart Ahorn auf die verbesserten Lichtbedingungen zum Ausdruck. Abb. 53 zeigt diesen Zusammenhang in Form einer multiplen Regressionsgleichung in Abhängigkeit von der über der Bodenvegetation gemessenen Beleuchtungsstärke.

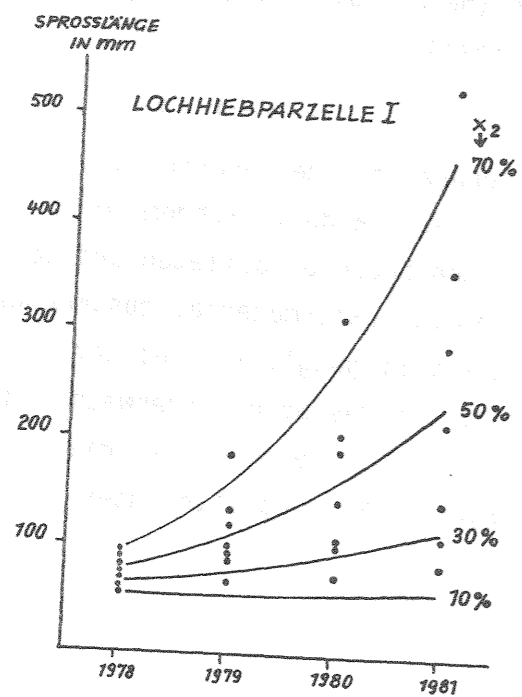


Abb. 53:
Das Wachstum der im Jahr 1978 gekeimten Ahornpflanzen auf der Lochhiebpazelle I in den Jahren 1978 bis 1981 in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke.

$$\ln \hat{y} = 4.00 - 0.0621x_1 + 0.0085x_1x_2$$

$$r^2 = 0.94; \hat{F} = 184.49^{++}$$

wobei: y = Sproßlänge in mm
x₁ = Jahre (1-4)
x₂ = rel. Beleuchtungsstärke in %

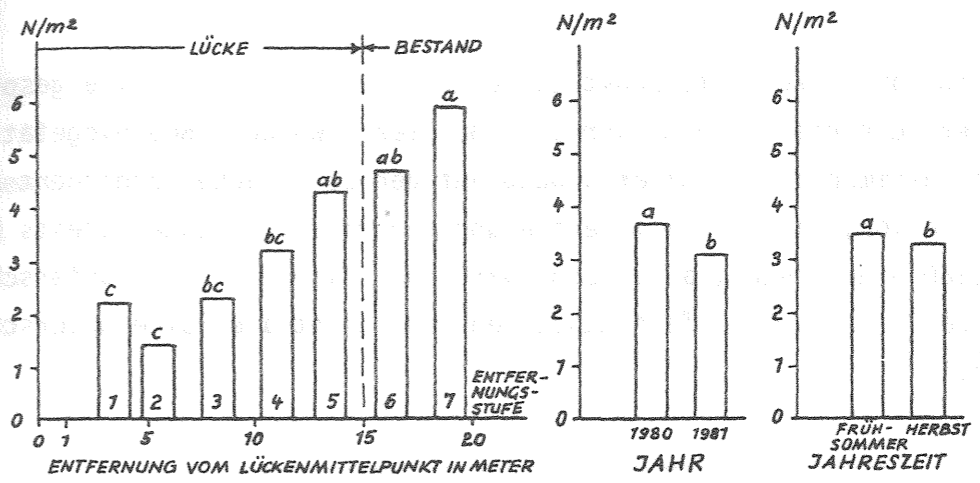


Abb. 54: Die Dichte der im Jahr 1980 gekeimten Ahornpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußfaktoren (Lochhiebpazellen I und II).

Mit denselben Buchstaben gekennzeichnete Säulen (= Mittelwerte der Varianzanalyse) unterscheiden sich bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht.

Ursache der Variation	Freiheitsgrade FG	Summe der Abweichungsquadrate Q	Mittleres Quadrat MQ	F
Entfernung (Faktor A)	6	245.1305	40.8551	3.8 n.s. (4.6 ⁺⁺)
Parzellen (Blöcke)	1	17.6808	17.6808	1.6 n.s. (2.0 n.s.)
Fehler (a)	6	65.3427	10.8905	-

Bodenbearbeitung (Faktor B)	1	3.0558	3.0558	<1 n.s. (<1 n.s.)
Wechselwirkung (AxB)	6	63.6083	10.6014	1.5 n.s. (1.2 n.s.)
Fehler (b) (Fehler a + b)	7 (13)	49.6015 (114.9442)	7.0859 (8.8419)	-

Jahre (Faktor C)	1	9.7232	9.7232	48.9 ⁺⁺)
Wechselwirkungen				
(AxC)	6	0.5972	0.0995	<1 n.s.
(BxC)	1	0.1808	0.1808	<1 n.s.
(AxBxC)	6	1.9051	0.3175	1.6 n.s.
Fehler (c)	14	2.7812	0.1987	-

Jahreszeit (Faktor D)	1	1.2857	1.2857	42.7 ⁺⁺)
Wechselwirkungen				
(AxD)	6	0.2222	0.0370	1.2 n.s.
(BxD)	1	0.0558	0.0558	1.9 n.s.
(CxD)	1	0.0357	0.0357	1.2 n.s.
(BxCxD)	1	0.0022	0.0022	<1 n.s.
(AxBxD)	6	0.1863	0.0311	1.0 n.s.
(AxCxD)	6	0.2064	0.0344	1.1 n.s.
(AxBxCxD)	6	0.2869	0.0478	1.6 n.s.
Fehler (d)	28	0.8438	0.0301	-
Gesamt	111	462.7321	-	-

++) hochsignifikant
n.s. nicht signifikant
Werte in Klammern : siehe Text

Tab. 56: Varianzanalyse: Die Dichte der Ahornpflanzen des Keimjahrganges 1980 (Parzellen I und II).

6.322.9 Ahorn, Keimjahrgang 1980

Die Pflanzendichten

In Abb. 54 werden die Dichten der Ahornpflanzen des Keimjahrganges 1980 in Abhängigkeit von den Faktoren Entfernung, Jahre und Jahreszeit, die sich in der Varianzanalyse als hochsignifikant erwiesen haben (s. Tab. 56), dargestellt.

Wird in der in Tab. 56 wiedergegebenen Varianzanalyse der Faktor A (Entfernung) gegen den Fehler (a) getestet, so bleibt der F-Wert knapp unter der Signifikanzschwelle. Eine hochsignifikante Wirkung des Faktors A läßt sich jedoch bei Zurechnung eines geringfügig geänderten Spaltanlagenmodells nachweisen: Werden die Faktoren A und B den Hauptflächen zugeordnet, dann kann Faktor A gegen den gemeinsamen Fehler (a) + (b) getestet werden. Der auf diese Weise errechnete F-Wert erweist sich aufgrund der höheren Freiheitsgrade als hochsignifikant. In Tab. 56 werden alle Veränderungen in der Varianzanalyse, die sich ergeben, wenn Fehler (a) und (b) zusammengefaßt werden, in Klammern angegeben.

Im Gegensatz zum Jahr 1978, in dem der Einfluß der Entfernung vom Lückenmittelpunkt auf die Pflanzendichte, bedingt durch den Mäusefraß, nicht hervortrat, ist im Jahr 1980 eine nahezu lineare Zunahme der Dichte der Ahornpflanzen mit

der Entfernung vom Lückenmittelpunkt zu verzeichnen. Mit eine Rolle gespielt haben mag hier auch die bis zum Jahr 1980 dichter gewordene Bodenvegetation, die ein besseres Ankommen der Naturverjüngung auf der Lochfläche verhindert hat. Aus Tab. 57 geht hervor, daß die Differenzierung der Pflanzendichte bereits bis zum Frühsommer 1980 eingetreten, also höchstwahrscheinlich die Folge unterschiedlicher Zugänge auf den einzelnen Entfernungsstufen (und nicht die Folge unterschiedlicher Abgänge) war.

LOCH- HIEB- PAR- ZELLE	ENTFER- NUNGS- STUFE (m) ⁺⁾	Pflanzenzahl		Überlebens- prozent im Herbst 1981
		im Früh- sommer ₂ 1980 St/m	im Herbst 1981 ₂ St/m	
I	1 (3.4)	2.75	1.25	45
	2 (5.6)	1.88	1.13	60
	3 (8.2)	2.00	1.13	57
	4 (10.9)	4.25	2.88	68
	5 (13.6)	2.63	1.88	71
	6 (16.3)	4.75	4.13	87
	7 (19.0)	6.25	5.38	86
	Mittelwert ⁺⁺⁾	3.56	2.64	74
II	1 (3.4)	2.50	2.25	90
	2 (5.6)	1.63	1.00	61
	3 (8.2)	3.13	2.88	92
	4 (10.9)	3.13	2.25	72
	5 (13.6)	6.63	6.25	94
	6 (16.3)	5.63	4.38	78
	7 (19.0)	6.50	5.63	87
	Mittelwert ⁺⁺⁾	4.29	3.61	84

+) Entfernung vom Lückenmittelpunkt in m
++) Mittelwert der 52 Probekreise einer Parzelle

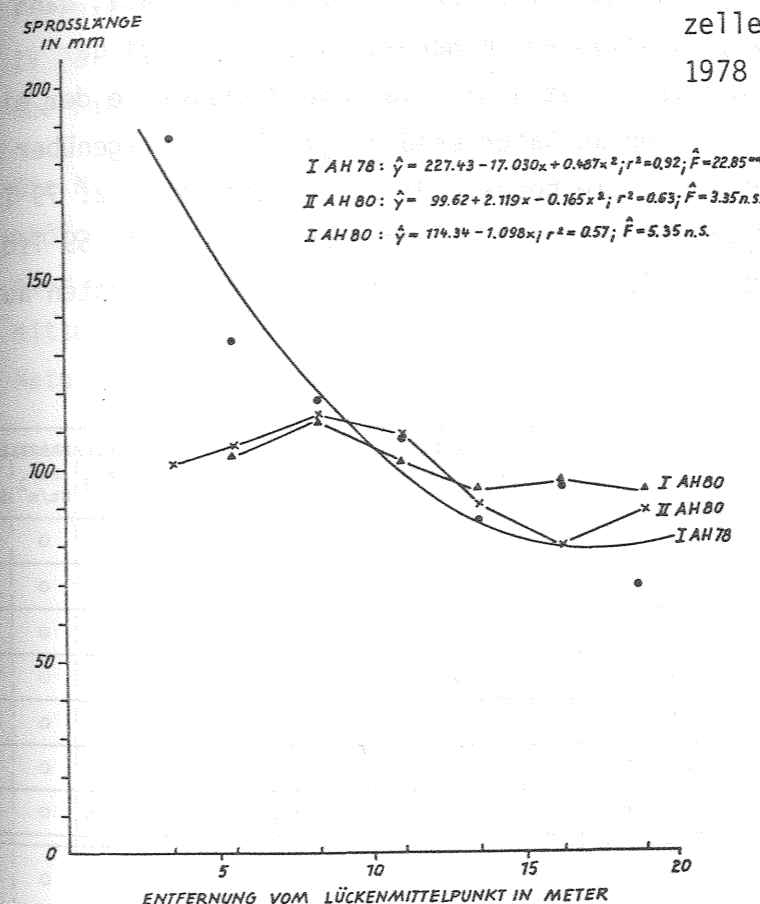
Tab. 57: Die Dichte der im Jahr 1980 gekeimten Ahornpflanzen im Frühsommer 1980 und im Herbst 1981, sowie die daraus abgeleiteten Überlebensprozente auf den Lochhiebparzellen I und II.

Die Ausfälle wurden in erster Linie durch biotische Schadfaktoren verursacht. 44% der 0,92 Pflanzen/m², die insgesamt auf der Parzelle I bis zum Herbst 1981 ausfielen, gingen infolge biotischer Schadeinwirkung ein. Auf der Parzelle II waren es 41% der 0,68 Pflanzen/m², die insgesamt als Abgang verzeichnet wurden. An 29% der Abgänge auf Parzelle I und an 21% der Abgänge auf Parzelle II wurde ein abiotisches Schadereignis festgestellt. Pilze spielten auf Parzelle I überhaupt keine Rolle, auf Parzelle II waren lediglich 7% der Ausfälle auf Pilzinfektionen zurückzuführen. Unbekannt blieb die Schadursache für 27% der Ausfälle auf Parzelle I und für 31% der Ausfälle auf Parzelle II.

Die Sproßlängen

In Abb. 55 sind die im Herbst 1981 gemessenen Sproßlängen der im Jahr 1980 gekeimten Ahornpflanzen in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt

Abb. 55: Die Sproßlänge von zweijährigen Ahornpflanzen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückenmittelpunkt. Vergleich Ahorn, Keimjahrgang 1980 (Lochhiebparzellen I und II) mit Ahorn, Keimjahrgang 1978 (Lochhiebparzelle I).



dargestellt. Es zeigt sich, daß im Gegensatz zu den 78er Ahornpflanzen, deren Sproßlänge im Herbst 1980 (also ebenfalls nach zwei Vegetationsperioden) zum Vergleich wiedergegeben wird, ein Einfluß der Entfernung vom Lückenmittelpunkt auf die Sproßlänge der 80er Ahornpflanzen weder auf der Parzelle I noch auf der Parzelle II zum Vorschein kommt. Damit wird belegt, daß bereits vier Jahre nach dem Lochhieb ein wesentlicher Vorteil der Lochfläche, das vermehrte Lichtangebot,

den ab diesem Zeitpunkt hinzukommenden Pflanzen nicht mehr zu Gute kommt. Eine auf der Lochfläche vorhandene dichte Bodenvegetation reduziert das auf den Boden gelangende Licht drastisch (s. Kap. 4.143). Wie das Beispiel der 80er Ahornpflanzen zeigt, reagieren die Pflanzen sehr empfindlich auf diese Einschränkung des Lichtangebots mit einer Reduzierung des Sproßlängenwachstums.

6.323 Der Stand der Naturverjüngungspflanzen im Herbst 1981

Die Pflanzendichten

Werden alle Keimjahrgänge ($\leq 76, 77, 78, 79, 80$ und 81) zusammengefaßt, dann stellt sich die Dichte der Naturverjüngungspflanzen im Herbst 1981 wie folgt dar (s. Tab. 58): Auf allen Parzellen ist - betrachtet man die Mittelwerte der einzelnen Parzellen - eine deutliche Zunahme an Naturverjüngungspflanzen gegenüber dem Stand im Frühsommer 1977 eingetreten. Die höchste Pflanzendichte mit ca. 79 Tsd. Pflanzen/ha weist die Parzelle II auf. Ebenfalls sehr hoch ist mit ca. 59 Tsd. Pflanzen/ha die Dichte auf Parzelle I. Deutlich niedriger sind die Dichten auf

Er hat auf der Parzelle I einen Anteil von 72% und auf der Parzelle II einen Anteil von 51% an der Gesamtzahl der Naturverjüngungspflanzen. Selbst auf den hochgelegenen Lochhiebpärzellen, wo der Ahorn im Altbestand nur sehr spärlich vertreten ist, erreicht er einen Anteil von 31% (Parzelle III) bzw. 28% (Parzelle IV). Die Fichte ist ebenfalls in einigem Umfang in der Naturverjüngung vorhanden. Den höchsten Anteil hat sie auf der Parzelle IV mit 64%. Auf der Parzelle II beträgt der Fichtenanteil 41% und auf der Parzelle III 38%. Sehr viel geringer ist mit 5% der Fichtenanteil der Parzelle I. Dafür ist auf dieser Parzelle die Tanne mit 17% stärker beteiligt als auf den Parzellen II (7%) und IV (8%). Den höchsten Tannenanteil hat die Parzelle III mit 31%. Buche ist überhaupt nur in der Naturverjüngung der Parzellen I (6%) und II (1%) vertreten.

Die Naturverjüngungspflanzen sind nun allerdings im Herbst 1981 nicht mehr gleichmäßig über die Flächen verteilt, wie noch im Frühsommer 1977. Es ist eine mehr oder weniger deutliche Zunahme der Pflanzendichte mit der Entfernung vom Lückemittelpunkt zu erkennen (s. Tab. 58). Diese Zunahme kann für die Gesamtzahl der Naturverjüngungspflanzen - wie in Abb. 56 dargestellt - in einigen Fällen durch

Entfernungsstufe (m)	LOCHHIEBPARZELLE I					LOCHHIEBPARZELLE II					LOCHHIEBPARZELLE III					LOCHHIEBPARZELLE IV				
	Fi ² St/m ²	Ta ² St/m ²	Bu ² St/m ²	Ah ² St/m ²	Σ St/m ²	Fi ² St/m ²	Ta ² St/m ²	Bu ² St/m ²	Ah ² St/m ²	Σ St/m ²	Fi ² St/m ²	Ta ² St/m ²	Bu ² St/m ²	Ah ² St/m ²	Σ St/m ²	Fi ² St/m ²	Ta ² St/m ²	Bu ² St/m ²	Ah ² St/m ²	Σ St/m ²
1 (3.4)	0	0.50	0	2.00	2.50	2.00	0.50	0	3.00	5.50	0.50	0	0	0.50	1.00	1.00	0	0	0	2.00
2 (5.6)	0	1.00	0.50	3.75	5.25	2.25	0.25	0.25	2.00	4.75	0	0	0	0.50	0.50	0	0	0	0	0
3 (8.2)	0.25	0.25	0	4.50	5.00	3.50	0.25	0.25	4.75	8.75	0	0.25	0	0.50	0.75	0.25	0.25	0	1.00	1.50
4 (10.9)	0	0.50	0.75	3.50	4.75	3.00	0.25	0	3.00	6.25	0.75	1.00	0	0.25	2.00	0.75	0	0	0.25	1.25
5 (13.6)	0.25	1.25	0.25	3.25	5.00	5.75	0.75	0	5.50	12.00	1.00	0	0	1.00	1.50	0	0	0	0.50	2.00
6 (16.3)	1.00	1.50	1.00	6.25	9.75	2.75	0.50	0	4.00	7.25	0.25	0.75	0	0.25	1.25	1.00	0.25	0	0.50	1.75
7 (19.0)	0.50	2.00	0	5.25	7.75	2.75	1.25	0	5.50	9.50	0.25	0	0	0.25	0.50	1.75	0.25	0	0.25	2.25
Mittelwert d. Parzelle	0.30	1.03	0.37	4.21	5.91	3.22	0.53	0.07	4.00	7.86	0.39	0.31	0	0.32	0.99	0.88	0.11	0	0.38	1.37

+) Entfernung vom Lückemittelpunkt in Meter

Tab. 58: Die Dichte der Naturverjüngungspflanzen (N/m^2) im Herbst 1981 auf den vier Lochhiebpärzellen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Lückemittelpunkt.

Angegeben sind die Mittelwerte der Probekreise ohne Bodenbearbeitung.

den hochgelegenen Parzellen (ca. 14 Tsd. Pflanzen/ha auf Parzelle IV und ca. 10 Tsd. Pflanzen/ha auf Parzelle III). Damit sind auf den Parzellen I und III im Herbst 1981 etwa fünfmal so viele Pflanzen vorhanden wie im Frühsommer 1977, auf der Parzelle IV etwa siebenmal so viele und auf der Parzelle II gar 52 mal so viele Pflanzen. Auf allen Parzellen ist der Ahorn sehr stark beteiligt.

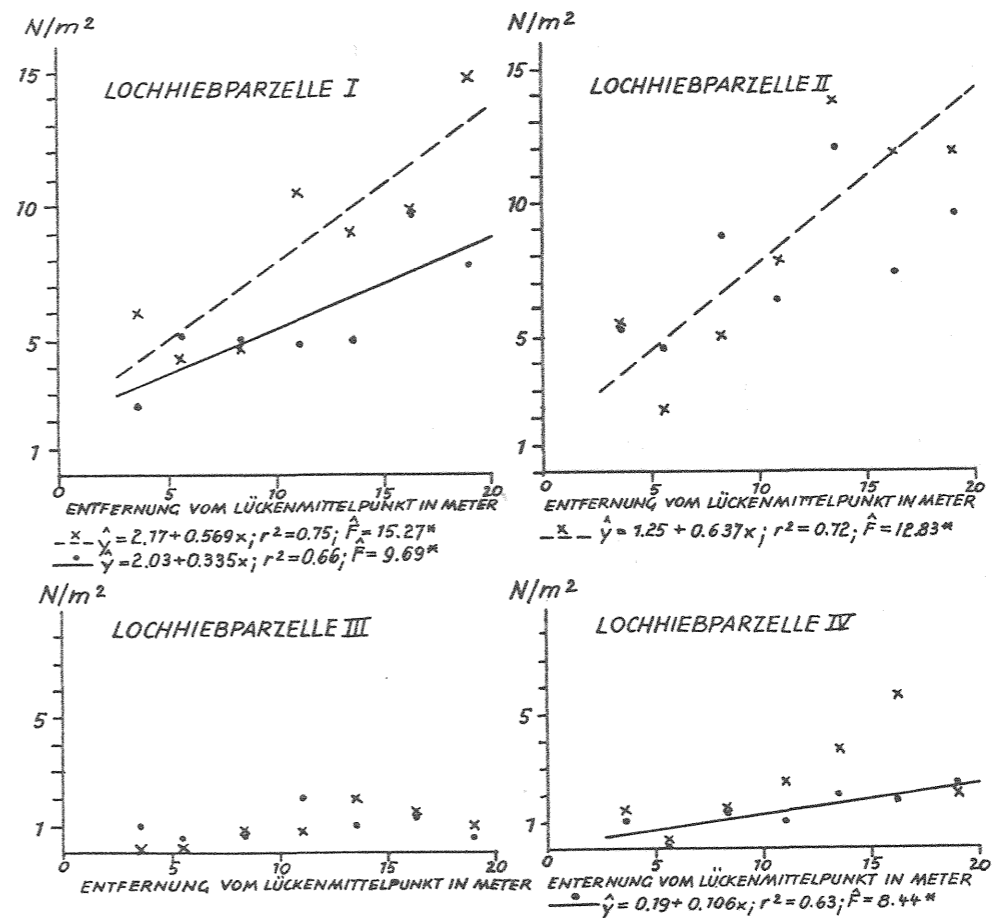


Abb. 56: Die Dichte der Naturverjüngungspflanzen (N/m^2) im Herbst 1981 auf den bodenbearbeiteten (---x---) und unbearbeiteten (—o—) Probekreisen in Abhängigkeit von der Entfernung vom Lückemittelpunkt.

lineare Regressionslinien beschrieben werden.

In die Darstellung der Verteilung der Gesamtpflanzendichte gingen auch die zu Versuchsbeginn bereits vorhandenen und im Herbst 1981 noch anzutreffenden Pflanzen ein, die aufgrund ihrer geringen Zahl nicht ins Gewicht fielen. Trotzdem ist es wichtig festzuhalten, daß diese Pflanzen nicht in Abhängigkeit von der Entfernung von der Lückenmitte verteilt waren.

Die Sproßlängen

In Tab. 59 werden die Sproßlängen der höchsten, im Herbst 1981 auf den sieben Entfernungsstufen der vier Lochhiebsparzellen vorgefundenen Pflanzen angegeben. Es zeigt sich, daß fünf Jahre nach dem Lochhieb die Pflanzen im wesentlichen eine Höhe von 20 cm noch nicht überschritten haben. Lediglich die Ahornpflanzen erreichten, mit Ausnahme auf der Parzelle II, sehr viel größere Höhen. Auf der Parzelle I war der höchste Ahorn sogar fast 1.40 m hoch. Auf dieser Parzelle erreichten auch die Buchen Höhen über 20 cm.

LOCH- HIEB- PAR- ZELLE	ENTFER- NUNGS- STUFE (m) ⁺⁾	FICHTE	TANNE	BUCH E	AHORN
		cm (Keim- jahrgang)	cm (Keim- jahrgang)	cm (Keim- jahrgang)	cm (Keim- jahrgang)
I	1 (3.4)	-	7.5 (80)	-	96.3 (76)
	2 (5.6)	7.4 (78)	16.3 (76)	26.4 (78)	136.4 (76)
	3 (8.2)	3.5 (81)	6.9 (80)	-	43.3 (78)
	4 (10.9)	7.0 (78)	19.3 (77)	24.1 (78)	38.4 (78)
	5 (13.6)	14.2 (77)	14.2 (77)	26.9 (78)	23.8 (78)
	6 (16.3)	11.6 (77)	11.0 (76)	17.0 (76)	16.5 (76)
	7 (19.0)	9.2 (77)	12.3 (77)	11.7 (78)	18.8 (76)
II	1 (3.4)	20.7 (78)	20.4 (77)	-	10.5 (80)
	2 (5.6)	17.0 (78)	15.6 (76)	-	13.2 (80)
	3 (8.2)	16.7 (78)	3.9 (81)	7.5 (78)	14.9 (80)
	4 (10.9)	11.0 (77)	6.0 (80)	15.3 (78)	16.2 (80)
	5 (13.6)	12.0 (77)	5.8 (80)	-	23.5 (76)
	6 (16.3)	12.4 (77)	5.6 (80)	14.3 (80)	9.7 (80)
	7 (19.0)	8.1 (77)	4.7 (80)	7.3 (78)	13.1 (80)
III	1 (3.4)	17.0 (77)	-	-	50.3 (76)
	2 (5.6)	-	-	-	27.9 (78)
	3 (8.2)	-	4.7 (80)	-	13.0 (78)
	4 (10.9)	10.1 (77)	14.1 (76)	-	-
	5 (13.6)	8.3 (77)	-	-	8.5 (80)
	6 (16.3)	8.1 (77)	6.8 (80)	-	-
	7 (19.0)	6.4 (77)	-	-	8.0 (80)
IV	1 (3.4)	9.7 (77)	-	-	10.2 (80)
	2 (5.6)	-	-	-	-
	3 (8.2)	8.7 (77)	5.9 (78)	-	17.2 (78)
	4 (10.9)	9.3 (77)	6.0 (81)	-	47.7 (76)
	5 (13.6)	6.8 (77)	2.3 (81)	-	17.0 (78)
	6 (16.3)	7.9 (77)	7.9 (78)	-	17.6 (76)
	7 (19.0)	6.6 (77)	8.9 (76)	-	9.5 (78)

+) Entfernung vom Lückenmittelpunkt in Meter

Tab. 59: Die Sproßlänge der höchsten Naturverjüngungspflanzen im Herbst 1981 auf den vier Lochhiebsparzellen.

Angegeben ist die Höhe der höchsten Pflanze, die auf den bodenbearbeiteten oder unbearbeiteten Probekreisen gefunden wurde.

Eine Abhängigkeit der Sproßlängen von der Entfernung vom Lückenmittelpunkt war immer dann zu erkennen, wenn in der Mitte der Lochfläche ältere Pflanzen (Keimjahrgänge 76, 77, 78) vorhanden waren, so etwa bei der Fichte auf den Parzellen II, III und IV, bei der Tanne auf Parzelle II und beim Ahorn auf den Parzellen I und III (s. Tab. 59).

6.4 Diskussion der Naturverjüngungsergebnisse

In den vorstehenden Abschnitten wurden Erkenntnisse über die Naturverjüngung im Bergmischwald mitgeteilt, die erstmals nicht aus zu einem bestimmten Zeitpunkt räumlich nebeneinander vorgefundenen Gegebenheiten abgeleitet wurden, sondern auf fünfjährigen Beobachtungen beruhen. Dies heißt nun nicht, daß der dieser Arbeit zugrunde liegenden dynamischen Beobachtungsweise der Vorzug gegenüber der bei einmaligen Inventuren überwiegenden statischen Betrachtungsweise eingeräumt wird. Vielmehr stellen beide eine ideale Ergänzung dar.

Für die beiden bedeutsamsten Inventuren der Verjüngung im Bergmischwaldbereich, nämlich die von RAUSCH (1975) durchgeführte Untersuchung der Verjüngungssituation in der Bergregion des Landkreises Miesbach und die von PREUHLER (1979) erarbeitete umfassende Darstellung der Naturverjüngung auf Versuchsflächen im Forstamt Kreuth, können die eigenen aus 5 Aufnahmejahren stammenden Ergebnisse von Nutzen sein, indem sie für die Interpretation der Inventurdaten herangezogen werden. Hatte doch RAUSCH (1979) immer wieder darauf hingewiesen, daß seine Momentaufnahmen nur den augenblicklichen Zustand darstellen können, und auf die Dynamik nur vorsichtig rückgeschlossen werden kann. Auch METTIN (1977), der die Verjüngung der teilweise noch zum Bergmischwaldbereich zu zählenden Hochlagenwälder (1300 bis 1700 m ü.N.N.) im Werdenfelser Land untersuchte, stellte den Momentaufnahmecharakter seiner Ergebnisse heraus und empfahl zur Ergänzung seiner Befunde langjährige Beobachtungen.

Andererseits sind die eigenen, auf nur wenigen Versuchsflächen durchgeführten langjährigen Beobachtungen für sich alleine genommen wenig aussagekräftig. Erst wenn sich herausstellen sollte, daß die Mechanismen, die die Naturverjüngung auf den kleinen Versuchspartellen steuern, die gleichen sind wie auf einem Großteil der Bergmischwaldfläche, die eigenen Ergebnisse also tatsächlich zur Interpretation der Inventurbefunde herangezogen werden können, wird den hier mitgeteilten Ergebnissen eine Bedeutung zukommen, die den immensen Aufwand rechtfertigen, der für die Gewinnung der langjährigen Beobachtungsdaten notwendig war.

Nur eine Zusammenschau von Inventurdaten und langjährigen Beobachtungsdaten ist demnach geeignet, die Naturverjüngung im Bergmischwald vollständig zu erfassen und Möglichkeiten für Problemlösungen aufzuzeigen. An dieser Stelle kann diese Zusammenschau nur angeregt, aber nicht vorgenommen werden. Es ist jedoch möglich - wie dies im folgenden Punkt 6.41 geschieht -, die Einflußfaktoren, die sich in der vorliegenden Untersuchung als bedeutsam für die Entwicklung der Naturverjüngung herauskristallisiert haben, und die eventuell von Bedeutung für die Interpretation von Inventurdaten sein könnten, herauszustellen. Die weitere Entwicklung der Naturverjüngung kommt dann in Punkt 6.42 zur Sprache. Daran anschließend wird im Punkt 6.43 eine Beurteilung der Naturverjüngung vorgenommen.

6.41 Für die Verjüngungsdynamik bedeutsame Einflußfaktoren

Standortfaktoren

In der vorliegenden Untersuchung erwies sich die Höhenlage als eine entscheidende Einflußgröße auf die Entwicklung der Dichte und der Höhe der Naturverjüngungspflanzen.

Die Dichte der Pflanzen war auf den hochgelegenen Parzellen am Ende des fünften Untersuchungsjahres nicht etwa deshalb geringer als auf den tiefergelegenen Parzellen, weil das Samenangebot geringer gewesen wäre. Ganz im Gegenteil, die höchsten Samendichten, die im Versuchszeitraum vorkamen, wurden auf den hochgelegenen Parzellen festgestellt (ca. 690 Fichtensamen pro m² im Jahr 1976/77 auf Parzelle IV). Auch waren weder die Keimprozentage der Samen noch die Keimlingsprozentage (Zugänge an Pflanzen bezogen auf die keimfähigen Samen) geringer als auf den tiefergelegenen Parzellen. Die geringere Dichte am Ende der Untersuchungsperiode war im wesentlichen auf die größeren Ausfälle an Pflanzen auf den hochgelegenen Parzellen zurückzuführen.

Nachdem auch in den Untersuchungen von RAUSCH (1975), METTIN (1977) und PREUHLER (1979) eine Abnahme der Pflanzendichte mit der Höhenlage zu Tage getreten ist, dürfte darin eine Gesetzmäßigkeit zu sehen sein, die darauf beruht, daß die Überlebenschancen für Naturverjüngungspflanzen mit steigender Höhenlage zunehmend ungünstiger werden. Als Gründe hierfür sind die lange Schneebedeckung (eingeschränkte Vegetationszeit) und das Auftreten von bestimmten Schadfaktoren (z.B. Schneeschimmel) anzusehen.

Aber auch das Wachstum der Pflanzen ist in größeren Höhen gegenüber tieferen Lagen reduziert. So waren die im Jahr 1977 gekeimten Fichten auf den hochgelegenen

Parzellen nach 5 Vegetationsperioden etwa 3 cm kleiner als auf den tiefer gelegenen Parzellen. Ein mit der Höhenlage abnehmendes Wachstum der Forstpflanzen fand auch BENECKE (1972) in Nordtirol. Ebenso konnten HEISIG und THOMASIIUS (1968) im Erzgebirge eine straffe negative Beziehung zwischen der Trieblänge von Anflugfichten und der Höhenlage herleiten. In größeren Höhenlagen, so in der subalpinen Stufe, wird den Untersuchungen von TURNER (1971) und SCHÖNENBERGER (1975) zufolge jedoch der Einfluß der Seehöhe auf das Höhenwachstum der Forstpflanzen stark von anderen Faktoren, wie mittlerer Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung überlagert.

Eine Differenzierung der Pflanzendichten nach der Exposition, wie sie RAUSCH (1975) feststellte, war auch auf den eigenen Versuchsparzellen zu erkennen. Die nordwestexponierte, also schattseitige Parzelle II wies gegenüber der auf gleicher Höhe über NN gelegenen südwestexponierten sonseitigen Parzelle I am Ende des Untersuchungszeitraumes höhere Pflanzendichten auf. Ebenso waren im Herbst 1981 auf der westexponierten Parzelle IV mehr Pflanzen anzutreffen als auf der höhengleichen südexponierten Parzelle III. Da sich diese Differenzierung bereits bei den Zugängen an Pflanzen abzeichnete (s. Tab. 33, S.185), gibt es zwei Erklärungsmöglichkeiten: Als erste ist ins Auge zu fassen, daß die Altbestände auf den Parzellen I und IV stärker fruktifiziert haben als die Altbestände auf der jeweiligen, ihnen von der Höhenlage her entsprechenden Parzelle. Wie die Tab. 29, S.169 zeigt, war dies in den Jahren 1976/77 und 1977/78 tatsächlich der Fall. Als zweite Möglichkeit bietet sich an, daß die Keimbedingungen auf der nordwest- und der westexponierten Parzelle besser waren als auf der südwest- und südexponierten Parzelle. Auch dies trifft in den Keimjahren 1977 und 1978 für alle Baumarten zu, wie man der Tab. 34, S.186 entnehmen kann. Inwieweit hier Gesetzmäßigkeiten vorliegen, kann jedoch aufgrund der geringen Anzahl der Parzellen nicht gesagt werden. Es sei jedoch darauf aufmerksam gemacht, daß auch KORPEL (1978) in Buchen- und Tannen-Buchenbeständen der Mittelslowakei fand, daß Buchenverjüngung in nordexponierten Lagen besser ankam als in südexponierten Lagen.

Ein Hinweis auf den Einfluß des Oberbodenzustandes auf die Pflanzendichten war - läßt man die Wirkung der Bodenbearbeitung, die ja in gewisser Weise künstliche Verhältnisse schuf, einmal außer Acht - nicht zu erkennen. Allerdings scheint der Oberbodenzustand die Sproßlängenentwicklung beeinflussen zu haben. Dies wird aus der Tatsache entnommen, daß auf der Lochfläche der Parzelle I die Fichten des Keimjahrganges 1978 besser gewachsen sind als die Fichten des Keimjahrganges 1977; dagegen war unter dem Bestandesschirm der Parzelle II das Wachstum der 77er

und der 78er Fichten gleich. Somit kann eigentlich nur der bis zum Jahr 1978 durch Mineralisierungsprozesse verbesserte Oberbodenzustand auf der Lochfläche für das raschere Wachstum der 78er Fichten gegenüber den 77er Fichten verantwortlich gemacht werden.

Ein Einfluß weiterer Standortfaktoren, wie Hangneigung und Bodentyp, auf die Dichte oder Sproßlänge der Pflanzen war nicht zu entdecken. Dies war allerdings auch nicht Teil der Versuchsfragestellung.

Altbestand

Die Bestände hatten auf allen vier Parzellen ein Alter erreicht, in dem eine reichliche Fruktifikation zu erwarten war. In der Tat stellten die Altbestände im Untersuchungszeitraum - obwohl bei keiner Baumart ein ausgesprochenes Vollmastjahr zu verzeichnen war - ein umfangreiches Samenangebot zur Verfügung. Dieses Samenangebot war erwartungsgemäß auf den Parzellen I und II aufgrund der Mischungsform der dort anzutreffenden Altbestände vielfältiger als auf den Parzellen III und IV, wo fast reine Fichtenbestände stocken. Da mit Ausnahme des Jahres 1979 in jedem Jahr auf allen Parzellen Samen fielen, und diese Samen zudem eine befriedigende Qualität aufwiesen, wurde der Naturverjüngungsprozeß ständig in Gang gehalten. Die Samendichten nahmen mit wachsender Entfernung von den Altbestandsbäumen ab. Dies konnte auch McDONALD (1980) in Beständen im Südwesten der USA feststellen. Allerdings wiesen diese Bestände im Vergleich zu den Bergmischwaldbeständen eine grundsätzlich verschiedene Artenzusammensetzung auf. Die Abnahme verlief in den untersuchten Bergmischwaldbeständen bei Fichtensamen linear, bei Bucheckern dagegen exponentiell. Bei Tannensamen und Ahornfrüchten ist vermutlich ebenfalls eine Abnahmetendenz vorhanden; sie konnte jedoch anhand des vorliegenden Datenmaterials nicht belegt werden.

Nachdem die Keimfähigkeit der Samen bzw. die Lebensfähigkeit der Früchte über den gesamten untersuchten Entfernungsbereich (bis 15 m von den Altbäumen entfernt) die gleiche blieb wie unter dem Altholzschirm, ist es nicht verwunderlich, daß die Zugänge an Keimlingen ebenfalls mit der Entfernung von den Altbestandsbäumen abnahmen. Nur im Jahr 1978, in dem Mäuse sehr stark auftraten und sowohl Samen wie auch Keimlinge vernichteten, kam diese Tendenz nicht zum Vorschein.

Betrachtet man fünf Jahre nach dem Hieb die Verteilung des gesamten Pflanzenkollektivs, so ist stets eine Abnahme der Pflanzendichte mit zunehmender Entfernung von den Altbestandsbäumen festzustellen (s. Abb. 56).

Werden die bei Versuchsbeginn bereits vorhandenen und bis zum Herbst 1981 nicht abgegangenen Pflanzen einer gesonderten Analyse unterzogen, so wird deutlich, daß diese Pflanzen im Vergleich zu den im Versuchszeitraum hinzugekommenen Pflanzen höhere Überlebensprozente aufweisen und nicht in Abhängigkeit von der Entfernung von den Altbestandsbäumen verteilt sind. Sie sind wie bereits zu Versuchsbeginn "natürlich gleichmäßig" verteilt.

Die vorstehenden, vereinfachenden Ausführungen sind geeignet, die Widersprüche in den Aussagen von RAUSCH (1975), METTIN (1977) und PREUHLER (1979) über den Einfluß der Überschirmung durch den Altbestand auf die Pflanzendichte aufzuklären. Zunächst seien die uneinheitlichen, den Einfluß der Überschirmung auf die Pflanzendichte betreffenden Befunde der drei Autoren, sowie die Meßmethoden und die Flächengrundlagen, auf denen diese Befunde basieren, zusammengestellt:

Autor	Bestimmung der Überschirmung	Flächengrundlage	Befund
RAUSCH (1975)	Die Altbestände wurden aufgrund okkularer Schätzungen vier Überschirmungsklassen (0-25 76-100) zugewiesen; alle vier Klassen waren besetzt.	1055 systematisch über die Bergregion Miesbach (17 000 ha) verteilte Probekreise.	Die Pflanzendichte nahm mit steigender Überschirmung zu.
METTIN (1977)	Dachlotmessungen; Zuweisung der Altbestände zu 10 Überschirmungsprozentklassen (0-10 91-100); alle 10 Klassen waren besetzt.	Subjektive Auswahl von 25 Aufnahmestreifen (20 m x 72,5 m) in typischen Teilbezirken der Hochlagen des Werdenfeller Landes	Die Überschirmung hatte keinen Einfluß auf die Pflanzendichte. Eine Ausnahme: auf einem von 25 Aufnahmestreifen nahm mit zunehmender Überschirmung die Dichte der Fichtenverjüngungspflanzen ab.
PREUHLER (1979)	Kronenprojektionen; die Überschirmung reichte von 24,9% bis 87,2%.	22 ca. 0,16 ha große Versuchspartellen in Horizontalprojektion im Forstamt Kreuth; ein Teil der Versuchspartellen lag in geschlossenen Altbeständen, der andere Teil in Beständen, die bereits mehrere Jahre vor der Versuchsflächenanlage in eine Verjüngungsstellung gebracht worden waren.	In den geschlossenen Altbeständen hatte die Überschirmung keinen Einfluß auf die Pflanzendichte. Auf den Verjüngungspartellen waren die größten Pflanzendichten auf den von Kronen überschilderten Teilen der Partellen anzutreffen.

Geht man davon aus, daß die Ergebnisse nicht in erster Linie auf die unterschiedliche Meßtechnik zurückgehen, und auch die Flächengrundlage zur Erzielung repräsentativer Ergebnisse jeweils breit genug war, dann gibt es eigentlich nur folgende Erklärung: all diese Befunde können nebeneinander vorkommen. Vor dem Hintergrund

der eigenen Erkenntnisse soll an einem einfachen Beispiel aufgezeigt werden, daß zu bestimmten Zeitpunkten im Verjüngungsprozeß die Dichte und die Verteilung der Naturverjüngungspflanzen tatsächlich mit der Überschirmung positiv, negativ oder überhaupt nicht korreliert sein können, obwohl die Überschirmung in allen drei Fällen eine überragende Rolle im Verjüngungsgeschehen gespielt hat. Dazu bedarf es einer Betrachtungsweise, die die Bestandesentwicklung berücksichtigt.

Gegeben sei ein geschlossener Altbestand (Bestand A), der eine Überschirmung von 70% aufweist. In diesem Bestand sind die Helligkeitsverhältnisse so, daß Naturverjüngungspflanzen sich etablieren können. Sie werden sich, da die Samendichte mit dem Abstand von den fruktifizierenden Altbäumen abnimmt, in Abhängigkeit von der Entfernung von diesen Bäumen verteilen. Wird der Bestand nun aufgelichtet, die Überschirmung auf 50% abgesenkt (Bestand A'), dann sind Dichte und Verteilung der Pflanzen zunächst einmal durch die Situation vor der Auflichtung bestimmt. Doch auch in den Folgejahren wird niemals mehr der Zustand eintreten, in dem Dichte und Verteilung ausschließlich von der Überschirmung nach der Auflichtung bestimmt sein werden. Da die bereits etablierten Pflanzen wesentlich höhere Überlebensraten haben als die hinzukommenden Pflanzen (die mit einer aufkommenden Bodenvegetation konkurrieren müssen), werden sowohl Dichte als auch Verteilung immer stark durch die Situation vor der Auflichtung geprägt sein.

Wird in einem anderen Fall ein dicht geschlossener Altbestand mit einer Überschirmung von 90% (Bestand B), unter dem sich aufgrund der eingeschränkten Lichtverhältnisse keine Verjüngung halten konnte, auf einen Überschirmungsgrad von 50% aufgelichtet (Bestand B'), dann wird der Zustand des Bestandes nach der Auflichtung die Pflanzendichte und -verteilung bestimmen. Unter Bestand B' werden, obgleich die Überschirmung ebenfalls 50% beträgt, in der Regel stets weniger Pflanzen zu finden sein als unter Bestand A'.

Analysiert man ohne Kenntnis der Bestandesentwicklung die Verteilung der Verjüngungspflanzen unter Bestand A' und Bestand B', wird man zu dem Ergebnis kommen, daß nur im zweiten Fall ein Einfluß der Überschirmung festzustellen ist.

Vergleicht man nicht allzu lange Zeit nach der Auflichtung die Dichte der Verjüngungspflanzen unter Bestand B' mit der Dichte unter einem Altbestand, der das Aussehen von A hat, wird man zu dem Schluß kommen, daß die Pflanzendichte mit abnehmender Überschirmung abnimmt. Dagegen läßt ein Vergleich der Pflanzendichte unter A' mit der Dichte unter einem Bestand, der das Aussehen von B hat, den Schluß zu, daß mit steigender Auflichtung die Pflanzendichte zunimmt.

Wird der Mittelwert der Pflanzendichten unter A und B gebildet und dem Mittelwert der Dichte unter A' und B' gegenübergestellt, drängt sich der Schluß auf, die Überschirmung sei ohne Einfluß auf die Pflanzendichte.

Die Zusammenhänge zwischen Überschirmung und Pflanzendichte bzw. -verteilung wurden deshalb so ausführlich vor dem Hintergrund der Bestandesentwicklung dargestellt, da eine Nichtbeachtung der Bestandesentwicklung zu weitreichenden Fehlinterpretationen führen kann. So darf z.B. die Interpretation des Befundes, daß unter einem aufgelichteten Bestand keine ausreichende Zahl an Verjüngungspflanzen zu finden sind, nicht lauten: Die Auflichtung ist noch nicht stark genug, um

das Ankommen der Naturverjüngung zu fördern, sondern: Der Bestand ist zu früh oder zu stark aufgelichtet worden.

Ebenso ist der Befund, daß in aufgelichteten Beständen im Bereich der überschirmenden Kronen sehr hohe Pflanzendichten anzutreffen sind, während auf unbeschirmten Teilen der Fläche nur sehr wenig oder oftmals überhaupt keine Pflanzen vorhanden sind (PREUHSLER, 1979), in erster Linie ein Hinweis auf eine Auflichtung, die vorgenommen wurde, bevor sich eine Verjüngung unter dem Altholzschirm eingefunden hatte. Erst in zweiter Linie ist ein Teil der von PREUHSLER genannten Gefahren, die für junge Pflanzen auf den unbeschirmten Partien bestehen (z.B. Konkurrenz durch die Bodenvegetation), dafür verantwortlich zu machen.

Die Zusammenhänge zwischen dem Grad der Auflichtung und den sich aufgrund dieser Auflichtung nach einiger Zeit einstellenden Pflanzendichten können anhand der im Gesamtforschungsprojekt "Bergmischwald" erzielten Ergebnisse (LEHRSTUHL FÜR WALDBAU, 1981) aufgezeigt werden. Aus Abb. 57 geht hervor, daß sich fünf Jahre nach den verschieden starken Auflichtungen geschlossener Bergmischwaldaltbestände, eine von der Überschirmung abhängige Optimumbeziehung für die Dichte der im Versuchszeitraum hinzugekommenen Pflanzen eingestellt hat. Ähnliche Optimumkurven fanden im übrigen auch EBERHARDT und THOMAS (1981) in Buchenbeständen der DDR. Abb. 57 kann man auch entnehmen, daß bei einer Überschirmung von etwa 40%, trotz eines gegenüber den geschlossenen Altbeständen eingeschränkten Samenangebots (s. VELTISTAS, 1980) aufgrund der besseren Überlebenschancen die Pflanzendichten höher sind als unter den dichter geschlossenen Altbeständen. Auf den lichter gestellten Parzellen ist das geringe Samenangebot der Grund für die deutlich niedrigeren Pflanzendichten.

Die in Abb. 56 auf S. 223 dargestellte Beziehung zwischen der Pflanzendichte und der Entfernung vom Lückenmittelpunkt ist im Grunde nichts anderes als ein Ausschnitt aus der in Abb. 57 wiedergegebenen Optimumbeziehung, und zwar aus dem Teilbereich, in dem die Pflanzendichte nicht durch die Lichtverhältnisse, sondern durch das Samenangebot bestimmt wird. Auf den Lochhiebsparzellen, wo die bei Versuchsbeginn vorhandenen Pflanzen nicht ins Gewicht fallen, hat sich nach fünf Jahren eine Zunahme der Pflanzendichte mit der Entfernung vom Lückenmittelpunkt herausgebildet. Denkt man sich die Regressionslinien in dichter werdende Altbestände hinein fortgesetzt, so würde die Pflanzendichte von einer gewissen Entfernung von der Lückenmitte an wieder abfallen. Es gibt Anzeichen dafür, daß der Optimumpunkt am Bestandesrand liegt; denn auf den Vegetationsprobenkreisen, die tiefer im Bestand angesiedelt waren, waren die Gesamtpflanzendichten bereits

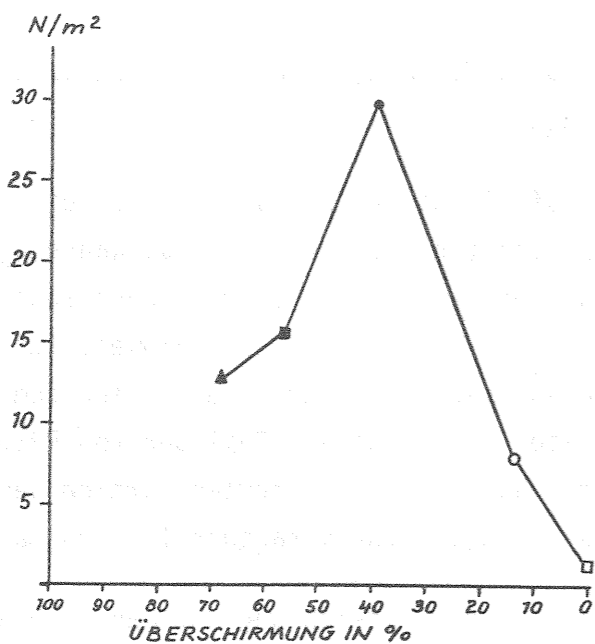


Abb. 57: Die Pflanzendichte in Abhängigkeit von der Überschirmung⁺). Pflanzen, die im Versuchszeitraum (1977-1981) hinzugekommen sind und im Herbst 1981 noch vorhanden sind (aus: LEHRSTUHL FÜR WALDBAU, 1981).

- ▲ Kontrollparzelle (1.0)⁺⁺
- Parzelle Schwacher Schirmhieb (1.1)⁺⁺
- Parzelle Starker Schirmhieb (2.2)⁺⁺
- Lochhiebparzelle II (2.4)⁺⁺
- Kahlhiebparzelle (1.3)⁺⁺

+) Die Überschirmung wurde auf den Parzellen 1.0, 1.1 und 2.2 durch 196 systematisch über jede Parzelle verteilte Dachlotmessungen bestimmt. Die Überschirmung der Lochhiebparzelle II wurde geschätzt: 44 Probekreise mit einer Überschirmung von 0% und 8 Probekreise mit einer Überschirmung von 83% ergeben eine Überschirmung der Gesamtparzelle von 13%.

++) Bezeichnung der Parzellen im Gesamtforschungsprojekt "Bergmischwald".

wieder niedriger als am Bestandesrand. Damit würde sich das Optimum der Pflanzendichte am Bestandesrand der Lücken, wo eine relative Beleuchtungsstärke von etwa 40% ermittelt wurde, mit dem in Abb. 57 angegebenen Optimum decken, das bei einer Überschirmung von 40% (was ebenfalls einer relativen Beleuchtungsstärke von 40% entspricht) liegt.

Aus dieser Optimumbeziehung nun den Schluß zu ziehen, daß eine Auflichtung geschlossener Altbestände auf eine Überschirmung von 40% hinsichtlich der Naturverjüngung als erstrebenswert anzusehen ist, wäre verfehlt. In Abb. 57 sind

nämlich die bei Versuchsbeginn bereits vorhandenen Pflanzen nicht eingeschlossen. Wenn man weiß, daß die etwa 60 Tsd. zu Versuchsbeginn vorhandenen Pflanzen auf der Kahlfläche (1.3) im Herbst 1981 fast alle noch anzutreffen sind, wird man das Augenmerk verstärkt auf die zum Zeitpunkt der Auflichtung bereits vorhandenen Pflanzen richten und die Eingriffe so wählen, daß ein möglichst hoher Grundbestand an Naturverjüngungspflanzen vor einer stärkeren Auflichtung zur Verfügung steht. Dabei wird man beachten müssen, daß die größte Ansamung an Naturverjüngungspflanzen nicht bei einer Überschirmung von 40% stattfindet, sondern bei sehr viel höheren Überschirmungsgraden. So fanden MAYER, SCHENKER und ZUKRIGL (1972) im Urwaldrest Neuwald beim Lahnsattel ein Ansamungsoptimum bei mittleren Schluß- und Belichtungsgraden von 75 bis 90%. Erst wenn eine ausreichende Ansamung stattgefunden hat, ist es demnach zweckmäßig, den angesamten Pflanzen durch eine kräftigere Auflichtung auch gute Überlebenschancen einzuräumen. Die vorgefundene Optimumbeziehung kann bei der Wahl des Auflichtungsgrades nur ein Hinweis sein. Sie kann keinesfalls verallgemeinert werden, da es gut denkbar ist, daß die einzelnen Baumarten spezifische Optimalbereiche haben. Die von BRECHTEL (1962) in Lücken festgestellte Zunahme der Kiefern sämlinge mit der relativen Beleuchtungsstärke ist ein Hinweis darauf.

Für die Erarbeitung von baumartenspezifischen waldbaulichen Behandlungsmethoden, die diese Zusammenhänge berücksichtigen, sind Versuche notwendig, die unter natürlichen Bedingungen angelegt werden. Untersuchungen, die in künstlich angelegten Saatbeeten durchgeführt werden (z.B. LUFT, 1973), die das unterschiedliche Samenangebot vernachlässigen, sind dazu nicht geeignet bzw. sogar irreführend. Nur die Nichtbeachtung des unterschiedlichen Samenangebotes kann SCHMIDT-VOGT (1972) zu dem Schluß geführt haben, daß in einem breiten Auflichtungsbereich die Naturverjüngung von Buche, Tanne und Fichte durch Hiebseingriffe zur Feinregulierung des Faktors Licht (rel. Beleuchtungsstärke als Ausdruck der Überschirmung) räumlich und zeitlich nicht gesteuert werden kann.

Neben der Pflanzendichte ist auch das Sproßlängenwachstum, wie in der vorliegenden Untersuchung für die Fichten der Keimjahrgänge 1977 und 1978 sowie für die Ahornpflanzen des Keimjahrganges 1978 gezeigt werden konnte, eindeutig vom Grad der Überschirmung durch den Altbestand abhängig. Die Zunahme des Sproßlängenwachstums mit steigender Auflichtung ist eine allgemein bekannte Erscheinung, die in einer Vielzahl von Veröffentlichungen beschrieben wird (FABRICIUS, 1929; BRECHTEL, 1962; BURSCHEL und SCHMALTZ, 1965 a; HEISIG und THOMASIUS, 1968; PREUHLER, 1979; SORG, 1980; HOHENADL, 1981). Unter dem Altholzschirm ist das Wachstum stark re-

duziert, wie PREUHLER (1979) anhand der Wachstumsgänge von Zweigenerationenbäumen eindrucksvoll aufzeigen konnte. Auch KOCH (1968) berichtete von extrem niedrigen Höhenzuwachsrate eines Tannenunterständers, der im Alter 70 noch nicht höher als 6 m war. Ebenso benötigten Fichten, die LÖW (1975) im Werdenfelser Land untersuchte, und die vermutlich ebenfalls unter Schirm aufgewachsen waren, im Durchschnitt 50 Jahre, um 1,30 m hoch zu werden. Dieses stark eingeschränkte Höhenwachstum unter dem Altholzschirm kam erwartungsgemäß auch in der vorliegenden Untersuchung zum Ausdruck. Dagegen überraschte, daß zumindest das Wachstum der Fichtennaturverjüngungspflanzen nicht stärker nach dem Auflichtungsgrad differenziert war. So unterschied sich bei der Fichte, Keimjahrgang 1977, die Höhe nach 5 Jahren auf den dicht beschirmten Partien der Parzellen (rel. Beleuchtungsstärke etwa 10%) nur um 3 - 4 cm von den Höhen auf den lichtesten Stellen (rel. Beleuchtungsstärke etwa 70% in der Lückenmitte). Dabei ist allerdings zu bedenken, daß zumindest in den letzten Jahren den Verjüngungspflanzen auf der Lochfläche infolge des Lichtentzugs durch die Bodenvegetation nicht mehr das volle Lichtangebot von 70% zur Verfügung stand. Eine deutlichere Reaktion auf die Überschirmung durch den Altbestand zeigte dagegen der Ahorn. Der Unterschied in der Höhe der 1978 gekeimten Ahornpflanzen zwischen dunkelster und hellster Stelle der Parzelle betrug nach 4 Jahren immerhin etwa 45 cm (s. Abb. 52, S. 221).

Man wird davon ausgehen müssen, daß im Bergmischwald die Sproßlängenentwicklung der Naturverjüngungspflanzen mit Ausnahme von Ahornpflanzen, die sich auf genügend hellen Stellen angesiedelt haben, selbst unter günstigen Voraussetzungen sehr langsam vonstatten geht (für die Tannen- und Buchenpflanzen war den wenigen vorliegenden Meßwerten die gleiche Tendenz zu entnehmen). Darauf hatten bereits BURSCHEL et al. (1977) hingewiesen. Das Wachstum geht um einiges langsamer voran als RAUSCH (1975) annahm; RAUSCH rechnete damit, daß die Pflanzen (v.a. Fichten) im Bergmischwald im Durchschnitt etwa 6 Jahre brauchen, um 20 cm hoch zu werden. Dies dürfte den vorliegenden Ergebnissen zur Folge nur in Ausnahmefällen zutreffen (s. Tab. 59, S. 228); im Durchschnitt waren die Fichten auf den Lochhiebparzellen nach fünf Jahren unter günstigen Verhältnissen gerade etwa 9 - 11 cm hoch (s. Abb. 40 a und b, S. 197). Dieses langsame Sproßlängenwachstum scheint ein Charakteristikum von Fichtennaturverjüngungspflanzen zu sein, denn PLATE (1975) fand am Außensaum eines Fichtenverjüngungsbestandes im Mittelgebirge auf 500 m über NN, also unter klimatisch wesentlich günstigeren Bedingungen als im Bergmischwald,

vierjährige Fichtenpflanzen, die ebenfalls kein rasches Wachstum an den Tag gelegt hatten; sie hatten nach vier Jahren eine Sproßlänge von 15 cm erreicht.

Auf eine interessante Beobachtung sei noch hingewiesen: beim Ahorn des Keimjahrganges 1980 war eine deutliche Differenzierung des Sproßlängenwachstums nach der Überschirmung des Altbestandes, wie sie beim Ahorn des Keimjahrganges 1978 festgestellt wurde, nicht mehr nachzuweisen. Die sich üppig entwickelnde Bodenvegetation auf der Lochfläche überlagerte den Überschirmungseffekt des Altbestandes und reduzierte das Sproßlängenwachstum der 80er Ahornpflanzen drastisch. Es ist danach sehr wahrscheinlich, daß alle Pflanzen, die ab 1980 auf der Lochfläche ankamen, in ihrer Sproßlängenentwicklung, infolge der Überschirmung durch die Bodenvegetation, stark gebremst wurden.

Nach allem bleibt festzuhalten, daß sich die Überschirmung durch den Altbestand als von überragender Bedeutung für die Dichte, für die Verteilung, und in den ersten Versuchsjahren auch für die Höhenentwicklung der Naturverjüngungspflanzen erwiesen hat. Damit ist durch eine Steuerung der Überschirmung eine waldbauliche Einflußnahme auf das Verjüngungsgeschehen möglich.

Bodenvegetation

In der vorliegenden Untersuchung wurde deutlich, daß äußerst komplexe Beziehungen zwischen Bodenvegetation, Naturverjüngung und Überschirmung bestehen, die zudem noch von Standortseinflüssen überlagert werden. Eine vollständige Aufklärung dieses Wirkungsgefüges war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich; dies wäre nur mit Hilfe einer umfangreichen modifizierten Versuchsanlage zu erreichen gewesen (s. hierzu Kap. 5.1). Trotzdem gewähren die erzielten Ergebnisse zumindest einen Einblick in dieses komplexe Wirkungsgefüge.

Für eine Analyse dieses Wirkungsgefüges wird es, der Betrachtungsweise von SORG (1980) folgend, als sinnvoll erachtet, zwischen einer passiven und einer aktiven Rolle der Bodenvegetation im Naturverjüngungsgeschehen zu unterscheiden.

Mit passiver Rolle der Bodenvegetation wird dabei die Tatsache umschrieben, daß die Bodenvegetation den Standort charakterisiert (Bodenvegetation als Standortzeiger), und insofern wertvolle Hinweise auf die für die Verjüngung günstigen Bedingungen geben kann. In der vorliegenden Untersuchung kommt diese passive Rolle in der unterschiedlichen Vegetationszusammensetzung der vier Lochhiebparzellen zum Ausdruck. Aus dem verstärkten Auftreten von Hochstauden auf den hochgelegenen Lochhiebparzellen kann man bereits auf ungünstige Verjüngungsverhältnisse schließen; dagegen läßt die Vegetationszusammensetzung auf den tiefer

gelegenen Parzellen erkennen, daß die Verjüngungsverhältnisse wesentlich besser zu beurteilen sind (s. MAYER, 1974). Weiterreichende Interpretationen der Pflanzendecke auf den Lochhiebsparzellen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Verjüngungsverhältnisse sollen hier nicht vorgenommen werden, zumal sich gezeigt hat, daß sich der Gesamtbedeckungsgrad durch die Bodenvegetation und auch der Bedeckungsgrad der einzelnen Arten im Untersuchungszeitraum in Abhängigkeit von der Überschildung sehr stark verändert haben. Dazu kommt, daß die Naturverjüngungspflanzendichten großen Schwankungen unterworfen waren. Eine Analyse der Naturverjüngungssituation, die sich auf die passive Rolle der Bodenvegetation stützt (z.B. MAYER, 1963 b), muß diese dynamischen Prozesse immer im Auge behalten. Eine solche Analyse kann auch immer nur zu Aussagen führen, die lauten: bestimmte Arten der Bodenvegetation sind ständige Begleiter der Naturverjüngung, andere sind negativ mit der Verjüngung verbunden, wieder andere verhalten sich indifferent (SORG, 1980). Kausalanalytische Schlüsse, die eine direkte Einwirkung der Bodenvegetation auf die Naturverjüngung ableiten dürfen - auch wenn die Versuchung groß ist (s. MAYER, 1963 b) - aus diesen Befunden nicht gezogen werden. Dies bleibt experimentellen Arbeiten vorbehalten.

Durch experimentelle Ansätze läßt sich die aktive Rolle der Bodenvegetation, d.h. der direkte Einfluß der Bodenvegetation auf die Keimung und Entwicklung der Naturverjüngungspflanzen aufklären. In der vorliegenden Arbeit konnte allerdings nur eine einzige direkte Wirkung - dafür aber eine sehr bedeutsame - experimentell nachgewiesen werden, und zwar die bereits oben erwähnte Reduktion des Sproßlängenwachstums bei den Ahornpflanzen des Keimjahrganges 1980 auf den von der Bodenvegetation dichter bewachsenen Teilen der Lochhiebsparzellen I und II (s. Abb. 55, S. 225). Während die Ahornpflanzen des Jahrganges 1978, die ohne starke Vegetationskonkurrenz aufwuchsen, in der Mitte der Lücke nach zwei Jahren etwa eine Höhe von 19 cm erreicht hatten, waren die Ahornpflanzen des Keimjahrganges 1980, die mit einer üppig sich entwickelnden Bodenvegetation konkurrieren mußten, nach zwei Vegetationsperioden infolge des Lichtentzugs in der Lückenmitte nur 10 cm hoch, also nur etwa halb so groß wie die zweijährigen 78er Ahornpflanzen.

Ein Vergleich dieses Ergebnisses mit denen anderer Untersuchungen gestaltet sich schwierig, da in diesen Untersuchungen zumeist mit anderen Baumarten (Fichte, Kiefer, Douglasie, Eiche, Buche), anderen Meßkriterien (Gesamtrockengewicht) und einer anderen Versuchsanordnung (Beseitigung der Bodenvegetation) gearbeitet wurde. Man kann diesen Untersuchungen jedoch entnehmen, daß zwei andere, auch im Bergmischwald vertretene Baumarten, die Fichte (s. HUSS, 1978; HEISEKE, 1969)

und die Buche (s. BURSCHEL und SCHMALTZ, 1965 b; HUSS und STEPHANI, 1978) stark unter der Unkrautkonkurrenz leiden. Auch wirkt sich, diesen Untersuchungen zufolge, die Konkurrenz durch die Bodenvegetation nicht so sehr auf die Sproßlänge, sondern vielmehr auf den Sproßdurchmesser bzw. auf das Gesamtrockengewicht der Forstpflanzen aus (z.B. HUSS, 1978). Die Erfassung dieser Parameter hätte vermutlich noch deutlichere Differenzen zwischen den zweijährigen 78er Ahornpflanzen und den zweijährigen 80er Ahornpflanzen in der Lückenmitte zu Tage gefördert.

In der vorliegenden Untersuchung deuteten sich einige weitere Zusammenhänge zwischen Bodenvegetation und Naturverjüngung an, die aber nicht experimentell abgesichert werden konnten.

So ergab sich auf der Lochhiebsparzelle II ein Hinweis darauf, daß die Ansamung der 81er Fichtenpflanzen durch die Bodenvegetation geringfügig behindert wurde. Wurden im Jahr 1977 auf den ersten drei Entfernungsstufen noch 29% aller zugegangenen 77er Fichtenpflanzen registriert, so waren es im Jahr 1981 nur mehr 18% aller 81er Fichtenpflanzen. Ein Hängenbleiben der Samen in der Bodenvegetation, wie es SCHÖNENBERGER (1978) in seinen Untersuchungen annahm, könnte auch hier eine Rolle gespielt haben. Auch MAYER (1963 b) ist der Ansicht, daß die im Winter vom Schnee zusammengedrückte Bodenvegetation ein mechanisches Hindernis für die Ansamung bietet; auch soll nach MAYER die "auffallende Verschimmelung" ein ungünstiges Keimbett schaffen.

Auf der anderen Seite ist es doch erstaunlich, daß in der Lückenmitte bei einer dichten Bodenvegetation (Bedeckungsgrade an die 100%) überhaupt noch Keimlinge auflaufen können, wie aus den in Tab. 47 auf S. 209 angegebenen Werten hervorgeht. Auch BURSCHEL et al. (1977) fanden in ihren Untersuchungen, daß selbst bei hohen Bedeckungsgraden der Bodenvegetation immer noch Keimlinge anzutreffen sind. Sie zogen daraus den Schluß, daß die Verjüngung zumindest in der Initialphase durch die Bodenvegetation keine wesentliche Beeinträchtigung erfährt.

Geht man davon aus, daß nur ein bescheidener Einfluß der Bodenvegetation auf das Auflaufen der Keimlinge besteht, so ist doch eine wesentlich gravierendere Auswirkung der Bodenvegetation auf die Überlebenschance der Naturverjüngungspflanzen wahrscheinlich. In der Tat war auf den hochgelegenen Lochhiebsparzellen festzustellen, daß auf der dicht bewachsenen Lochfläche sehr viel mehr Fichtenpflanzen des Keimjahrganges 1977 abgingen als am Bestandesrand, der von einer weniger

dichten Bodenvegetation bedeckt wurde (s. Tab. 37, S. 190). Welchen Anteil daran, neben der langen Schneelage und den günstigen Entwicklungsbedingungen für den Schneeschimmel auf der Lochfläche, die Zusammensetzung der Bodenvegetation hat, kann mit Sicherheit nicht gesagt werden. MAYER (1963 b) vermutet jedenfalls, daß die wettbewerbsfähigen Hochstauden (die ja auf den Lochhiebparzellen III und IV stark vertreten waren) verdämmend wirken und durch Masseneffekt eine erfolgreiche Entwicklung des Anflugs nicht zulassen.

Den experimentellen Nachweis, daß eine starke Unkrautvegetation einen erheblichen Teil von Fichtennaturverjüngungspflanzen bereits im Jahr des Auflaufens und in der ersten Winterperiode zum Absterben bringen kann, konnte PLATE (1975) führen. Auch in der Untersuchung von HEISEKE (1969) traten die größten Verluste an den Fichtenpflanzen in der ersten Vegetationsperiode auf den Parzellen auf, auf denen die Bodenvegetation (Gras) nicht beseitigt worden war. Man wird also davon ausgehen müssen, daß junge Pflanzen durch eine dichte Bodenvegetation in ihren Überlebenschancen beeinträchtigt werden. Ein Hinweis darauf, daß auch ältere Pflanzen durch die Bodenvegetation zum Absterben gebracht werden, ergab sich in der vorliegenden Untersuchung nicht. Damit spielt es, wie bereits RAUSCH (1979) feststellte, eine große Rolle, ob die Naturverjüngung vorhanden war, bevor sich die Bodenvegetation entwickelte oder ob sie erst später ankam. Etablierte ältere Pflanzen, die einen Wettbewerbsvorteil vor der Bodenvegetation haben, werden in ihren Überlebenschancen und ihrem Wachstum durch die Bodenvegetation nicht mehr ernsthaft beeinträchtigt.

Schadfaktoren

Der gravierendste Schadfaktor der Naturverjüngung, der Wild- und Weideeinfluß, war auf den Lochhiebparzellen ausgeschaltet. Nur vor diesem Hintergrund haben die erzielten Ergebnisse Gültigkeit. Dieser Einschränkung kommt eine überragende Bedeutung zu; denn einer umfangreichen Literatur kann man entnehmen, daß der gesamte Verjüngungsprozeß von Wild- und Weideeinfluß überlagert werden kann.

(MAGIN, 1949; OBERDORFER, 1951; FISCHBACHER, 1956; JOBST, 1962; EIBERLE und KLÖTZLI, 1968; PLOCHMANN, 1969; MEISTER, 1969 a und b, 1972; AGER, 1970; EIBERLE, 1970; WICHMANN, 1972; SCHAUER, 1972, 1973; MAYER, 1972, 1973, 1975 a, 1975 b, 1975 c, 1981; ECKHART, 1973; LEIBUNDGUT, 1973; FORSTER und SLEIK, 1974; BURSCHEL, 1975, 1976, 1977; RAUSCH, 1975; HILLGARTNER, 1976; METTIN, 1977; BURSCHEL, LÖW und METTIN, 1977; SCHREYER und RAUSCH, 1978; FEIL, 1980; KUEN und BUBENIK, 1980 a, 1980 b; LAEPPLÉ, 1980; SCHWAB, 1980; WEIS, 1980)

Die Literaturdurchsicht läßt einen zu dem Schluß kommen, daß eine Diskussion über das geeignete waldbauliche Verjüngungsverfahren erst dann sinnvoll wird, wenn zuvor die Wild- und Weidefrage im Bergmischwald gelöst wird.

Neben dem Wild- und Weideeinfluß fallen die anderen Schadfaktoren nicht ins Gewicht. Sie können die Naturverjüngung allenfalls behindern, aber niemals vollständig ausschalten.

Als ein derartiger Schadfaktor werden die Mäuse angesehen, deren Einfluß auf die Naturverjüngung BAUMLER und HOHENADL (1980) nachgewiesen haben, und von denen angenommen werden kann, daß sie auch auf den Lochhiebparzellen im Jahr 1978 die Zugänge an Naturverjüngungspflanzen mitbestimmt haben.

Auffällig war auch ein weiterer Schadfaktor: der schwarze Schneeschimmel (*Herpotrichia nigra*), der auf den hochgelegenen Lochhiebparzellen sehr stark auftrat, und einen Großteil der dort im Jahr 1977 gekeimten Fichten zum Absterben brachte. Die lange Schneebedeckung auf den hochgelegenen Parzellen begünstigte die Entwicklung des Schneeschimmels. Besonders auf der Lochfläche, wo der Schnee am längsten liegen blieb, wurden die Fichtenpflanzen von dem Pilz infiziert. Dies entspricht den Beobachtungen SCHRENKERS (1981), der im Alp-Aufforstungsgebiet Hochschelpen einen starken Pilzbefall der Forstpflanzen in Mulden mit einer langen Schneebedeckung feststellte.

Eine aktive Einwirkung von Schneedruck oder Schneeschub konnte auf keiner der vier Lochhiebparzellen verzeichnet werden. Bei Kontrollaufnahmen der Versuchsparzellen sofort nach der Schneeschmelze wurden nahezu alle Naturverjüngungspflanzen noch lebend angetroffen. Vom Schnee aus dem Boden herausgerissene Naturverjüngungspflanzen wurden nie gefunden. Allenfalls waren vom Schnee umgedrückte Pflanzen vorhanden, die - im Falle, daß sie vom Schneeschimmel infiziert waren - bis zum Frühsommernaufnahmetermin eingingen. Nicht infizierte Pflanzen erholten sich in der Regel bis zum Frühsommernaufnahmetermin wieder.

Für diesen Befund, daß sich der Schnee kaum direkt auf die Ausfälle an Naturverjüngungspflanzen auswirkt, gibt es zwei mögliche Erklärungen. Die untersuchten Naturverjüngungspflanzen waren noch so klein und die Stämmchen noch so biegsam, daß sie dem Schnee keinen Widerstand entgegensetzten, und der Schnee somit

keinen Schaden anrichten konnte. Oder aber: in der montanen Stufe spielen Schneedruck und Schneeschub noch nicht die überragende Rolle wie in der subalpinen Stufe (s. SCHÖNENBERGER, 1978).

Bodenbearbeitung

Wie in einer Reihe anderer Arbeiten (HEISEKE, 1969; PLATE, 1975; van LAAR, 1980; HOHENADL, 1981; FARROKHPUR, 1981) ergab sich auch in der vorliegenden Untersuchung, daß die Dichte der Fichtennaturverjüngungspflanzen durch eine Bodenbearbeitung erhöht werden kann. Dieses Ergebnis besagt nun nicht, daß die Bodenbearbeitung als eine praktikable Maßnahme bei der Verjüngung des Bergmischwaldes ins Auge gefaßt werden müßte. Ganz im Gegenteil: ein Blick auf die Dichte der Fichtenpflanzen auf den unbearbeiteten Probekreisen (Tab. 37, S. 190) zeigt, daß auch hier die Bedingungen für das Ankommen gut gewesen sein müssen, da ein ausreichendes Potential an Fichtennaturverjüngungspflanzen sich einstellen konnte; eine Verbesserung des Keimbettes braucht deshalb nicht vorgenommen zu werden.

6.42 Die weitere Entwicklung der Naturverjüngung

Vor dem Hintergrund der Entwicklung der Naturverjüngung in den letzten Untersuchungsjahren soll der weitere Verlauf der Naturverjüngung auf den Lochflächen der vier Parzellen prognostiziert werden.

Es ist anzunehmen, daß auch in Zukunft auf den Lochflächen, trotz einer dichten Bodenvegetation immer wieder neue Keimlinge auftauchen werden, da die Altbestände weiterhin beständig Samen produzieren und diese Samen auf vegetationsfreie Stellen gelangen werden, wo sie fußfassen können. Allerdings ist damit zu rechnen, daß diese hinzukommenden Keimlinge keine großen Überlebenschancen haben, und selbst wenn sie überleben sollten, werden sie in ihrem Wachstum infolge des Lichtentzugs durch die Bodenvegetation stark eingeschränkt. Man wird also annehmen können, daß im wesentlichen die im Jahr 1981 etablierten Naturverjüngungspflanzen den neuen Bestand bilden werden. Von den im Herbst 1981 vorhandenen Pflanzen hat auf allen Parzellen der Ahorn die besten Chancen durchzuwachsen, die Bodenvegetation allmählich zurückzudrängen und am Aufbau eines neuen Altbestandes beteiligt zu sein. Die Buche wird sich auf der Parzelle I sicherlich vereinzelt halten können; auf der Parzelle II sind dagegen ihre Aussichten aufgrund der sehr geringen Anzahl schlecht. Auf den Parzellen III und IV ist mit der Buche in einem künftigen Bestand nicht zu rechnen. Auf der Lochfläche der Parzelle I wird sich vermutlich neben dem Ahorn in geringem Umfang die Tanne durchsetzen können, und nur auf der Lochfläche der Parzelle II die Fichte.

Auf den Parzellen III und IV werden nur ganz allmählich und ganz vereinzelt Fichten und Tannen hochkommen.

Auf allen Parzellen wird man mit sehr langen Verjüngungszeiträumen rechnen müssen.

Da es bisher vergleichbare langjährige Beobachtungen über die Entwicklung der Naturverjüngung in Wirtschaftswäldern nicht gibt (was übrigens dafür spricht, daß die hier begonnenen Untersuchungen unbedingt fortgesetzt werden müssen), kann die aufgezeigte hypothetische Entwicklung nicht durch Angaben aus der Literatur untermauert werden. Die von KORPEL (1971) vorgenommenen retrospektiven Analysen von Naturverjüngungen in Gruppen oder Trupps können das Geschehen in der allerersten Verjüngungsphase nicht genügend erhellen, und können deshalb zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht zum Vergleich herangezogen werden. Untersuchungen, die das Augenmerk auf die Dynamik von Wäldern und hier besonders auf die Initialphase der Verjüngung richten, wurden bislang zumeist in Urwäldern oder Naturwäldern durchgeführt (NEUMANN, 1979). Da hier die Verjüngung auf Moderholz eine große Rolle spielt (z.B. EICHRODT, 1970; ZUKRIGL, 1980; UEBELHÖR, 1983), die in der vorliegenden Untersuchung durch die Holzernte praktisch ausgeschaltet war, können die Ergebnisse der Natur- und Urwalduntersuchungen in dieser Beziehung nicht auf den Wirtschaftswald übertragen werden. Trotzdem haben gerade die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Lochhiebe eine große Ähnlichkeit mit den in Natur- oder Urwäldern durch Windwurf verursachten Bestandeslücken (s. SPURR und BARNES, 1973; WHITTAKER und LEVIN, 1977). Es müßte demnach möglich sein, die für Bestandeslücken in Natur- oder Urwäldern erarbeiteten Methoden auch auf die Verhältnisse auf Lücken im Wirtschaftswald anzuwenden. Dabei wäre an die Beschreibung der stochastischen Prozesse mit Hilfe von Markov-Ketten (RUNKLE, 1981) oder mit Hilfe von Simulationsmodellen zu denken, die die Biologie der Arten und die Umwelt berücksichtigen (DOYLE, 1981). All dies wird jedoch späteren Arbeiten vorbehalten sein.

6.43 Die Beurteilung der Naturverjüngung

Könnte man nach den mitgeteilten Zahlen über die Dichte der Naturverjüngungspflanzen im Herbst 1981 noch glauben, die Verjüngung der Lochhiebparzellen sei ausreichend, so muß man spätestens nach der im letzten Abschnitt aufgezeigten weiteren Entwicklung konstatieren, daß die Naturverjüngung auf allen vier Parzellen gescheitert ist. Auf keiner der vier Parzellen ist auf der Lochfläche in absehbarer Zeit ein flächendeckender gemischter Jungwuchs zu erwarten. Noch am

günstigsten ist die Situation auf der Lochhiebpazelle I zu beurteilen, denn hier steht eine etwas größere Anzahl an Pflanzen zur Verfügung, die zu Versuchsbeginn bereits vorhanden war, und ordentlich losgewachsen ist. Allerdings wird hier der Ahorn in Kürze das Feld vollständig beherrschen. Auf der Parzelle II wird es noch sehr lange dauern, bis die Naturverjüngungspflanzen über der dichten Bodenvegetation in Erscheinung treten. Gemessen an den Pflanzendichten der benachbarten Schirmhiebpazellen (s. Abb. 57) schneiden die Lochhiebpazellen I und II sehr schlecht ab. Sogar die Kahlhiebpazelle, auf der allerdings ca. 60 Tsd. ältere, bei Versuchsbeginn vorhandene Pflanzen stocken, weist bessere Verjüngungsverhältnisse auf. Auf den Pazellen III und IV ist schon jetzt die Naturverjüngung sehr lückig. Den schlechten Eindruck der Naturverjüngung auf diesen beiden Pazellen können auch die wenigen Ahornpflanzen, die den Kampf mit der Bodenvegetation für sich entschieden haben, nicht verändern.

7. DIE PFLANZUNG AUF DEN LOCHHIEBPARZELLEN

7.1 Die künstliche Verjüngung im Bergmischwald

Wie man den Ausführungen in Kap. 2.211 entnehmen kann, hat es im Bergmischwald schon sehr früh Ansätze zu einer großangelegten Kulturtätigkeit gegeben. Besorgt über das Überhandnehmen der unbestockten Flächen in den Salinenforsten hatte bereits im Jahr 1775 der Traunsteiner Salzmaier Wilhelm Freiherr von PECHMANN sein berühmt gewordenes "Cultur pro Memoria" an die Hofkammer für Reichenhall und Traunstein gerichtet, in dem er die Wiederbewaldung der Kahlfächen unter Zuhilfenahme der künstlichen Verjüngung forderte (v. BÖLOW, 1962). Dieses Kulturmemorandum bewirkte, daß die künstliche Verjüngung Eingang in den Bergwald fand, der bis dahin ausschließlich natürlich verjüngt wurde. Ab dem Ende des 18. Jahrhunderts wurde in den Sudwäldern verstärkt Gebrauch von der Kunstverjüngung gemacht. Ihren Höhepunkt erreichte die künstliche Verjüngung in diesen Wäldern etwa Mitte des 19. Jahrhunderts. Zu Anfang der Kulturtätigkeit wurde fast ausschließlich gesät; Pflanzungen wurden nur in Ausnahmefällen angelegt, etwa zur Einbringung seltener Baumarten oder zur Bestockung schwieriger, meist verunkrauteter Standorte. Die Saat war bis 1890 vorherrschend, danach setzte sich die Pflanzung durch (v. BÖLOW, 1962). Die Entwicklung ausgefeilter Naturverjüngungsmethoden Ende des 19. Jahrhunderts führte dazu, daß die künstliche Verjüngung im Gebirge wieder in den Hintergrund trat. Erst als die Erfolge mit diesen Verjüngungsmethoden ausblieben, mußte zwangsläufig der Pflanzung wieder ein etwas breiterer Raum eingeräumt werden. Anfang des 20. Jahrhunderts wurden die künstliche und natürliche Verjüngung im Bergmischwald kombiniert. Im Falle, daß die erwartete Ansamung ausblieb, sollte unverzüglich gepflanzt werden, und zwar noch unter dem Schirm des Altbestandes (REBEL, 1922).

An diesen Grundsätzen hat sich bis heute in den bayerischen Bergmischwäldern nichts geändert. Die künstliche Verjüngung des Bergmischwaldes wird in erster Linie dort eingesetzt, wo die natürliche Verjüngung ausbleibt. Daneben soll sie in Beständen angewandt werden, in denen die Verjüngung drängt oder in denen die Mischbaumarten fehlen (BAYER. STAATSMIN., 1982).

Auch außerhalb Bayerns spielt heute die künstliche Verjüngung eine wichtige Rolle im Gebirgswaldbau. So wird in der Schweiz bei der Verjüngung der bestehenden Bestände die Pflanzung wieder vermehrt eingesetzt, selbst bei einer Verjüngungsform wie dem Femelschlag, die sich durch verhältnismäßig kleine Verjüngungsflächen auszeichnet (SURBER, 1964). Auch in Österreich hat die künstliche Waldverjüngung einen hohen Stellenwert. In den Hochlagen, wo die natürliche

Verjüngung Schwierigkeiten bereitet, muß in der Regel mit der Pflanzung gearbeitet werden (RIEDL, 1964).

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der künstlichen Verjüngung im Gebirge wurde auch im Forschungsprojekt "Bergmischwald" der Pflanzung ein breiter Raum eingeräumt. Auf allen Versuchspartellen dieses Forschungsvorhabens war zu Versuchsbeginn ein eigenes Pflanzungsareal ausgespart worden, das mit den fünf Baumarten Fichte, Tanne, Lärche, Buche und Bergahorn systematisch bepflanzt wurde. Die Ergebnisse der Pflanzenaufnahme nach fünf Vegetationsperioden (1977 - 1981) wurden vor kurzem von GROSSE (1983) vorgelegt. Nicht in GROSSEs Arbeit enthalten sind die Aufnahmeergebnisse der auf den vier Lochhiebpardellen angelegten Pflanzungen. Diese Ergebnisse werden nun hier vorgetragen. Dazu muß vorweg bemerkt werden, daß die Aufnahmen der Pflanzung auf den Lochhiebpardellen bei weitem nicht so umfangreich waren wie die von GROSSE, auf den übrigen Versuchspardellen durchgeführten Aufnahmen. Auf den Lochhiebpardellen lag der Schwerpunkt eindeutig auf der Untersuchung der ökologischen Verhältnisse, der Bodenvegetation und der natürlichen Verjüngung. Der an der künstlichen Verjüngung im Bergmischwald interessierte Leser wird deshalb ausdrücklich auf die Untersuchung von GROSSE (1983) hingewiesen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte die Pflanzung nicht so ausführlich behandelt werden, wie dies angesichts ihrer großen Bedeutung im künstlichen Femelschlag wünschenswert gewesen wäre.

7.2 Die Anlage der Pflanzungen und die Pflanzenaufnahmen

Auf den Lochhiebpardellen waren, wie in Abb. 5 dargestellt, kreuzförmig angeordnete, 2 m breite Streifen für die Pflanzung reserviert worden. Diese Streifen wurden in 10 Teilbereiche (= 10 Kleinpardellen) gegliedert. Jede Kleinpardelle hatte die Abmessungen 8 m x 2 m. Die beiden in der Lückenmitte gelegenen Kleinpardellen wurden, bedingt durch den Flächenbedarf der meteorologischen Station, in jeweils zwei 4 m lange und 2 m breite Stücke aufgeteilt. Jededer 10 Kleinpardellen wurde mit einer Baumart bepflanzt, und zwar zwei Kleinpardellen mit Fichte, zwei mit Tanne, zwei mit Lärche, zwei mit Buche und zwei mit Bergahorn. Jede Baumart sollte einmal auf dem senkrechten und einmal auf dem waagrechten Streifen vertreten sein; innerhalb des Streifens wurden die Baumarten den Kleinpardellen nach dem Zufallsprinzip zugeordnet. Auf jeder Kleinpardelle wurden 64 Pflanzungen ausgebracht, und zwar im Pflanzverband 0,5 m x 0,5 m; es ergaben sich vier Pflanzreihen mit jeweils 16 Pflanzungen.

Die Kleinpardellen wurden mit dem im Tab. 60 aufgeführten in der Praxis üblichen Pflanzmaterial bepflanzt. Die vierjährigen Fichten hatten eine mittlere Sproßlänge von 33 cm; der mittlere Sproßbasisdurchmesser dürfte mindestens 7 mm betragen haben (nachdem im Herbst 1977 ein mittlerer Sproßbasisdurchmesser von 9 mm ermittelt wurde); damit würden die Fichten in der Mitte des von SCHMIDT-VOGT (1961) angegebenen Beurteilungsrahmens gelegen haben, was auf eine normale Qualität der Fichtenpflanzungen schließen läßt. Auch die Tannen, Lärchen und Ahorne wiesen hinsichtlich der Qualität keine Besonderheiten auf. Dagegen wurden die Buchenwildlinge als qualitativ ausgesprochen minderwertig eingestuft. Aufgrund der lange

zurückliegenden Buchenmast war jedoch kein besseres Pflanzmaterial zu bekommen.

Baumart	Alter (Jahre)	Größe der Pflanzen	Pflanzgarten	Herkunft
Fichte	2 + 2	(25/50) cm	Laufen	Partenkirchen/ Reit i. Winkl, 900 - 1.300 m
Tanne	2 + 4	(20/40) cm	Laufen	Höhenlage über 900 m
Lärche	2 + 0	(15/30) cm	Laufen	
Buche	Wildlinge			FOA Zwiesel, Bayerischer Wald
Bergahorn	1 + 0	(40/60) cm	Grafrath	Marquartstein

Tab. 60: Das verwendete Pflanzenmaterial (aus GROSSE, 1983).

Im Herbst 1977 wurde auf jeder Kleinpardelle die Sproßlänge und der Sproßlängenzuwachs von jeweils 5 unbeschädigten Pflanzungen im Zentrum jeder Kleinpardelle ermittelt. An diesen Pflanzungen wurde auch der Sproßbasisdurchmesser, der ein guter Biomassenindikator ist, in 1 cm Höhe über dem Boden gemessen. Im Herbst 1981 wurden wiederum die Sproßlänge, der Sproßlängenzuwachs und der Sproßbasisdurchmesser, diesmal allerdings an 10 Pflanzungen im Zentrum einer jeden Kleinpardelle bestimmt. Außerdem wurden im Herbst 1981 alle noch lebenden Pflanzungen registriert.

Zur Charakterisierung der ökologischen Situation wurde die relative Beleuchtungsstärke im Sommer 1981 an den vier Ecken einer jeden Kleinpardelle mit Luxmetern gemessen.

Die Auswertung der erhobenen Daten zeigte, daß die Pflanzenparameter Sproßlänge, Sproßlängenzuwachs und Sproßbasisdurchmesser innerhalb einer Kleinpardelle sehr hohe Variationskoeffizienten aufwiesen. Ein Großteil dieser Variation war mit Sicherheit auf die erheblichen Unterschiede in der relativen Beleuchtungsstärke innerhalb einer Kleinpardelle zurückzuführen. Die Zusammenhänge zwischen Beleuchtungsstärke und den Pflanzenparametern auf jeder einzelnen Lochhiebpardelle konnten jedoch nicht aufgezeigt werden, da die Versuchsanlage darauf nicht eingerichtet war. Die beiden Kleinpardellen deckten nicht den gesamten, auf einer Lochhiebpardelle vorkommenden Beleuchtungsstärkebereich ab, oftmals lagen beide Kleinpardellen unter dem Bestandesschirm oder beide auf der Lochfläche. Es blieb demnach nichts anderes übrig als lediglich die Mittelwerte der Pflanzenparameter für jede Baumart auf jeder Kleinpardelle zusammenzustellen, um wenigstens einen Eindruck von den Größenordnungen der Pflanzenhöhen, -zuwächse und -durchmesser zu bekommen. In dieser Zusammenstellung wurde jede Kleinpardelle durch einen Beleuchtungswert, der das Mittel aus den vier Lichtmessungen darstellte, gekennzeichnet.

Mit Hilfe dieser Lichtkennwerte konnten die auf den Lochhiebpardellen I und II hergeleiteten Mittelwerte der Pflanzenparameter in die von GROSSE (1983) für diesen Standort errechneten Beziehungen eingeordnet werden. Durch Zusammenfügen der Originalmeßwerte von GROSSE (8 Mittelwerte: 2 vollbeschirmte Pardellen, 2 schwache Schirmhiebpardellen, 2 starke Schirmhiebpardellen, 2 Kahlhiebpardellen) und der eigenen Meßwerte (4 Mittelwerte: 2 Kleinpardellen der Lochhiebpardelle I, 2 Kleinpardellen der Lochhiebpardelle II) gelang es, neue Regressionsgleichungen für die Pflanzenparameter Sproßlänge, Sproßlängenzuwachs und Sproßbasisdurchmesser in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke, herzuleiten.

Diese neuen Regressionsgleichungen haben den Vorteil, daß sie auch im Beleuchtungsstärkenbereich zwischen 38% und 100%, der bei GROSSE durch keine Meßwerte abgedeckt war, als gesichert angesehen werden können.

7.3 Die Ergebnisse der Pflanzenaufnahmen

7.31 Die Zusammenstellung der auf den Lochhiebsparzellen erhobenen Pflanzenparameter

Anhand der in Tab. 61 dargestellten Mittelwerte der Pflanzenaufnahmen können die Überlebensprozente, Sproßlängen, Sproßlängenzuwächse und Sproßbasisdurchmesser der Anpflanzungen auf den vier Lochhiebsparzellen aufgezeigt werden.

Die Überlebensprozente

Die höchsten Überlebensraten hatte die Fichte. Auf allen Kleinparzellen, selbst auf denen, die etwas niedrigere Beleuchtungsstärken aufwiesen, haben 89% oder mehr der Fichten überlebt. Auch die Tanne hatte, mit Ausnahme eines Teilbereiches der Parzelle I, stets Überlebensprozente über 80%; auf der Parzelle I fielen auf der Tannenkleinparzelle auf dem stark besonnten Teilbereich 4 (s. Abb. 7 a, S. 56) sehr viele Tannenpflanzen aus.

Hohe Überlebensprozente wurden auch beim Ahorn festgestellt; mit Ausnahme des Teilbereiches 5 auf Parzelle I und des Teilbereiches 3 auf Parzelle II lagen die Überlebensprozente etwa bei 80% oder darüber.

Niedrigere Überlebensprozente wies die Lärche auf; jedoch überlebten auf den Lochhiebsparzellen I, II und III immer noch zwischen 52% und 64% der Lärchen. Lediglich auf der Parzelle IV waren mehr als 70% der Lärchen ausgefallen. Ein Grund für den starken Ausfall der Lärche auf dieser Parzelle kann nicht angegeben werden. Die Buche hatte im allgemeinen die niedrigsten Überlebensraten, was sicher mit dem minderwertigen Pflanzmaterial zusammenhängt. Auf fünf der acht Kleinparzellen waren mehr als 60% der Buchen ausgefallen. Auf drei Kleinparzellen, die jeweils die Position 9 innehatten, waren die Überlebenschancen der Buchen besser. Die Situation am Bestandesrand, die sich durch gute Lichtverhältnisse und noch gedämpften Wuchs der Konkurrenzvegetation auszeichnet, scheint den Buchenwildlingen am besten bekommen zu sein.

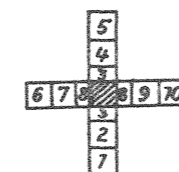
Die Sproßlängen und die Sproßlängenzuwächse

Die Fichten hatten auf allen Kleinparzellen bis zum Herbst 1981 mindestens etwa 9 cm Zuwachs geleistet und alle Fichten waren über 41 cm hoch. Angesichts des

Baumart	Lochhiebsparzelle	Teilbereich Nr. +)	rel. Beleuchtungsstärke %	Überlebensprozent	Sproßlänge 1981 cm	Sproßlängenzuwachs in 5 Jahren (1977-81) cm	Sproßbasisdurchmesser 1981 mm
Fichte	I	6	16	97	41	11	13
		1	39	94	42	12	15
	II	8	67	98	68	34	19
		5	40	91	44	11	14
III	6	33	98	44	9	11	
	3	48	92	52	16	12	
IV	6	47	95	49	16	13	
	4	56	89	46	13	11	
Tanne	I	8	76	83	62	34	18
		4	56	72	57	17	18
	II	7	45	84	60	25	16
		4	58	95	73	32	21
III	10	38	91	45	19	14	
	4	52	84	67	35	18	
IV	8	54	98	60	29	14	
	5	50	88	47	12	13	
Lärche	I	10	19	56	37	9	5
		2	62	63	66	48	9
	II	9	45	55	50	19	7
		1	18	52	39	8	5
III	7	45	64	52	25	9	
	2	42	53	52	22	7	
IV	7	54	20	48	25	6	
	3	58	27	49	24	6	
Buche	I	9	47	55	49	9	10
		3	73	31	38	8	7
	II	6	18	38	38	6	5
		2	36	28	45	4	7
III	9	48	70	31	9	6	
	5	33	39	30	2	6	
IV	9	44	86	45	9	7	
	1	23	39	36	11	6	
Ahorn	I	7	67	78	69	26	11
		5	36	70	58	14	9
	II	10	19	81	49	9	7
		3	63	61	61	28	12
III	8	48	92	118	74	17	
	1	25	87	61	29	10	
IV	10	30	92	57	16	8	
	2	38	81	81	56	11	

Tab. 61: Die Überlebensprozente, Sproßlängen, Sproßlängenzuwächse und Sproßbasisdurchmesser von gepflanzten Fichten, Tannen, Lärchen, Buchen und Ahorn nach der fünften Vegetationsperiode auf den vier Lochhiebsparzellen.

+) Teilbereiche (=Kleinparzellen) s. auch Abb. 5



Zeitraumes von 5 Jahren scheinen diese Mindestwerte, die zudem auch noch sehr häufig vorkamen, nicht sehr hoch zu liegen. Dabei gilt es jedoch zu bedenken, daß die Fichtenkleinparzellen zufällig fast alle auf ungünstigen Teilbereichen zu liegen kamen. Was die Fichte auf einer günstigeren Position zu leisten vermag, zeigt der Teilbereich 8 auf Parzelle II: hier waren die Fichten um 34 cm gewachsen und hatten eine Höhe von 68 cm erreicht.

Ein ausgesprochen gutes Wachstum hatte auf allen Parzellen die Tanne an den Tag gelegt. Die Tannen waren mindestens um 12 cm gewachsen, und hatten überall eine Höhe von wenigstens 45 cm erreicht. Bei günstigen Lichtverhältnissen erzielte die Tanne Zuwächse bis zu 35 cm (auf der hochgelegenen Parzelle III) und Sproßlängen bis zu 73 cm (auf der Parzelle II).

Auch die Lärche war überall, mit Ausnahme der Kleinparzellen, die unter dem Bestandesschirm lagen (Position 10 auf I und Position 1 auf II), ordentlich losgewachsen, und hatte in den fünf Jahren zumeist mehr als 20 cm in der Sproßlänge zugelegt. Bei hoher relativer Beleuchtungsstärke (Teilbereich 2 auf Parzelle I) leistete die Lärche nahezu 50 cm Zuwachs und erreichte eine Höhe von annähernd 70 cm.

Die geringsten Zuwächse wurden im allgemeinen an der Buche festgestellt. Aufgrund ihrer hohen Ausgangshöhen waren jedoch, mit Ausnahme auf der Parzelle III, wo allem Anschein nach sehr niedrige Buchenwildlinge gepflanzt worden waren, im Herbst 1981 stets Buchenpflanzen anzutreffen, die eine Höhe von fast 50 cm erreicht hatten.

Außergewöhnlich gut hatte sich der Ahorn entwickelt; mit Ausnahme von drei Kleinparzellen, die jedoch unter dem Bestandesschirm lagen, hatte der Ahorn stets mehr als 25 cm Zuwachs geleistet und war höher als 60 cm. Den höchsten durchschnittlichen Zuwachs mit 74 cm und die höchste durchschnittliche Höhe mit nahezu 1,20 m wies der Ahorn in der Mitte der Lochhiebpazelle III auf.

Die Sproßbasisdurchmesser

Die dicksten Stämmchen hatte nach fünf Jahren die Tanne. Sproßbasisdurchmesser bis zu 21 mm wurden ermittelt. Doch auch die Fichten hatten, wenn sie unter günstigen Bedingungen aufgewachsen waren, Sproßbasisdurchmesser von 19 mm erreicht. Mindestens 11 mm betrug der Sproßbasisdurchmesser bei den Ahornpflanzen, die sich nicht direkt unter dem Bestandesschirm befanden. Lärchen und Buchen hatten mit

einer Ausnahme (Buche auf Position 9 der Parzelle I) Sproßbasisdurchmesser, die unter 10 mm lagen.

7.32 Die Pflanzenparameter auf den Lochhiebpazellen I und II sowie auf acht anderen, verschieden stark aufgelichteten Versuchspazellen

Auf den ersten Blick erscheinen die vorgestellten Ergebnisse der Pflanzenaufnahmen unbefriedigend, da es nicht gelang, die Wirkung des Gradienten relative Beleuchtungsstärke, der sich bei den mikroklimatischen Messungen, der Bodenvegetation und der Naturverjüngung als durchschlagend erwiesen hat, auf die Überlebensprozente, die Sproßlängen und die Sproßbasisdurchmesser der Pflanzen, aufzuzeigen. Bei den beengten Platzverhältnissen auf den Lochhiebpazellen wäre dies nur möglich gewesen, wenn auf jeder Lochhiebpazelle lediglich eine einzige Baumart gepflanzt worden wäre. Im Hinblick darauf, daß die Zusammenhänge zwischen der relativen Beleuchtungsstärke und den Pflanzenparametern auf den übrigen Versuchspazellen des Forschungsprojektes "Bergmischwald" aufgeklärt werden würden, sollte jedoch nicht auf vier der fünf Baumarten auf den Lochhiebpazellen verzichtet werden.

Dieser Ansatz hat sich als richtig erwiesen, denn es liegen inzwischen die Ergebnisse der übrigen Versuchspazellen vor. In die von GROSSE (1983) errechneten Beziehungen können zumindest die Ergebnisse der Lochhiebpazellen I und II, die vom Standort den übrigen Pazellen vergleichbar sind, eingeordnet werden.

Die Überlebensprozente

In Abb. 58 wird der von GROSSE gefundene Zusammenhang zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Überlebensprozent wiedergegeben.

Die Überlebensprozente der Fichte auf den Lochhiebpazellen I und II verteilen sich gleichmäßig um die von GROSSE angegebene Regressionslinie. Dagegen liegen die Überlebensprozente aller anderen Baumarten teilweise ganz erheblich unter den entsprechenden, in Abb. 58 wiedergegebenen Regressionslinien. Besonders große Abweichungen sind festzustellen für Tanne auf Parzelle I (Position 4), für Lärche auf Parzelle I (Position 2) und für Lärche auf Parzelle II (Position 9). Die Überlebensprozente der Laubbäume Ahorn und Buche liegen mit Ausnahme des Ahorn auf Parzelle II (Position 10) alle weit unter den von GROSSE angegebenen Regressionslinien.

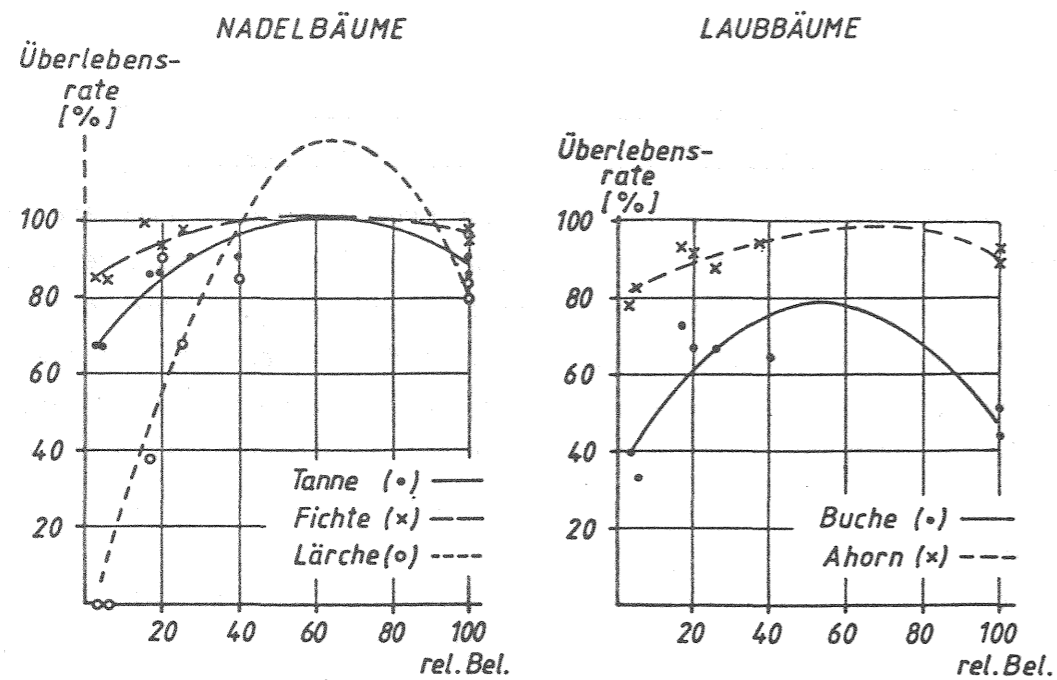


Abb. 58: Die Überlebensraten in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke nach der fünften Vegetationsperiode 1981 (aus GROSSE, 1983).

Angesichts der gegenüber den Regressionslinien eindeutig zu niedrigen Überlebensprozentage der Tannen, Lärchen, Buchen und Ahorne auf den Lochhiebsparzellen stellt sich die Frage, ob die von GROSSE hergeleiteten Beziehungen, wonach die höchsten Überlebensprozentage für alle Baumarten bei etwa 60% relativer Beleuchtungsstärke auftreten, revidiert werden müssen, zumal GROSSE den Bereich zwischen 38% und 100% relativer Beleuchtungsstärke nicht durch Meßwerte, sondern lediglich statistisch absichern konnte. Oder aber sind die eigenen Ergebnisse auf den Lochhiebsparzellen mit einem Mangel behaftet? Im folgenden soll gezeigt werden, daß die widersprüchlichen Befunde durchaus nebeneinander Bestand haben können.

Zunächst muß man zwei Unterschiede zwischen den Lochhiebsparzellen und den übrigen Versuchspartellen konstatieren: Zumindest eine Lochhiebsparzelle (I) hat eine etwas andere Exposition (SW statt NW) und beide Lochhiebsparzellen haben eine andere Versuchsanordnung. Beide Unterschiede sind ausschlaggebend für das Zustandekommen der unterschiedlichen Ergebnisse auf den Lochhiebsparzellen und den übrigen Versuchspartellen.

Die SW-Exposition der Parzelle I hat zur Folge, daß die Fläche stärker besonnt wird als die NW-exponierten Parzellen aus GROSSEs Studie. Besonders auf Stellen mit einer hohen Sonnenscheindauer (s. Abb. 7 a) waren die Überlebensprozentage der Pflanzen niedriger als man es nach der dort registrierten relativen Beleuchtungsstärke erwartet hätte (z.B. Tanne auf Parzelle I, Position 4 oder Ahorn auf Parzelle I, Position 5 und 7). Die direkte Sonneneinwirkung modifiziert also die Zusammenhänge zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Überlebensprozent.

Höhere Ausfälle auf den Lochhiebsparzellen wurden auch durch die gegenüber den restlichen Versuchspartellen anderartige Versuchsanordnung verursacht. Auf den übrigen Versuchspartellen lagen die Kleinparzellen nicht auf einem Streifen wie auf den Lochhiebsparzellen, sondern zusammen in einem Block (10 vier x fünf Meter große Kleinparzellen); auf jeder Kleinparzelle wurden zudem nicht 64 sondern 80 Pflanzen ausgebracht (Pflanzverband ebenfalls 0,5 m x 0,5 m). Nach den in Kap. 5.33 mitgeteilten Ergebnissen kann man annehmen, daß die Pflanzung die Entwicklung der Bodenvegetation gedämpft hat. In der als Block angelegten Pflanzung auf den übrigen Versuchspartellen war diese Dämpfung sicherlich viel stärker ausgeprägt als auf der als Streifen angelegten Pflanzung auf den Lochhiebsparzellen. Umgekehrt heißt das natürlich, daß der Einfluß der Bodenvegetation auf den Lochhiebsparzellen stärker zur Wirkung kommen konnte als auf den übrigen Parzellen. Dies soll näher erläutert werden. Die Kleinparzellen der übrigen Versuchspartellen hatten einen in der Regel 4 m langen Rand, der an eine Fläche angrenzte, wo sich die Bodenvegetation ungestört entwickeln konnte (nur die Eckparzellen hatten einen 9 m langen Rand). Auf den Lochhiebsparzellen war dieser Rand dagegen stets mindestens 16 m lang (die mittleren Kleinparzellen hatten sogar einen 24 m langen Rand). Es standen demnach auf den übrigen Parzellen in der Regel acht Pflanzen (max. 17 Pflanzen auf den Eckparzellen) und auf den Lochhiebsparzellen 32 Pflanzen (max. 36 Pflanzen in der Mitte der Lücke) in direktem Kontakt mit einer sich ungestört entwickelnden Bodenvegetation. Von daher ist es sehr wahrscheinlich, daß der Einfluß der Bodenvegetation auf die Pflanzung auf den Lochhiebsparzellen wesentlich größer war als auf die Pflanzung auf den übrigen Parzellen. Es läßt sich anhand der Aufnahmedaten nachweisen, daß auf der Lochfläche in erster Linie Pflanzen am Rand der Kleinparzellen ausfielen. Die hohen Ausfallraten auf den Lochhiebsparzellen, insbesondere auf den Lochflächen, gehen deshalb mit Sicherheit auf das Konto der Bodenvegetation. Stark gefährdet waren die jüngeren und schwächeren Pflanzen (Lärche, Ahorn und Buchenwildlinge). Allgemein kann man also sagen, daß neben der relativen Beleuchtungsstärke auch der Pflanzverband und das Sortiment Einfluß auf die Überlebensraten der Pflanzen haben.

Den vorstehenden Ausführungen zufolge können die Unterschiede in den Überlebensraten auf den Lochhiebpärzellen und den übrigen Pärzellen durch die abweichende Besonnung und die andere Versuchsanordnung erklärt werden. Es wird daraus der Schluß gezogen, daß die von GROSSE hergeleiteten Beziehungen zwischen relativer Beleuchtungsstärke und Überlebensrate nur bei vergleichbarer Exposition und gleichem Pflanzverband Allgemeingültigkeit beanspruchen können.

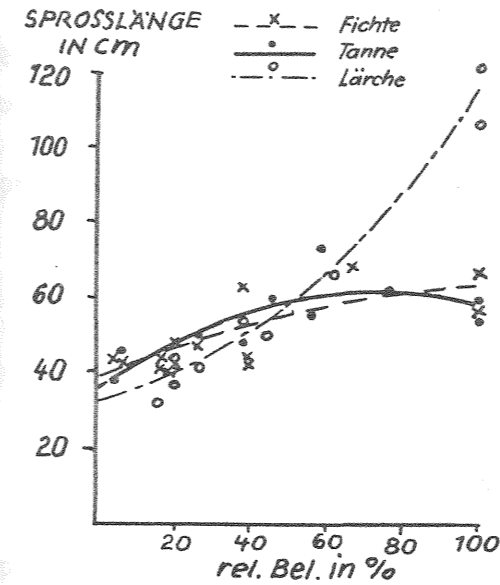
Die Sproßlängen, die Sproßlängenzuwächse und die Sproßbasisdurchmesser

Bei den nun zu besprechenden Parametern war eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Lochhiebpärzellen und der übrigen Pärzellen hinsichtlich der Bodenvegetation gewährleistet. Diese Parameter wurden nämlich auf den Lochhiebpärzellen an Pflanzen in den beiden Mittelreihen gemessen, die nicht so stark unter dem Einfluß der Bodenvegetation standen. Die auf den Lochhiebpärzellen erhobenen Mittelwerte der Sproßlängen, der Sproßlängenzuwächse und der Sproßbasisdurchmesser paßten gut in das von GROSSE mit Hilfe von Regressionsgleichungen gezeichnete Bild. Das Datenmaterial der Lochhiebpärzellen und der übrigen Versuchspärzellen wurde deshalb zusammengefügt; daraus konnten neue Regressionsgleichungen berechnet werden.

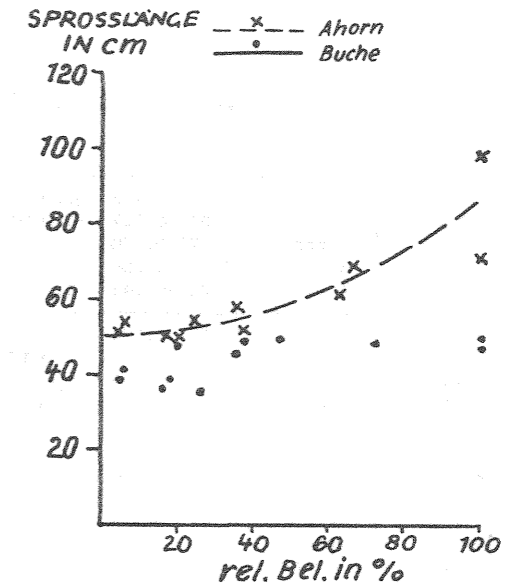
In Abb. 59 werden diese Regressionsgleichungen graphisch dargestellt; die Werte der Regressionsgleichungen sind in Tab. 62 enthalten. Als erstes fällt an Abb. 59 auf, daß die Baumarten spezifische Kurvenverläufe aufweisen. Bemerkenswert ist, daß diese spezifischen Kurvenverläufe an allen drei Pflanzenparametern aufscheinen. Bei der Fichte und der Buche ist die Zunahme der Sproßlänge, des Sproßlängenzuwachses und des Sproßbasisdurchmessers mit der Beleuchtungsstärke linear bis leicht konvex. Die Tanne zeigt ein ausgeprägt konvexes Kurvenbild. Bei der Lärche dagegen nehmen die Pflanzenparameter mit steigender Beleuchtungsstärke deutlich exponentiell zu. Auch der Ahorn zeigt stets einen leicht exponentiellen Anstieg. Dieses exponentielle Ansteigen der Kurven bei Lärche und Ahorn bringen die quadratischen Glieder der Regressionsgleichungen (b_2), die stets positiv sind (s. Tab. 62), zum Ausdruck.

Ein Vergleich der in Abb. 59 dargestellten Regressionsgleichungen mit den entsprechenden, von GROSSE errechneten Gleichungen zeigt, daß GROSSEs Regressionsgleichungen mit einer Ausnahme stets höhere Bestimmtheitsmaße aufweisen. Auch die Restvarianzen (bzw. Standardfehler) liegen in der Regel niedriger. Besonders große Differenzen im Bestimmtheitsmaß zwischen den eigenen und GROSSEs Regressions-

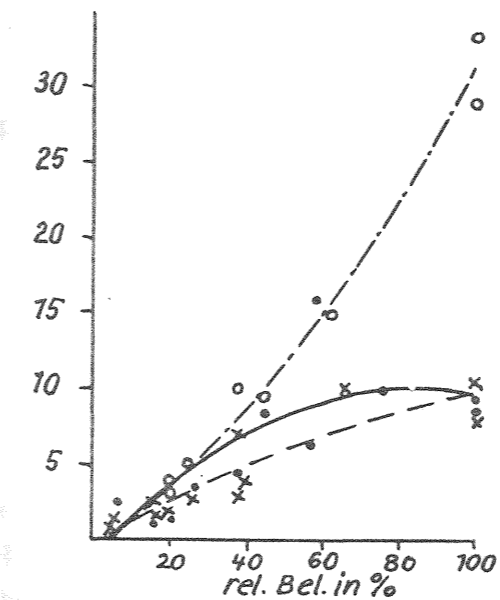
NADELBÄUME



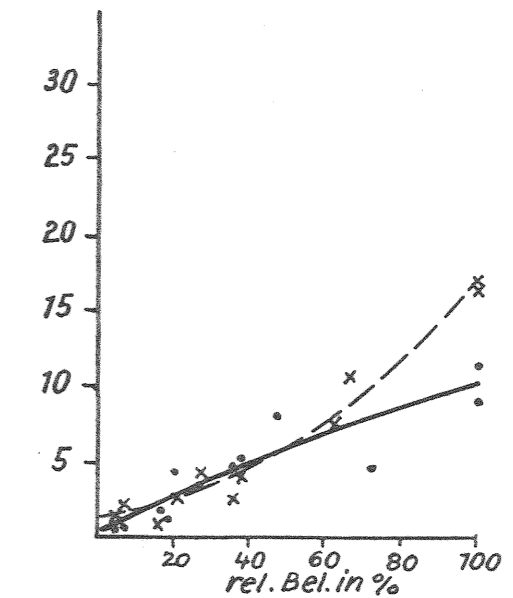
LAUBBÄUME



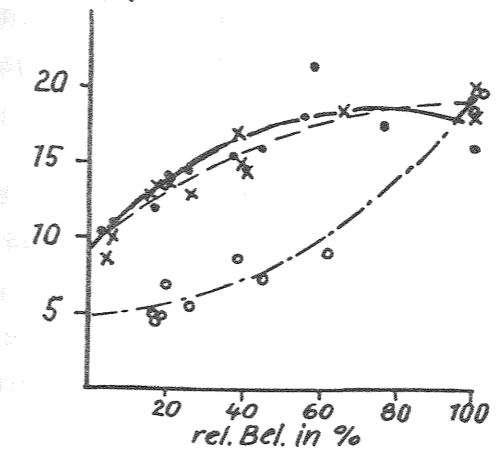
**SPROSSLÄNGEN-
ZUWACHS
IN CM**



**SPROSSLÄNGEN-
ZUWACHS
IN CM**



**SPROSSBASIS-
DURCHM.
IN mm**



**SPROSSBASIS-
DURCHM.
IN mm**

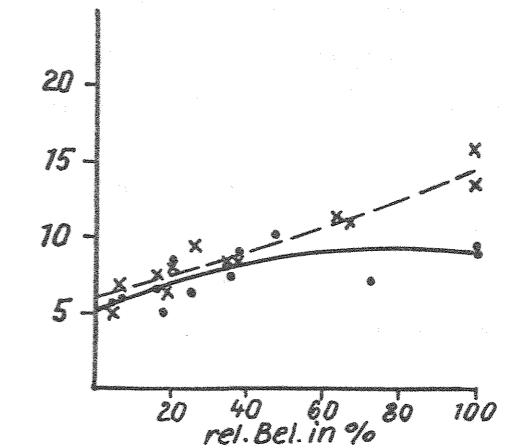


Abb. 59: Die Pflanzenparameter von Fichten, Tannen, Lärchen, Buchen und Ahornen am Ende der fünften Vegetationsperiode: die Sproßlängen im Herbst 1981, die Sproßlängenzuwächse in der Vegetationsperiode 1981 und die Sproßbasisdurchmesser im Herbst 1981. Regressionsgleichungen s. Tab. 62.

Parameter	Baumart	Werte der Regressionsgleichungen					Signifikanz
		b ₀	b ₁	b ₂	r ²	F	
Sproßlänge 1981	Fichte	38.50	0.413	-0.0016	0.60	6.84	+
	Tanne	35.03	0.727	-0.0050	0.69	10.23	++
	Lärche	33.07	0.170	0.0064	0.97	129.38	++
	Buche	37.58	0.204	-0.0012	0.27	1.66	n.s.
	Ahorn	51.22	-0.048	0.0039	0.80	18.06	++
Sproßlängen-zuwachs 1981	Fichte	-0.12	0.154	-0.0005	0.82	20.54	++
	Tanne	-1.17	0.275	-0.0017	0.67	8.98	++
	Lärche	-1.06	0.192	0.0013	0.99	235.33	++
	Buche	0.25	0.126	-0.0003	0.80	18.27	++
	Ahorn	1.49	0.019	0.0014	0.97	139.65	++
Sproßbasis-durchmesser 1981	Fichte	9.04	0.216	-0.0012	0.90	41.62	++
	Tanne	9.24	0.249	-0.0017	0.82	20.27	++
	Lärche	5.21	-0.014	0.0015	0.96	91.97	++
	Buche	5.25	0.092	-0.0005	0.57	6.04	+
	Ahorn	6.08	0.075	0.0001	0.92	51.69	++

Tab. 62: Die Pflanzenparameter von Fichten, Tannen, Lärchen, Buchen und Ahornen in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke.

Die Werte der Regressionsgleichungen (Parabeln)

$$\hat{y} = b_0 + b_1x + b_2x^2, \text{ wobei}$$

- y = Sproßlänge, Sproßlängen-zuwachs oder Sproßbasisdurchmesser
- x = rel. Beleuchtungsstärke in %
- b₀ = Achsenabschnitt
- b₁, b₂ = Regressionskoeffizienten
- r² = Bestimmtheitsmaß
- F = errechneter F-Wert
- +
- ++ = hochsignifikant
- n.s. = nicht signifikant

graphische Darstellung s. Abb. 59.

gleichungen sind bei der Sproßlänge, dem Sproßlängen-zuwachs und dem Sproßbasis-durchmesser der Buche, der Sproßlänge und dem Sproßlängen-zuwachs der Tanne und der Sproßlänge der Fichte zu verzeichnen. Die allgemein niedrigeren Bestimmtheits-maße sind u.a. sicher mit darauf zurückzuführen, daß auf den Lochhiebparzellen lediglich 10 Einzelmessungen an den Pflanzen für die Mittelwertbildung herange-zogen wurden, auf den übrigen Parzellen dagegen 20.

Darüber hinaus spielt jedoch wiederum die unterschiedliche Besonnung der Lochhieb-parzelle I eine Rolle. So sind die relativ niedrigen Werte der Sproßlänge, des Sproßlängen-zuwachses und Sproßbasisdurchmessers der Tanne bei 56% relativer Beleuchtungsstärke durch die direkte Sonneneinwirkung auf Position 4 der Parzelle I bedingt. Die unterschiedliche Besonnung vergrößert also die Variation und drückt dadurch das Bestimmtheitsmaß.

Werden die einzelnen Kurven der Abb. 59 mit den von GROSSE gezeichneten Kurven verglichen, so ergibt sich folgendes Ergebnis:

- Sproßlänge: Fichte - die Kurve der Abb. 59 verläuft etwas flacher
- Tanne - die Kurve der Abb. 59 liegt höher; sie kommt näher an die Fichtenkurve heran; außerdem ist sie stärker gewölbt
- Lärche - die Kurve der Abb. 59 verläuft exponentiell und nicht linear
- Buche - es konnte keine absicherbare Regressionsgleichung errechnet werden
- Ahorn - die Kurve der Abb. 59 deckt sich weitgehend mit GROSSEs Kurve, allerdings tritt kein Minimum auf.
- Sproßlängen-zuwachs: Die Kurven von Fichte, Lärche, Buche und Ahorn der Abb. 59 sind praktisch deckungsgleich mit GROSSEs Kurven.
- Die Kurve der Tanne der Abb. 59 wurde gegenüber der Regressionslinie GROSSEs angehoben; außerdem verläuft sie nicht linear, sondern ausgeprägt konvex.
- Sproßbasis-durchmesser: Fichte - die Kurve der Abb. 59 hat im Gegensatz zu GROSSEs Kurve kein Maximum vor 100% rela-tiver Beleuchtungsstärke
- Tanne - die Kurve der Abb. 59 hat dagegen ein Maximum vor 100% relativer Beleuchtungsstärke
- Lärche - die Kurve der Abb. 59 hat einen stärker expo-nentiellen Anstieg
- Buche - die Kurve der Abb. 59 verläuft flacher
- Ahorn - die beiden Kurven sind deckungsgleich

Gegenüber den Regressionsgleichungen von GROSSE haben die eigenen Regressions-gleichungen den Vorteil, daß auch der Beleuchtungsstärkebereich zwischen 38% und 100% mit Meßwerten abgedeckt war, und diese Meßwerte in die Gleichungen eingingen. Die eigenen Regressionsgleichungen können zum größten Teil die von GROSSE gefundenen Beziehungen auf eindrucksvolle Weise bestätigen. Lediglich bei einzelnen Kurven werden in bestimmten Teilbereichen kleinere Modifikationen (s. oben) angebracht sein.

Es bleibt festzuhalten, daß nur die Tanne an allen drei gemessenen Parametern ein Optimum bei Werten von weniger als 100% relativer Beleuchtungsstärke er-kennen läßt. Rein rechnerisch (1. Ableitung der Funktionen der Tab. 62) er-gibt sich dieses Optimum für die Sproßlänge und den Sproßbasisdurchmesser bei 73% und für den Sproßlängen-zuwachs bei 81% relativer Beleuchtungsstärke.

Den Meßwerten zufolge wird man damit rechnen können, daß dieses Optimum bereits bei etwa 60% relativer Beleuchtung auftritt (was sich mit den Ergebnissen von MAGNUSSEN, 1980 decken würde); allerdings dürfen bei dieser Beleuchtungsstärke die Tannenpflanzen keiner starken Besonnung ausgesetzt sein.

Die anderen Baumarten haben das Maximum der Sproßlängen, des Sproßlängenzuwachses und des Sproßbasisdurchmessers bei voller Beleuchtung erreicht. Die Lichtbaumarten Lärche und Ahorn können dabei hohe Lichtintensitäten besser in Stoffproduktion umsetzen als die Halbschattbaumart Fichte und die Schattbaumart Buche.

7.4 Diskussion der Ergebnisse der Pflanzenaufnahmen

Es würde zu weit führen, wenn die erzielten Ergebnisse zu den in neuerer Zeit in der Literatur bekannt gewordenen Ergebnissen über das Wachstum gepflanzter Fichten, Tannen, Lärchen, Buchen und Ahorne in Beziehung gesetzt werden würden (z.B. HUSS, 1977; MAGNUSSEN, 1980; v. LÖPKE, 1982). Es sei deshalb auf die ausführliche Diskussion dieser Untersuchungen in der Arbeit von GROSSE (1983) verwiesen.

Den Ausführungen GROSSEs ist aus der Sicht der vorliegenden Arbeit lediglich folgendes hinzuzufügen:

Die Pflanzen auf den Lochflächen der Lochhiebparzellen haben - sofern nicht minderwertiges oder schwaches Pflanzmaterial verwendet wurde und die Pflanzen nicht unter den Einfluß der Bodenvegetation oder der direkten Besonnung gerieten - gut überlebt. Auch sind die Pflanzen mit Ausnahme der Buchen erstaunlich gut gewachsen. Sie haben bis zum Herbst 1981 Höhen und Durchmesser erreicht, die die Naturverjüngungspflanzen weit in den Schatten stellen. Lediglich vereinzelte Exemplare aus der Naturverjüngung, und zwar nur solche, die bei Versuchsbeginn bereits vorhanden waren, können in ihrem Wachstum mit der Pflanzung mithalten. Da jedoch nicht genügend ältere Naturverjüngungspflanzen auf den Lochhiebparzellen vorhanden sind und es auch von Anbeginn nicht waren, läßt nur die Pflanzung in absehbarer Zeit eine gesicherte Verjüngung erwarten.

Der Lochhieb, der allen Baumarten zumindest auf der eigentlichen Lochfläche im Bereich der Beleuchtungsstärke von 40% bis 60% ein ausreichendes Wachstum ermöglicht, bietet sich als Verfahren zur künstlichen Einbringung der Mischbaumarten geradezu an.

Es ist ratsam, die Pflanzung auf der Lochfläche anzulegen, bevor sich die Bodenvegetation heftig zu entwickeln beginnt; nur so geraten die Baumarten nicht unter Druck und erhalten einen Wettbewerbsvorsprung vor der Bodenvegetation. Es muß allerdings hinzugefügt werden, daß eine gesicherte Verjüngung im Wege der Pflanzung bei den derzeitigen Wilddichten nur unter Zaunschutz hochzubringen ist.

8. SCHLUSSBETRACHTUNG ÜBER DIE EIGNUNG VON LÖCHERHIEBEN ZUR EINLEITUNG DER NATURVERJÜNGUNG UND ZUM VORANBAU VON BAUMARTEN IM BERGMISCHWALD

In den Einzeldiskussionen der Ergebnisse der mikroklimatischen Verhältnisse (Kap. 4.4), der Bodenvegetation (Kap. 5.4), der Naturverjüngung (Kap. 6.4) und der Pflanzung (Kap. 7.4) auf den Lochhiebpärzellen zeichnete sich bereits eine Wertung der Löcherhiebe zur Einleitung der Naturverjüngung und zum Voranbau von Bäumen ab. In der jetzt folgenden abschließenden Betrachtung soll diese noch verdeutlicht werden.

Bevor in Kap. 8.2 eine zusammenfassende Wertung vorgenommen werden kann, muß jedoch zunächst in Kap. 8.1 geklärt werden, inwieweit die Versuchsanlage und die Auswertungsmethoden geeignet waren, die Zweckmäßigkeit der Löcherhiebe im Bergmischwald zu untersuchen. In Kap. 8.3 werden dann praktische Schlußfolgerungen, die sich aus der Beurteilung der Löcherhiebe ergeben, gezogen.

8.1 Kritische Stellungnahme zu Versuchsanlage und Auswertungsmethoden

Die vier Versuchspärzellen wurden in typischen, mit rd. 120 Jahren allerdings nicht besonders alten Beständen im Bergmischwaldbereich, angelegt. Die Altbestände auf den Pärzellen I und II wiesen noch eine der natürlichen Waldgesellschaft, dem Abieti-Fagetum, nahekommende Baumartenzusammensetzung auf, während auf den Pärzellen III und IV Ersatzgesellschaften der natürlichen Waldgesellschaften des Abieti-Fagetums bzw. des Oxali-Abietetums stockten. Da sich die Waldgesellschaften des Abieti-Fagetums durch eine hohe Verjüngungsbereitschaft auszeichnen (KUOCH, 1954 a), die Ersatzgesellschaften natürlicher Waldgesellschaften sich dagegen sehr schlecht verjüngen (KUOCH, 1954 b), konnte bei der vorgenommenen Verteilung der vier Pärzellen damit gerechnet werden, daß sowohl günstig wie ungünstig verlaufende Naturverjüngungsprozesse studiert werden konnten.

Die Anordnung der Naturverjüngungsprobekreise in Kreuzform bzw. der Vegetationsprobekreise in den Diagonalen erwies sich als zweckmäßig. Die aus praktischen Überlegungen (Arbeitsumfang, Übersichtlichkeit) gewählten Probekreisgrößen von 1 m^2 für die Naturverjüngungsprobekreise und von $0,25 \text{ m}^2$ für die Vegetationsprobekreise dürften für kleine Naturverjüngungspflanzen bzw. die Bodenvegetation statistisch vertretbar sein (s. hierzu MÖLLER-USING, 1973). Allerdings wäre eine größere Anzahl an Probekreisen wünschenswert gewesen, denn nur so wäre eine genauere Analyse der Verteilung der Naturverjüngungspflanzen und der Bodenvegetation

möglich gewesen. Eine größere Stichprobenanzahl auf jeder Lochhiebpärzelle hätte vermutlich eine noch bessere Differenzierung der Naturverjüngungspflanzen und der Bodenvegetation nach der Lage innerhalb der Lücken (Nord-, Süd-, West- oder Ostrand der Lücken) zugelassen, wie dies etwa BRECHTEL (1962) für Kiefernaturverjüngungspflanzen gelang. Aufgrund der eingeschränkten Platzverhältnisse auf den Lücken war eine größere Stichprobennahme jedoch nicht durchführbar. Die geringe Stichprobengröße hatte zur Folge, daß nur wirklich durchschlagende Effekte abgesichert werden konnten; dies kann man durchaus als einen Vorteil ansehen.

Die Versuchsanordnung der gepflanzten Bäume auf den Lochhiebpärzellen ließ für sich allein genommen keine besonders aussagekräftigen Ergebnisse erwarten. Diese Ergebnisse konnten jedoch in die von GROSSE (1983) gefundenen Beziehungen zwischen Pflanzenparametern und relativer Beleuchtungsstärke eingereiht werden. Dadurch war es möglich, den bei GROSSE fehlenden Bereich zwischen 38% und 100% relativer Beleuchtungsstärke mit Meßwerten abzudecken.

Vom Forschungsansatz her ähnlich wie in der ausgezeichneten, aber leider in Vergessenheit geratenen, von ABELE (1909) in den Jahren 1904 bis 1907 im Bayerischen Wald durchgeführten Untersuchung wurden in der vorliegenden Arbeit nahezu alle im Verjüngungsgeschehen für bedeutsam erachteten Einflußfaktoren versuchstechnisch erfaßt. Außerdem konnten die Versuche über einen langen Beobachtungszeitraum verfolgt werden, nämlich fünf Vegetationsperioden hindurch. Dies ist zwar für eine endgültige Stellungnahme immer noch nicht ausreichend, selten aber gelang es bisher, Versuche dieser Art über mehrere Jahre hindurch kontinuierlich zu betreuen.

Man kann also annehmen, daß von der Lage der Pärzellen, der Versuchsanordnung, der Zahl der erfaßten Einflußfaktoren und der Länge des Beobachtungszeitraumes her, das erhobene Zahlenmaterial für eine Beurteilung der Löcherhiebe ausreichte.

Das Zahlenmaterial wurde zumeist mit Varianzanalysen (Spaltanlagen mit festen Effekten) ausgewertet. Dabei wurden die vier Lochhiebpärzellen als vier Wiederholungen aufgefaßt. Dies ist nach van LAAR (1979) zwar zulässig, doch muß ihre Wirkung geprüft werden, da sie möglicherweise als Faktor zu werten sind. Die als Wiederholung betrachteten Pärzellen erwiesen sich in der Tat in der vorliegenden Arbeit oftmals als signifikanter Einflußfaktor. Das Datenmaterial wurde deshalb in der Folge nach Pärzellen getrennt analysiert. Meist dienten dazu regressions-

analytische Ansätze. Doch ist insbesondere die Beschreibung von Zeitreihen (Entwicklung der Bodenvegetation und der Naturverjüngung im Versuchszeitraum) mit Hilfe von Regressionsgleichungen problematisch. Besteht nämlich zwischen den einzelnen Meßwerten eine Abhängigkeit, dann liegen sog. Autokorrelationen vor. Dies hat zur Folge, daß die statistische Fehlertheorie nicht anwendbar ist (van LAAR, 1979). Man muß also die angegebenen \hat{F} -Werte der Regressionsgleichungen, die die Entwicklung der Bodenvegetation oder der Naturverjüngung beschreiben, mit Vorsicht interpretieren.

Die Ergebnisse der statistischen Berechnungen lassen sich nur mit Hilfe einer sehr guten Kenntnis des Grundlagenmaterials adäquat deuten. Einerseits ist nämlich zu bedenken, daß unterschiedliche Auffassungen darüber bestehen, ob bei Vorliegen von abhängigen Beobachtungen die Zeit als Faktor in eine Spaltanlage eingebaut werden kann, wie dies in der vorliegenden Arbeit und auch in der Untersuchung von van LAAR (1980) gehandhabt wurde. Andererseits wird die Anwendbarkeit der statistischen Verfahren durch die räumliche Heterogenität der Pflanzen in Frage gestellt (SCHAFFER und LEIGH, 1976). Es wurde deshalb in der vorliegenden Arbeit versucht, die aufgrund der statistischen Berechnungen zustande gekommenen Aussagen soweit wie möglich durch Originalwerte zu untermauern.

Gestützt auf eine umfangreiche Versuchsanlage und eine sorgfältige Auswertung der erhobenen Daten kann nun im folgenden eine Beurteilung der Löcherhiebe im Bergmischwald vorgenommen werden.

8.2 Die Zweckmäßigkeit der Löcherhiebe

Es besteht kein Zweifel, daß Löcherhiebe aus bringungstechnischer Sicht als vorteilhaft anzusehen sind. Die Mechanisierung der Holzbringung im Gebirge durch Seilanlagen zwingt zu einer Konzentration des Holzanfalls. Löcherhiebe, die links und rechts der Seiltrasse ausgeführt werden, bieten einen konzentrierten Holzanfall, und ermöglichen so eine rationelle Holzernte und Holzbringung (WALDARBEITSSCHULE LAUBAU, 1974). Sie werden deshalb auch als ideale Kombination richtiger waldbaulicher Behandlung und einer ökonomischen Holzernte angesehen (MORANDINI, 1982).

Löcherhiebe sind außerdem aus hydrologischer Sicht günstig zu beurteilen. In den Lücken gelangt nämlich eine Niederschlagsmenge, die nahe an den Freilandniederschlag heranreicht (s. Kap. 4.32), auf den Boden. Diesem Gesichtspunkt kommt hinsichtlich des Pflanzenwachstums selbstverständlich in niederschlagsarmen Ge-

bieten eine größere Bedeutung zu als im niederschlagsreichen Gebirgsraum. So empfiehlt ERNST (1928) in der nördlichen Oberpfalz Löcherhiebe, da dadurch der gesamte, dort fallende Niederschlag von 650 bis 700 mm den in den Lücken angebauten Baumarten zugute kommt. Im Gebirge könnte von Vorteil sein, daß die Löcher als Schneespeicher wirken, wie in den Untersuchungen von KREČMER (1968) und auch den eigenen (s. Kap. 4.332) gezeigt werden konnte. Damit tragen sie zu einer Verzögerung des Abflusses im Spätwinter bei.

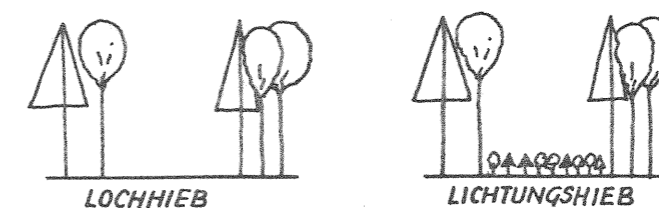
Aus waldbaulich-technischer Sicht sind Löcherhiebe ebenfalls zu befürworten. Die Auszeichnung, Ausführung und Kontrolle der Hiebe gestaltet sich äußerst einfach.

Aus waldbaulich-ökologischer Sicht - dies war der Blickwinkel der vorliegenden Arbeit - müssen Löcherhiebe differenzierter betrachtet werden, und zwar hinsichtlich der Einleitung der Naturverjüngung sowie dem Voranbau von Bäumen.

Löcherhiebe in Verbindung mit Naturverjüngung

Die in Kap. 6 mitgeteilten Ergebnisse der Naturverjüngungsaufnahmen lassen erkennen, daß sich trotz eines ausreichenden Samenangebotes auf den Lochhiebparzellen keine befriedigende Naturverjüngung eingefunden hat. Auf keiner der Lochhiebparzellen ist deshalb in absehbarer Zeit mit einer gesicherten Naturverjüngung zu rechnen, die aus im Versuchszeitraum angekommenen Pflanzen besteht. Im Vergleich mit den wesentlich günstigeren Verjüngungsverhältnissen auf den Schirmhiebparzellen des Forschungsprojektes "Bergmischwald" (s. Abb. 57) und den sicherlich geringeren Zuwachsverlusten am Altbestand auf diesen Parzellen werden Löcherhiebe zur Einleitung der Verjüngung grundsätzlich abgelehnt.

Auf den Parzellen befanden sich zu Versuchsbeginn nur einige wenige Naturverjüngungspflanzen. Diese profitierten sehr stark von den Hiebseingriffen. Lichtungshiebe also, die über ausreichender Naturverjüngung das Kronendach öffnen, sind deshalb als durchaus sinnvoll anzusehen. Wegen des weitgehend gleichen Aussehens der Altbestände nach einem Lichtungshieb und nach einem Lochhieb, und wegen der trotzdem grundsätzlich verschiedenen Beurteilung der beiden Hiebseingriffe, sei der Unterschied in einem Schema dargestellt.



Durch einen Lochhieb in Beständen ohne bereits angekommene Naturverjüngungspflanzen wird in erster Linie die Entwicklung der Bodenvegetation (s. Kap. 5.3), durch einen Lichtungshieb dagegen die Entwicklung der vorhandenen Naturverjüngung (s. Kap. 6.321) gefördert. Löcherhiebe können mithin dazu führen, daß der Boden nicht von Forstpflanzen bedeckt ist, während es im Falle von Lichtungshieben niemals hierzu kommt. Dieses Bild des ständig von Forstpflanzen beschirmten Bodens ("Fließgleichgewichtsphase" nach BORMAN und LIKENS, 1979) hatte GAYER bei seinem Femelschlagverfahren im Auge. So schrieb er 1895:

"Es ist besonders der Waldboden, der bei dieser Verjüngungsprozedur (= Femelschlag, der Verf.) durch eine reichlichere, besonders aber durch die nahezu ununterbrochene allgemeine Beschirmung und durch die Allmählichkeit aller eintretenden Bestandesveränderungen vor jenem empfindlichen Eingriffe in seine Tätigkeitsverhältnisse weit mehr bewahrt bleibt, als es ... bei der Kahlschlagverjüngung der Fall ist."

Löcher prägen zwar den Femelschlagbestand, aber es sind Löcher, die durch Lichtungshiebe nach einer "gedeckten Schirmstellung" (BAUER, 1962) oder nach einer vorausgegangenen natürlichen Schirmstellung zustande gekommen sind, und keine Löcher, die durch Löcherhiebe geschaffen wurden. Neben anderen, von PLOCHMANN (1958) und BAUER (1968) genannten Gründen, dürfte auch die fatale Verwechslung von Löcherhieben und Lichtungshieben entscheidenden Anteil am Versagen des Femelschlagverfahrens gehabt haben. Zu dieser Ansicht gelangte bereits PLOCHMANN (1961 und 1962). Er sah in den im Bayerischen Wald praktizierten Löcherhieben einen Hauptgrund für das Ausbleiben der Naturverjüngung. Seine Empfehlung, ein Verfahren zu verwenden, das "schirmschlagartig beginnt und femelschlagartig" endet, ist nichts anderes als eine Rückbesinnung auf das klassische Femelschlagverfahren von GAYER.

Die Verwechslung von Lochhieb und Lichtungshieb erhält dadurch stets neuen Vorschub, daß in nahezu allen Waldbaulehrbüchern und Veröffentlichungen zum Thema Femelschlag kommentarlos Löcherhiebe (oder Lochschläge) in Zusammenhang mit der Femelschlagverjüngung abgehandelt werden. Eine Begründung, warum die Löcherhiebe in Verbindung mit der Femelschlagverjüngung gesehen werden, findet sich bei VANSELOW (1949). Er ist der Ansicht, daß Lochschläge zur Beschreibung der ökologischen Situation auf der Femelschlagfläche anstatt der zahlenmäßig schwerer faßbaren Kleinflächen-Schirmstellungen sehr gut ersatzweise verwendet werden können. Er begründet dies damit, daß das Klima auf der Lochschlagfläche vergleichbar sei mit dem Klima der vom Schirmstand bereits befreiten Kleinfläche

im Bestandesinnern. Sicherlich kann man die Auffassung VANSELOWs, was den Regen- und Schneeniederschlag betrifft, teilen (s. Kap. 4.3); die Beleuchtungs- und Temperaturverhältnisse am Boden sind nach einem Lichtungshieb jedoch vollständig anders als nach einem Lochhieb (s. Kap. 4.1 und 4.2). Für die nach einem Lochhieb ankommenden Naturverjüngungspflanzen ist die mikroklimatische Situation nur in den ersten Jahren nach dem Lochhieb eine ähnliche wie für die vorhandenen Naturverjüngungspflanzen nach einem Lichtungshieb. Innerhalb kürzester Zeit verändern sich nämlich nach einem Lochhieb die mikroklimatischen Verhältnisse durch eine heftige Entwicklung der Bodenvegetation zu Ungunsten der Naturverjüngungspflanzen (s. Kap. 4.143.2).

Man kann nun Löcherhiebe durchaus zum Repertoire des Femelschlagverfahrens zählen (LEIBUNDGUT, 1981) oder sie im Zusammenhang mit der Femelschlagverjüngung abhandeln (MAYER, 1976 b; RÖHRIG, 1982; MITSCHERLICH, 1971), aber man sollte, um Verwechslungen mit Lichtungshieben vorzubeugen, darauf hinweisen, daß das prägende Element der Femelschlagverjüngung nicht die Löcherhiebe sind, sondern die Lichtungshiebe, die die unter Kleinflächen-Schirmstellungen angekommene Verjüngung fördern. Außerdem wird man darauf aufmerksam machen müssen, daß Löcherhiebe zur Einleitung der Naturverjüngung nicht geeignet sind. BAUER (1968) bezeichnete - wahrscheinlich um diesen Unterschied zu verdeutlichen - die Löcherhiebe als Lochkahlschläge und stellte sie zum Kahlschlag.

Löcherhiebe in Verbindung mit künstlicher Verjüngung

Ebenso eindeutig wie die Beurteilung der Löcherhiebe zur Einleitung der Naturverjüngung fällt die Bewertung der Löcherhiebe zum Voranbau von Bäumen aus: In Verbindung mit dem künstlichen Einbringen von Pflanzen sind Löcherhiebe uneingeschränkt zu befürworten. Die gepflanzten Bäume befinden sich auf der Lücke in einer ähnlich günstigen Situation wie die unter einer Kleinflächen-Schirmstellung angekommene Naturverjüngung nach einem Lichtungshieb. Sofern kräftige Pflanzen verwendet werden und die Pflanzung sofort nach dem Lochhieb erfolgt, wachsen sie auf der Lücke problemlos an. Alle Individuen der fünf untersuchten Baumarten entwickelten sich unter den auf der Lücke gemessenen Lichtbedingungen von 40 bis 40% relativer Beleuchtungsstärke ausreichend (s. Abb. 59), und werden in absehbarer Zeit (geschätzt 20 Jahre) eine gesicherte Verjüngung entstehen lassen. Nach den Untersuchungen von v. LÖPKE (1982), der auf Lücken sehr gute Stammformen

der gepflanzten Baumarten fand, ist zu erwarten, daß die durch Pflanzung entstandene Verjüngung auch qualitativ befriedigen wird.

Für die künstliche Verjüngung des Bergmischwaldes bieten sich Löcherhiebe zum Voranbau also geradezu an, denn Löcherhiebe haben gegenüber sehr stark geführten Schirmhieben mehrere Vorteile, und zwar:

- Die für ein gutes Anwachsen und eine ausreichende Weiterentwicklung der Pflanzen notwendige Lichtmenge steht konzentriert auf jenen Stellen zur Verfügung, auf denen gepflanzt wird.
- Lochhiebe erhöhen die Sturmgefährdung der Altbestände weniger als starke Schirmhiebe,
- sie lassen geringere Fäll- und Rückeschäden an den Pflanzen erwarten,
- sie sind einfacher auszuzeichnen, leichter auszuführen und besser zu kontrollieren.

Der schädliche Einfluß der direkten Besonnung am nördlich der Lücke anschließenden Südrand des Altholzes auf das Wachstum der Kulturen hält sich nach den in Kap. 7.32 mitgeteilten Ergebnissen in Grenzen. Allenfalls auf südexponierten Hängen ist mit nachteiligen Folgen auf die Entwicklung der Pflanzen zu rechnen. Diese lassen sich hier jedoch durch die Wahl der richtigen Größe und Form der Lücken vermeiden. Darauf hatte bereits WIEDEMANN (1927), der sich intensiv mit den durch Verhagerung entstandenen Schäden an Kulturen in Lücken beschäftigte, hingewiesen. Im allgemeinen wird man den Ergebnissen WIEDEMANNs zufolge auf besseren, genügend mit Wasser versorgten Böden, wie sie im Bergmischwaldbereich häufig anzutreffen sind, keine wesentlichen, durch Verhagerung entstehende Schäden zu erwarten haben.

Durch zeitlich und räumlich versetztes Anlegen der Löcherhiebe mit anschließendem Auspflanzen der Lücken läßt sich also, zumal die verschiedenen Baumarten auch ein unterschiedliches Jugendwachstum aufweisen, ein zielgerechter, stufig aufgebauter Bergmischwald erreichen.

8.3 Schlußfolgerungen für den Gebirgswaldbau

Aus den vorstehenden Ausführungen ergeben sich die folgenden drei Schlußfolgerungen für den Waldbau im Bergmischwald:

1. Löcherhiebe sind zur Einleitung der Naturverjüngung nicht zielführend und deshalb zu unterlassen. Soll mit Naturverjüngung gearbeitet werden, dann eignen sich zu deren Einleitung leichte Schirmhiebe besser. Bevor ein Bestand stärker aufgelichtet wird, ist also zu prüfen, ob am Boden Naturverjüngung vorhanden ist und hinsichtlich Quantität und Zusammensetzung den Anforderungen entspricht. Nur so ist auch sicherzustellen, daß ein als Lichtungshieb deklarierter Eingriff nicht in Wirklichkeit als Lochhieb geführt wird. Im übrigen gilt, was bereits STEPHANI (1926) aufgrund seiner langjährigen Erfahrungen auf dem Gebiet der Femelschlagwirtschaft sagte: "Es ist besser, wenn man dem erschienenen Jungwuchs nachhaut, als daß man ihn durch absichtlich geführte Hiebe zu erzielen sucht."
2. Wird der Bergmischwald dagegen künstlich verjüngt, dann sollte dies in Lücken, die durch Löcherhiebe geschaffen wurden, geschehen. Die Lücken sind sofort nach dem Eingriff mit vitalen Pflanzen auszupflanzen.
3. Angesichts der Schwierigkeiten, die sich vielfach im Bergmischwaldbereich mit der Naturverjüngung ergeben, sollte stärker als bisher von der Pflanzung Gebrauch gemacht werden.

Zu der letzten Schlußfolgerung hat eine Reihe von Gründen geführt, die für die Pflanzung sprechen, und zwar:

- Die Sicherheit, mit der sich mit Hilfe der Pflanzung das Verjüngungsziel erreichen läßt, ist sehr groß.
- Die Wahrscheinlichkeit, Zuwachseinbußen hinnehmen zu müssen, ist geringer als bei der Naturverjüngung. Der Überlappungszeitraum der einzelnen Waldgenerationen (s. ASSMANN, 1961) ist bei der Pflanzung um 20 bis 30 Jahre kürzer als bei der Naturverjüngung.
- Es ist anzunehmen, daß durch die gegenüber der Naturverjüngung sehr viel kürzere Umtriebszeit die künstliche Verjüngung trotz höherer Kulturkosten betriebswirtschaftlich besser abschneidet als die Naturverjüngung. Zu bedenken ist dabei, daß auch die Naturverjüngung nicht kostenlos ist. Nach KROTH (1982) gibt es keine kostenlosen Produktionsfaktoren.
- Auch in anderen Ländern wird im Gebirge verstärkt mit der Pflanzung gearbeitet. So schrieb SURBER (1964) über den Gebirgswaldbau in der Schweiz:

"Ein geplanter Waldbau kann nicht auf die Zufälligkeiten der Naturverjüngung allein abstellen, umso mehr, als im Gebirge ungünstigere, extreme Standortsfaktoren das Gelingen natürlicher Verjüngung noch mehr in Frage stellen

So wird zur bewußten Bestandsbegründung trotz erheblichem Aufwand an Arbeitskräften immer mehr die Pflanzung eingesetzt."

- Rationelle Holzernte und Holzbringung, die auf einem konzentrierten Holz-anfall auf Lochhiebsflächen angewiesen sind, können nur dann betrieben werden, wenn die abgeräumten Flächen ausgepflanzt werden.
- Viele unserer heutigen, den Zielsetzungen entsprechenden Gebirgswälder sind aus Kunstverjüngungen hervorgegangen.

Darüber hinaus ist zu bedenken, daß es einen Primat der Naturverjüngung, wie er in den Grundsätzen für die Waldbehandlung im bayerischen Hochgebirge (1982) aufgestellt wird, nicht gibt. BAUER (1968), der das Thema Kunstverjüngung und Naturverjüngung wohl am umfassendsten und abschließend behandelt hat, kommt zu dem Ergebnis, daß beide Verjüngungsmöglichkeiten gleichberechtigt nebeneinander stehen. Ein besseres Abschneiden der Naturverjüngung gegenüber der Kunstverjüngung, wie es LOIDL und REIMOSER (1980) konstatierten, ergibt sich immer nur dann, wenn angenommen wird, daß Kunstverjüngung den Kahlschlag voraussetzt. Selbst GAYER (zit. nach BAUER, 1968), dem fälschlicherweise immer wieder eine Bevorzugung der Naturverjüngung nachgesagt wurde, schrieb:

"Eine gesunde und naturgerechte Wirtschaft wird sich stets beider Methoden bedienen - sie wird in dem einen Fall der künstlichen, im anderen der natürlichen, im dritten Fall der kombinierten Verjüngung den Vorzug geben und schon niemals exklusiv werden. Wann aber die eine und wann die andere Verjüngungsmethode anzuwenden sei, darüber entscheiden die Holzart und die besonderen, örtlichen Verhältnisse!"

Diese besonderen "örtlichen Verhältnisse" sind im Gebirge aber vielfach so gelagert, daß Pflanzung geboten ist. Nun ist jedoch bei der derzeitigen Wild- und Weideviehbelastung des Bergwaldes eine künstliche Einbringung von Mischbaumarten in Lücken ohne Zaunschutz von vornherein aussichtslos. Es wäre zu prüfen, ob nicht stabile, die Lücke einfassende Kleinzäune, wie sie im Projekt "Bergmischwald" verwendet wurden, die gefährdeten Mischbaumarten Tanne, Buche und Ahorn vor dem Verbiß schützen können. Diese Kleinzäune, die leicht wilddicht zu halten sind, könnten trotz ihrer hohen Kosten ökonomisch sinnvoll sein, da sie einen gesicherten Mischungsanteil in relativ kurzer Zeit garantieren.

So könnte z.B. ein einziger 32 m x 32 m großer Kleinzaun pro Hektar einen Mischungsanteil von 10% sichern. Angesichts der in Kap. 3.14 aufgezeigten bedenklichen Entmischungstendenz des Bergmischwaldes würde dies die zu erwartenden Kosten von DM 2.500,-- (DM 20,--/lfm. Zaun) für den Kleinzaun rechtfertigen.

Am Rande der ausgepflanzten und gezäunten Flächen wird man mit Naturverjüngung rechnen können, denn hier sind die Verhältnisse für eine Ansammlung am günstigsten (s. Kap. 6.124 und 6.323). Auch auf den Flächen zwischen den Lücken wird sich vielfach Naturverjüngung einstellen oder durch leichte Schirmhiebe zu erzielen sein. Wie das für den Bergmischwald geeignete Verjüngungsverfahren im Detail auszusehen hat, wird jedoch erst nach einer vollständigen Auswertung der Daten der übrigen Versuchspartellen des Forschungsprojektes "Bergmischwald" deutlich werden.

Soviel ist allerdings bereits jetzt gewiß: in der Kombination aus Kunst- und Naturverjüngung auf der gleichen Fläche, wobei im Moment noch Zäune unerläßlich sind, ist eine Möglichkeit enthalten, der Entmischungstendenz des Bergwaldes entgegenzuwirken.

Zum Abschluß sei noch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß alle Aussagen der vorliegenden Untersuchung nicht nur für Bestandeslücken, die im planmäßigen Verjüngungsbetrieb entstehen, Gültigkeit haben, sondern selbstverständlich auch für Lücken, die durch neuartige Walderkrankungen oder andere Katastrophenereignisse hervorgerufen werden.

9. ZUSAMMENFASSUNG

Untersuchungsziel und Versuchsanlage

Im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes "Bergmischwald" der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München wurde der Frage nachgegangen, inwieweit die im Gebirgsraum vielfach praktizierten Löcherhiebe ("Gebirgsfemel") zur Einleitung von Naturverjüngung und zur Begründung künstlicher Verjüngung geeignet sind. Dazu wurden im Herbst des Jahres 1976 vier Versuchspartzen in damals geschlossenen Altbeständen des Bergmischwaldes in den Chiemgauer Alpen eingerichtet. Auf diesen Partzen wurden Lochhiebe ausgeführt, die den Altbestand auf einer kreisrunden Fläche mit einem Durchmesser von 30 m entfernten. Die Partzen wurden sofort nach den Hiebseingriffen gezäunt. Sie standen fünf Vegetationsperioden, von 1977 bis 1981, unter Beobachtung. Im Hinblick auf die Beurteilung der waldbaulichen Eingriffe wurden in dieser Zeit die mikroklimatischen Verhältnisse, die Bodenvegetation, die Naturverjüngung und die künstliche Verjüngung auf den vier Lochhiebpartzen untersucht.

Ergebnisse

Als eine wichtige Kenngröße zur Charakterisierung der mikroklimatischen Verhältnisse auf den Lücken hat sich die relative Beleuchtungsstärke erwiesen. Sie ist mit einer Reihe anderer mikroklimatischer Parameter, wie Horizontabschirmung, Regenniederschlag, mittlerer Schneedeckenhöhe und mittlerem Wasseräquivalent der Schneedecke gesetzmäßig verbunden. Die Beleuchtungsstärke erreichte zu Versuchsbeginn in der Mitte der Lücke rd. 60% der Beleuchtungsstärke einer Freifläche. Zum Bestandesrand hin verminderte sie sich auf Werte unter 40% und fiel, 25 m vom Lückenmittelpunkt entfernt, also bereits unter dem Schirm des Altbestandes, auf unter 15%. In 1,50 m Höhe über dem Boden blieb diese Beziehung bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes erhalten. Am Boden der Lochfläche jedoch entwickelte sich eine dichte Bodenvegetation, die dazu führte, daß im Jahr 1981 in der Lückenmitte am Boden nur mehr eine Beleuchtungsstärke von rd. 4% gemessen werden konnte. Unter dem dichten Bestandesschirm kam dagegen nur spärlich Bodenvegetation auf, und deshalb änderte sich die Beleuchtung gegenüber den Verhältnissen zu Versuchsbeginn auch nicht wesentlich. Im Jahr 1981 waren also am Boden in der Lückenmitte die Lichtverhältnisse ungünstiger als unter dem Altbestandesschirm.

Die Entwicklung der Bodenvegetation in den fünf Jahren verlief also in markanter Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke, und so waren nach fünf Vegetationsperioden in der Lückenmitte der Bedeckungsgrad, die Höhe, das Trockengewicht und in der Regel auch die Artenzahl am höchsten.

Zum Zeitpunkt der Versuchsanlage fanden sich auf den Partzen nur sehr wenige Naturverjüngungspflanzen. In den Folgejahren fruktifizierten die Altbestände jedoch mehrmals und stellten als Voraussetzung für eine Naturverjüngung ein umfangreiches und qualitativ befriedigendes Samenangebot zur Verfügung. Die Samendichte nahm in Abhängigkeit von der Entfernung von den Altbestandsbäumen zur Lückenmitte hin deutlich ab, und so war es nicht verwunderlich, daß auch die Zahl der Keimlinge diese Tendenz erkennen ließ. Das Sproßlängenwachstum der Naturverjüngungspflanzen, die in den ersten Versuchsjahren fußfaßen, war von der relativen Beleuchtungsstärke (als Ausdruck für die Überschirmung durch den Altbestand) bestimmt. Die Keimlinge, die nach 1980 auf den Lochflächen ankamen, reagierten dagegen hinsichtlich ihres Sproßlängenwachstums nicht mehr auf die Überschirmung durch den Altbestand. Für sie wurde vielmehr die Überschirmung durch die Bodenvegetation der entscheidende Faktor.

So kam es, daß sich fünf Jahre nach Versuchsbeginn auf keiner Lochfläche eine hinsichtlich Dichte und Höhe befriedigende Naturverjüngung fand; und damit ist auch in absehbarer Zeit nicht zu rechnen. Lediglich die erwähnten wenigen Naturverjüngungspflanzen - zumeist waren es Ahorne - die sich zu Versuchsbeginn bereits auf den Flächen befanden, profitierten von den Lochhieben und haben Chancen, in naher Zukunft den Wettbewerb mit der Bodenvegetation bestehen und für sich entscheiden zu können. Allerdings reichen diese Pflanzen aufgrund ihrer geringen Zahl nicht aus, eine geschlossene Naturverjüngung zu gewährleisten.

Demgegenüber sind die gepflanzten Bäume, v.a. die kräftigen Fichten- und Tannenverschulpflanzen, problemlos angewachsen. Im Herbst 1981 waren Sproßlänge, Sproßlängenzuwachs und Sproßbasisdurchmesser deutlich nach der relativen Beleuchtungsstärke differenziert. In dem auf der Lückenfläche gebotenen Beleuchtungsbereich zwischen 40% und 60% hatten alle Baumarten gute Wuchsbedingungen (die Tanne sogar optimale) gefunden. In Kürze haben sie das Dickungsstadium erreicht, und die künstliche Verjüngung kann damit als gesichert angesehen werden.

Schlußfolgerungen

Aufgrund der erzielten Ergebnisse werden Löcherhiebe zur Einleitung der Naturverjüngung abgelehnt. Lichtungshiebe, die über ausreichender Naturverjüngung das

Kronendach öffnen, werden dagegen als sinnvoll angesehen. Für die künstliche Verjüngung des Bergmischwaldes bieten sich Löcherhiebe geradezu an. Eine Kombination aus Kunst- und Naturverjüngung erscheint als das erfolgversprechendste Verjüngungsverfahren für den Bergmischwald. Zäune sind dabei allerdings bei der derzeitigen Wild- und Weideviehbelastung des Bergwaldes nicht zu umgehen.

Die Schlußfolgerungen sind auf Lücken, die außerplanmäßig durch neuartige Wald-erkrankungen oder andere Katastrophenereignisse entstehen, übertragbar.

SUMMARY

Introduction

For decades it proved to be impossible to establish natural regeneration of the mixed mountain forests of southern Germany, although in many respects conditions for natural regeneration appear favourable. Despite constant efforts by the Forest Service the naturally mixed Norway spruce - silver fir - beech forests are gradually transformed into pure spruce stands. For this reason a comprehensive research project was initiated by the chair of Silviculture of the University of Munich in order to investigate the factors which determine the process of natural and artificial regeneration of this forest type. One important objective of this study was the evaluation of the so called "Lochhieb", which normally is considered to be a characteristic of the group-selection-system.

Study areas and methods

In 1976 four experimental plots were established in the forest district of Ruhpolding (Fig. 1). They were fenced to protect against deer. The size of each plot was 0,2 ha. On each plot (I, II, III and IV) all trees within a circle of 15 m radius were cut. To estimate seed- and litterfall on such artificial gaps 30 seed- and littertraps were installed (Fig. 5). In addition 52 systematically distributed circular sample units with a size of 1 m² each were established and permanently marked (Fig. 5). In these plots the seedlings, classified according to species (Norway spruce, silver fir, beech, maple) were counted twice annually (spring and autumn). In order to assess mortality, each single plant was marked according to its year of germination. For the evaluation of artificial regeneration trees of five species - spruce, fir, beech, maple and larch - were planted within each gap (Fig. 5). During five growing seasons, between 1977 and 1981, the seed- and litterfall, as well as natural and artificial regeneration were monitored. Additional research was undertaken to assess the development of the competing soil vegetation and to describe the most important microclimatic factors, such as light, temperature, atmospheric humidity, rain- and snowfall.

Results

It could be shown that relative light intensity is a comprehensive indicator of the microclimatic conditions within the gaps. Rainfall (Fig. 15), mean snowdepth (Fig. 18) and mean water content of snow (Fig. 20) were found

to be closely related to relative light intensity. At the time of the initiation of the study, the relative light intensity was about 60% of that in the centre of the gap not covered by trees. It was about 40% at the edge of the gap and about 15% under the canopy of the trees, 25 m from the centre of the gap.

Five years later, this relationship was still the same at a height of 1,50 m above ground (Fig. 8). When measured at the ground surface, however, the relative light intensity in the centre of the gap was only 4% (Fig. 8), because of shading caused by a dense soil vegetation which had developed within five years after cutting. Again five years later the competing vegetation under the canopy adjacent to the gap was much less dense and therefore, the light conditions in this part of the plots did not change essentially. In consequence after five years - because of the soil vegetation - the lowest light intensity occurred in the centre of each gap near to the ground surface.

The development of the soil vegetation as related to the relative light intensity is shown in Fig. 26. After five years, ground cover (Fig. 29), height (Fig. 31), dry matter (Fig. 33) and - for two of four plots - number of species (Fig. 27) of the soil vegetation were dependent on and determined by relative light intensity.

Prior to the cutting the stands were so densely stocked that plants established by natural regeneration could not survive because of lack of light. For that reason at the beginning of the study only few seedlings were found within the plots (Table 31). During the years after cutting a large amount of viable seeds was produced. The distribution of seeds on the ground was determined by the distance from the edge of the stand and the magnitude of fructification (Fig. 36). The distribution of the seedlings was also determined by the distance from the edge of the stand (e.g., spruce year of germination 1977, Fig. 38).

Seedlings germinated in 1977 and 1978 (e.g. spruce 1977, Fig. 41 and maple 1978, Fig. 53) developed better in the centre of the gaps than under the crown canopy. Plants which established later (e.g. maple 1980, Fig. 55) because of the much denser soil vegetation did not develop better in the centre of the gaps than under a dense crown canopy.

In 1981, during the last year of monitoring, natural regeneration on large areas within the plots was found to be insufficient in terms of density (Table 58) and height (Table 55). Only few saplings which had been present already on the plots before 1977 showed an increased rate of growth and appeared sufficiently developed to compete successfully with the soil-vegetation within the next few years (Table 32).

All the planted trees on the other hand had developed satisfactorily. Shoot length, height increment and diameter (root collar) of all planted trees were closely related to light intensity (Fig. 59). Within the range of prevailing relative light intensities on the gaps namely between 40% and 60%, all trees were growing in an adequate environment. Planting therefore appears to be the only reliable method to regenerate gaps in fir - spruce - beech stands.

Conclusions

For the purpose of natural regeneration in mixed mountain forests gap cuttings are only appropriate, if there is a sufficiently large number of young plants, which have already established when the felling is executed. When this is not the case gap cutting can be considered to represent a reliable silvicultural method only if it is combined with artificial regeneration, which has to be carried out at the same time as cutting. These results are valid also for gaps which might occur as a consequence of catastrophic events for example snow breaks or windfalls or as a result of air pollutants.

10. LITERATURVERZEICHNIS

- ABELE (1909): Die Naturverjüngung der Tanne in den Staatswäldungen des Bayerischen Waldes. Forstw. Cbl. 31: 187 - 198; 251 - 266.
- AGER, Th. (1970): Die Waldweide im oberbayerischen Bergbauerngebiet. Der Almbauer 22: 21 - 31.
- AICHINGER, E. (1967): Pflanzen als forstliche Standortseiger. Wien: Österr. Agrarverlag. 367 S. + 227 Bildtafeln.
- ANDERSON, H. W. (1963): Managing California's snow zone lands for water. U. S. For.Serv.Res.Paper, PSW-6.
- ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde. München-Bonn-Wien: BLV. 490 S.
- AULITZKY, H. (1961 a): Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit. In: Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe. Mitt. d. forstl. Bundes-Vers.-Anst. Mariabrunn 59: 105 - 125.
- AULITZKY, H. (1961 b): Die Bodentemperaturen in der Kampfzone oberhalb der Waldgrenze und im subalpinen Zirben-Lärchenwald. In: Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe. Mitt. d. forstl. Bundes-Vers.-Anst. Mariabrunn 59: 153 - 208.
- AULITZKY, H. (1968): Die Lufttemperaturverhältnisse einer zentralalpiner Hanglage. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B, 16: 18 - 69.
- BAUMLER, W. und HOHENADL, W. (1980): Über den Einfluß alpiner Kleinsäuger auf die Verjüngung in einem Bergmischwald der Chiemgauer Alpen. Forstw. Cbl. 99: 207 - 221.
- BAUER, F. (1968): Waldbau als Wissenschaft. Band II. München-Basel-Wien: BLV, 305 S.
- BAUMGARTNER, A. (1958): Die Regenmengen als Standortfaktor am großen Falkenstein (Bayer. Wald). Forstw. Cbl. 77: 230 - 237.
- BAUMGARTNER, A. (1960 a): Gelände und Sonnenstrahlung als Standortfaktor am Gr. Falkenstein (Bayer. Wald). Forstw. Cbl. 79: 286 - 297.
- BAUMGARTNER, A. (1960 b): Die Lufttemperatur als Standortfaktor am Gr. Falkenstein. Forstw. Cbl. 79: 362 - 373.
- BAUMGARTNER, A. (1981): Klima eines Gebirges. In: NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN (ed.): Der Watzmann. S. 26 - 35.
- KGL. BAYERISCHES MINISTERIAL-FORSTBUREAU (ed.) (1861): Die Forstverwaltung Bayerns. München. 532 S.
- BAY. STAATSMIN. E.L.F. (ed.) (1981): Regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns - nach Hauptbaumarten. Karte 1 : 1.000.000 und Anmerkungen zur Kartenlegende. In: Der Wald in Bayern.
- BAY. STAATSMIN. E.L.F. (ed.) (1982): Grundsätze für die Waldbehandlung im bayerischen Hochgebirge. 72 S.
- BENECKE, U. (1972): Physiologische Untersuchungen zur Eignung verschiedener Baumarten bei der Aufforstung in Hochlagen. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München 5: 87 S.
- BERTHOLD, J. (1980): Schnee im Bergmischwald. Diplomarbeit Forstwiss. Fak. der Univ. München. 83 S.

- BICHLMAIER, F. und GUNDERMANN, E. (1974): Beiträge zur Quantifizierung der Sozialfunktionen des Waldes im bayerischen Hochgebirge. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München 21: 65 S. + 157 S.
- BINDER, F. (1982): Das Ankommen und die Entwicklung der Naturverjüngung im Bergmischwald bei dichter Bodenvegetation. Diplomarbeit Forstwiss. Fak. der Univ. München. 77 S.
- BLOTHGEN, J. (1964): Allgemeine Klimageographie. Berlin: de Gruyter & Co. 599 S.
- BÖHM, A. (1973): Möglichkeiten der Naturverjüngung im Hochgebirge. Allg. Forstz. 28: 192 - 193.
- BORMANN, F. H. und LIKENS, G. E. (1979): Pattern and Process in a Forested Ecosystem. New York-Heidelberg-Berlin: Springer. 253 S.
- BORNKAMM, R. (1962): Über die Rolle der Durchdringungsgeschwindigkeit bei Klein-Sukzessionen. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stift.Rübel 37: 16 - 26.
- BRAUN-BLANQUET, J., PALLMANN, H. und BACH, R. (1954): Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im schweizerischen Nationalpark und seinen Nachbargebieten. Ergebnisse wiss. Unters. Schweiz. Nat.park, NF 4. 200 S.
- BRECHTEL, H. M. (1962): Methodische Beiträge zur Ökologie der Überschirmung und Auflichtung einschichtiger waldbestände. Schriftenr. Landesforstverw. Baden-Württ. 14: 94 S.
- BRECHTEL, H. M. (1965): Methodische Beiträge zur Erfassung der Wechselwirkung zwischen Wald und Wasser. Forstarchiv 35: 229 - 241.
- BRECHTEL, H. M. (1969): Gravimetrische Schneemessungen mit der Schneesonde Vogelsberg. Die Wasserwirtschaft 59: 323 - 327.
- BRECHTEL, H. M. und BALÁZS, A. (1976): Auf- und Abbau der Schneedecke im westlichen Vogelsberg in Abhängigkeit von Höhenlage, Exposition und Vegetation. Beiträge zur Hydrologie, Heft 3: 35 - 107.
- BRECHTEL, H. M. und DÖRING, K. W. (1977): Anleitung für die Beobachter des Forstlichen Schneemeßdienstes. Meßanleitung Nr. 1.(2. Aufl.).Hann. Münden: Eigenverlag der Hess. Forstl. Versuchsanstalt. 44 S.
- BÜHLER, A. (1918): Der Waldbau. Band I. Stuttgart: Ulmer. 662 S.
- v. BÜLOW, G. (1962): Die Sudwälder von Reichenhall. Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns 33: 316 S.
- BURSCHEL, P. (1961): Untersuchungen über die natürliche Verjüngung der Buche. Allg. Forstz. 16: 108 - 113.
- BURSCHEL, P. (1975): Schalenwildbestände und Leistungsfähigkeit des Waldes als Problem der Forst- und Holzwirtschaft aus der Sicht des Waldbaus. Allg. Forstz. 30: 214 - 221.
- BURSCHEL, P. (1976): Grundlagen und Methoden zur Bestimmung der wirtschaftlich tragbaren Wilddichte beim Schalenwild. Forstarchiv 47: 52 - 55.
- BURSCHEL, P. (1977): Zur Struktur und Bewirtschaftung der Wälder im bayerischen Alpenraum - Folgerungen für den Gebirgswaldbau. Forstw. Cbl. 96: 120 - 122.
- BURSCHEL, P., HUSS, J. und KALBHENN, R. (1964): Die natürliche Verjüngung der Buche. Schriftenr. d. Forstl. Fak. d. Univ. Göttingen 34: 186 S.
- BURSCHEL, P. und SCHMALTZ, J. (1965 a): Die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung junger Buchen. Allg. Forst- u. J.Ztg. 136: 193 - 210.

- BURSCHEL, P. und SCHMALTZ, J. (1965 b): Untersuchungen über die Bedeutung von Unkraut und Altholzkonkurrenz für junge Buchen. Forstw. Cbl. 84: 230 - 243.
- BURSCHEL, P., LÖW, H. und METTIN, Ch. (1977): Waldbauliche Untersuchungen in den Hochlagen des Werdenfelser Landes. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München. 37: 193 S.
- BURSCHEL, P. und MOSANDL, R. (1981): Nachwuchsprobleme im Bergwald (Regeneration of mountain forests poses problems). Mitt. der Deutschen Forschungsgem. 3/81: 6 - 9 (Reports of the DFG 3/82: 6 - 9).
- BUTIN, H. und ZYCHA, H. (1973): Forstpathologie. Stuttgart: Thieme. 177 S.
- CASPAR, W. (1962): Die Schneedecke in der Bundesrepublik Deutschland. Deutscher Wetterdienst - Zentralamt. 456 S.
- CERNUSCA, A. (1976): Bestandesstruktur, Bioklima und Energiehaushalt von alpinen Zwergstrauchbeständen. Oec. Plant. 11: 71 - 102.
- CIESLAR, A. (1904): Einiges über die Rolle des Lichtes im Walde. Mitt. aus dem forstl. Versuchswes. Österreichs. 105 S.
- COCHRAN, W. G. und COX, G. M. (1968): Factorial experiments with main effects counfounded: Split-plot designs. In: Experimental Designs. New York: Wiley. S. 293 - 316.
- COTTA, H. (1828): Anweisung zum Waldbau (4. Aufl.). Dresden-Leipzig. 413 S.
- DANZ, W. (1970): Aspekte einer Raumordnung in den Alpen. München: WGI-Berichte zur Regionalforschung 1: 306 S.
- DANZ, W., KARL, J. und TOLDRIAN, H. (1971): Über den Waldzustand im oberbayerischen Hochgebirge. Forstw. Cbl. 90: 87 - 103.
- DAXER, H. (1934): Über die Assimilationsökologie der Waldbodenflora. Jahrbücher f. wiss. Botanik 80: 363 - 420.
- v. DENFFER, D. (1978): Einleitung. In: STRASBURGER, E.: Lehrbuch der Botanik. (31. Aufl.). Stuttgart-New York: Fischer. S. 3 - 8.
- DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN (ed.) (1975): Monatliche Witterungsberichte für Südbayern.
- DIRMHIRN, J. (1964): Das Strahlungsfeld im Lebensraum. Frankfurt a. M.: Akad. Verlagsges. 426 S.
- DONITA, N. (1972): Bestimmung der Krautschichtbiomasse im Walde. Oec. plant. 7: 85 - 94.
- DOYLE, T. W. (1981): The role of disturbance in the gap dynamics of a montane rain forest: An application of a tropical forest succession model. In: WEST, D. C., SHUGART, H. H. und BOTKIN, D. B. (ed.): Forest Succession. Concepts and application. New York: Springer. S. 56 - 73.
- DRESCHER, W. (1965): Aus der Bestands- und Ertragsgeschichte von Beständen des südlichen Hochschwarzwaldes. Schriftenr. Landesforstverw. Baden-Württ. 19: 58 S.
- EBER, W. (1972): Über das Lichtklima von Wäldern bei Göttingen und seinen Einfluß auf die Bodenvegetation. Scripta Geobotanica 3: 150 S.
- EBERHARDT, E. und THOMASIUS, H. (1981): Natürliche Regeneration von Rotbuchen-Beständen auf der Grundlage von Bestands-Behandlungstypen. Sekt. Forstwirtschaft. Tharandt der Techn. Univ. Dresden. 16 S.
- ECKHART, G. (1973): Der Verjüngungszustand des Waldes in Österreich. Cbl. ges. Forstwesen 90: 1 - 21.

- EHRENDORFER, F. (1978): Geobotanik. In: STRASBURGER, E.: Lehrbuch der Botanik. (31. Aufl.). Stuttgart-New York: Fischer. S. 856 - 987.
- EIBERLE, K. (1970): Über die Wirksamkeit von Zäunen im Walde. Schweiz. Z. Forstw. 121: 704 - 705.
- EIBERLE, K. und KLÖTZLI, F. (1968): Bestandesverhältnisse und Wildverbiß. Schweiz. Z. Forstw. 119: 794 - 800.
- EICHRODT, R. (1970): Über die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald. Beih. zu d. Z. Schweiz. Forstver. Nr. 45: 122 S.
- van EIMERN, J. (1971): Wetter- und Klimakunde. Stuttgart: Ulmer. 239 S.
- ELLENBERG, H. (1982): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht (3. Aufl.). Stuttgart: Ulmer. 989 S.
- ELLENBERG, H. und KLÖTZLI, F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. 48: 388 - 930.
- ENGLER, A. (1905): Aus der Theorie und Praxis des Femelschlagbetriebes. Schweiz. Z. Forstwes.: 26 S.
- ERNST, F. (1928): Wasserhaushalt unter Waldbestockung in Glimmerschiefer und Phyllitverwitterungsböden. Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns 19: 1 - 68.
- FABRICIUS, L. (1929): Neue Versuche zur Feststellung des Einflusses von Wurzelwettbewerb und Lichtentzug des Schirmbestandes auf den Jungwuchs. Forstw. Cbl. 51: 477 - 506.
- FABRICIUS, L. (1932): Festlegung forstlicher Fachausdrücke. Forstw. Cbl. 54: 825 - 838.
- FAJMONOVÁ, E. (1980): [Notes on natural reforestation of the fir wood (*Abies alba* Mill.) on different geological substrates]. Biológia (Bratislava) 35: 701 - 709.
- FARROKHPUR, B. (1981): Waldbaulich-ökologische Untersuchungen zur Verjüngung von Fichten-, Tannen-, Buchen-Mischbeständen. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. Freiburg. 240 S.
- FEIL, W. (1980): Untersuchungen über den Einfluß von Schalenwildverbiß auf die Verjüngung des Bergmischwaldes anhand gezäunter und ungezäunter Flächen im Bereich des Forstamtes Kreuth/Tegernsee. Diplomarbeit Forstwiss. Fak. Univ. München. 60 S.
- FILZER, P. (1939): Lichtintensität und Trockensubstanzproduktion in Pflanzengesellschaften. Ber. dtsh. bot. Ges. 57: 155 - 164.
- FINSTERER, A. (1973): Die klassischen bayerischen Naturverjüngungsverfahren im Raume Kelheim. Beih. Forstw. Cbl. 35: 100 S.
- FISCHBACHER, G. (1956): Über das Waldweideproblem und die Bergbauernfrage. Bayer. Landwirtsch. Jahresber. 33: 114 S.
- FISCHER, K. (1968): Ruhpolding und die Chiemgauer Alpen. In BAY. LANDESVERMESSUNGSAMT (ed.): Topographischer Atlas Bayern. München: List. S. 286.
- FLEMMING, G. (1968): Die Windgeschwindigkeit auf waldumgebenden Freiflächen. Arch. Forstwes. 17: 5 - 16.
- FORSTER, H. und SLEIK, H. (1974): Untersuchungsmethoden zur Charakterisierung des Einflusses von Wildverbiß auf die qualitative und quantitative Entwicklung von Naturverjüngungen im oberbayerischen Alpenraum. Diplomarbeit Forstwiss. Fak. Univ. München. 104 S.

- FREESE, F. (1964): Linear regression methods for forest research. Madison, Wis. U.S. For. Serv. Res. Paper FPL 17: 136 S.
- FREITAG, H. (1962): Einführung in die Biogeographie von Mitteleuropa. Stuttgart: Fischer. 214 S.
- FRIEDEL, H. (1961): Schneedeckendauer und Vegetationsverteilung im Gelände. In: Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe. Mitt. d. forstl. Bundes-Vers.-Anst. Mariabrunn 59: 317 - 369.
- GAŠPERŠIČ, F. (1974): [Gesetzmäßigkeiten der Naturverjüngung in Tannen-Buchenwäldern des Hohen Karstes im Bergmassiv von Snežnik-Javornik]. Diss. Biotechn. Fak. Ljubljana. 133 S.
- GAYER, K. (1895): Über den Femelschlag und seine Ausgestaltung in Bayern. Berlin: Parey. 31 S.
- GAYER, K. (1898): Der Waldbau.(4. Aufl.).Berlin: Parey. 626 S.
- GEIGER, R. (1941): Das Standortklima in Altholznahe. Mitt. Akademie der Deutschen Forstwissenschaft 1: 148 - 172.
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht (4. Aufl.). Braunschweig: Vieweg u. Sohn. 646 S.
- GERWIG, F. (1868): Die Weißtanne im Schwarzwalde. Berlin. 141 S.
- GRACE, J. (1983): Plant-atmosphere relationships. Outline studies in ecology. London-New York: Chapman and Hall. 92 S.
- GROSSE, H.-U. (1983): Untersuchungen zur künstlichen Verjüngung des Bergmischwaldes - Ergebnisse eines Forschungsprojektes in den ostbayerischen Kalkalpen. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München 55: 203 S.
- GRUNOW, J. (1955): Der Niederschlag im Bergwald. Forstw. Cbl. 74: 21 - 36.
- GÜRTH, P. (1982): Bestandesgeschichtliche Untersuchungen im mittleren Schwarzwald. Ein Beitrag zur historischen Methode in Waldbau und Forsteinrichtung. Schriftenr. Landesforstverw. Baden-Württ. 57: 4 - 140.
- v. GUTTENBERG, A. (1915): Wachstum und Ertrag der Fichte im Hochgebirg. Wien-Leipzig.
- HARTIG, G. L. (1791): Anweisung zur Holzzucht für Förster. Marburg. 197 S.
- HEISEKE, D. (1969): Untersuchungen über Samenproduktion und Samenflug, Keimung und Keimlingsentwicklung bei der Fichte. Diss. Univ. Hann.Münden. 158 S.
- HEISIG, J. und THOMASIUS, H. (1968): Studie über den Einfluß der Lichtverhältnisse im Bestand sowie der Höhenlage auf die Verjüngungsfreudigkeit der Fichte. Arch. Forstw. 17: 1173 - 1184.
- HEYER, C. und HEß, R. (1906/1909): Der Waldbau oder die Forstproduktzucht. Band I + II.(5. Aufl.).Leipzig-Berlin: Teubner. 518 S. + 302 S.
- HILLGARTER, F. W. (1976): Schutzmaßnahmen zur Wildschadensverhütung - waldbauliche und technische Möglichkeiten. Allg. Forstztg. Wien 87: 247
- HOCHTANNER, G. (1962): Hat der Femelschlag im inneren Bayerischen Wald versagt? Allg. Forstz. 17: 38 - 40.
- HOCKENJOS, F. (1962): Femelschlag im Forstbezirk St. Märgen. Allg. Forstz. 17: 308 - 310.
- HOCKENJOS, F. (1968): Waldbauliche Erfahrungen im Fichten-Tannen-Buchenwald des Westschwarzwaldes. Allg. Forst- u. J.Ztg. 139: 13 - 18.

- HOHENADL, W. (1981): Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes - Erste Ergebnisse eines Forschungsprojekts in den ostbayerischen Kalkalpen. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 197 S.
- HUSS, J. (1977): Vergleichende ökologische Untersuchungen über die Reaktionen junger Fichten auf Lichtentzug und Düngung im Freigelände und in Beschattungskästen. Göttinger Bodenkundliche Berichte 51: 215 S.
- HUSS, J. (1978): Die Wirkung von Unkrautbekämpfungen auf die Entwicklung von Waldverjüngungen. Allg. Forstztg. Wien 89: 120 - 125.
- HUSS, J. und STEPHANI, A. (1978): Lassen sich angekommene Buchennaturverjüngungen durch frühzeitige Auflichtung, durch Düngung oder Unkrautbekämpfung rascher aus der Gefahrenzone bringen? Allg. Forst- u. J.Ztg. 149: 133 - 145.
- IN DER GAND, H. R. (1954): Beitrag zum Problem des Gleitens der Schneedecke auf dem Untergrund. Winterbericht des Eidg. Instituts f. Schnee- u. Lawinenforschung 17: 103 - 117.
- INTERN. VEREINIGUNG FÜR SAATGUTPRÜFUNG (ed.) (1976): Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. Seed. Sci. u. Technol. 4: 357 - 409; 411 - 550.
- JOBST, E. (1962): Über die Beziehungen zwischen Land- und Forstwirtschaft im oberbayerischen Bergbauerngebiet. Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns 32: 165 S.
- JUDEICH, F. (1871): Die Forsteinrichtung. Dresden: Schönfelds Verlagsbuchhandlung. 388 S.
- JUNGHANS, H. (1966): Sonne und Schatten am Bestandesrand. Arch. Forstw. 15: 441 - 451.
- KARL, J. (1967): Um die Zukunft der bayerischen Gebirgslandschaft. Allg. Forstz. 22: 526 - 529.
- KARL, J. (1968): Berglandschaft in Gefahr. Auf der Alpe. Bd. 11/12.
- KARL, J. und DANZ, W. (1969): Der Einfluß des Menschen auf die Erosion im Bergland. Schriftenr. Bayer. Landesamt f. Gewässerkunde 1: 98 S.
- KOCH, H. (1968): Naturverjüngung im Alpenvorland. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 213 S.
- KÖPPEN, W. und GEIGER, R. (1961): Die Klimazonen der Erde (Wandkarte). Darmstadt: Perthes.
- KORPEL', Š. (1965): [Der Einfluß der Artzusammensetzung der Tannen-Buchenbestände auf die natürliche Verjüngung der Tanne]. Sbor. ved. prác, Lesnickej Fakulty VŠLD vo Zvolene, 1: 61 - 87.
- KORPEL', Š. (1971): Der Kleinflächenschirmschlag in den grundlegenden Bestandesmischungen im natürlichen Verbreitungsgebiet der Tanne in der Slowakei. Zvolen Czechoslovakia: Acta Facultatis forestalis 13: 75 - 100.
- KORPEL', Š. (1978): [Die Anfangsphasen der natürlichen Verjüngung von Buchenbeständen]. Práce VÚLH vo Zvolene ČSSR 27: 109 - 141.
- KRAL, F. (1974): Grundzüge einer postglazialen Waldgeschichte des Ostalpenraumes. In: MAYER, H.: Wälder des Ostalpenraumes. Stuttgart: Fischer. S. 236 - 273.
- KRAL, F. (1980): Waldgeschichtliche Grundlagen für die Ausscheidung von Ökotypen bei Abies alba. In: JUFRO-GRUPPE ÖKOSYSTEME (ed.): 3. Tannen-Symposium Wien 1980. S. 158 - 168.

- KREČMER, V. (1966/1967): Das Mikroklima der Kiefernlochkahlschläge. Wetter und Leben 18: 186 - 198; 19: 203 - 214; 20: 61 - 72 u. 137 - 151.
- KREUTZER, K. und FOERST, K. (1977): Forstliche Wuchsgebietgliederung Bayerns. Karte 1:1.000.000. Bayer. Staatsmin. E.L.F. (ed.).
- KREUTZER, K. (1981): Der Einfluß der Bestandesstruktur auf die Sauspannungen und hydraulischen Gradienten unterhalb des Wurzelraumes in einem Fichtenbestand. Mitt. dtsh. bodenkundl. Ges. 30: 159 - 168.
- KROTH, W. (1982): mündl. Mitteilung
- KUEN, H. und BUBENIK, A. B. (1980 a): Angebot und Nutzung eines alpinen Ökosystems durch Rotwild (*Cervus elaphus nippelaphus*), Rehwild (*Capreolus capreolus*) und Gamswild (*Rupicapra rupicapra*). In: Alpine Umweltprobleme. Ergebnisse des Forschungsprojekts Achenkirch. Teil V. Beiträge zur Umweltgestaltung A 67. Berlin: Schmidt. S. 11 - 40.
- KUEN, H. und BUBENIK, A. B. (1980 b): Botanische Pansenanalysen bei Rotwild (*Cervus nippelaphus*), Rehwild (*Capreolus capreolus*) und Gamswild (*Rupicapra rupicapra*). In: Alpine Umweltprobleme. Ergebnisse des Forschungsprojekts Achenkirch. Teil VI. Beiträge zur Umweltgestaltung A 67. Berlin: Schmidt. S. 41 - 60.
- KUOCH, R. (1954 a): Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weißtanne. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. 30: 133 - 260.
- KUOCH, R. (1954 b): Bergwälder und Baumartenwahl. Schweiz. Z. Forstwes. 105: 249 - 264.
- van LAAR, A. (1979): Biometrische Methoden in der Forstwissenschaft. Teil I und II. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München 44/I+II: 702 S.
- van LAAR, A. (1980): Quantitative studies of natural regeneration in the mountain forests of Bavaria. Lehrstuhl f. Waldbau und Forsteinrichtung der Univ. München (ed.). 110 S.
- LAEPPLER, H. (1980): Untersuchungen über den Einfluß von Schalenwildverbiß auf die Verjüngung des Bergmischwaldes anhand gezäunter und ungezäunter Flächen im Bereich der Forstämter Mittenwald, Garmisch und Oberammergau. Diplomarbeit Forstwiss. Fak. Univ. München. 82 S.
- LARCHER, W. (1973): Ökologie der Pflanzen. Stuttgart: Ulmer. 320 S.
- LARCHER, W. (1980): Physiological Plant Ecology. Berlin-Heidelberg-New York: Springer. 303 S.
- LEHRSTUHL FÜR WALDBAU UND FORSTEINRICHTUNG (ed.) (1981): Bergmischwald - Exkursionsführer. Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Univ. München. 18 S.
- LEIBUNDGUT, H. (1946): Femelschlag und Plenterung. Schweiz. Z. Forstwes. 97: 306 - 317.
- LEIBUNDGUT, H. (1949): Das schweizerische Plenter- und Femelschlagverfahren. Allg. Forstz. 4: 355 - 358.
- LEIBUNDGUT, H. (1953): Beitrag zur Anwendung und zum Ausbau der Kontrollmethode im Plenter- und Femelschlagwald. Schweiz. Z. Forstwes. 104: 32 - 41.
- LEIBUNDGUT, H. (1973): Wald und Wild. Seminar des Intern. Verbandes Forstl. Forschungsanstalten vom 28.8. bis 2.9.1972 an der ETH Zürich. Beih. zu d. Schweiz. Z. Forstwesen.
- LEIBUNDGUT, H. (1981): Die natürliche Waldverjüngung. Bern-Stuttgart: Haupt. 107 S.

- LIETH, H. und WHITTAKER, R. H. (ed.) (1975): Primary Productivity of the Biosphere. Ecological Studies 14. Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- LINDER, A. (1954): Vertrauensgrenzen eines Extremums. Statistische Vierteljahresschrift. 7: 4 - 6.
- LINDER, A. (1964): Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure (4. Aufl.). Basel-Stuttgart: Birkhäuser. 484 S.
- LÖW, H. (1975): Zustand und Entwicklungsdynamik der Hochlagenwälder des Werdenfeller Landes. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 200 S.
- LOIDL, W. und REIMOSER, F. (1980): Waldbaulich-betriebswirtschaftliche Beurteilung des alternativen Kunst- und Naturverjüngungsbetriebes in einem fichtenreichen Gebirgsrevier. Cbl. ges. Forstwes. 97: 151 - 171.
- v. LÖPKE, B. (1982): Versuche zur Einbringung von Lärche und Eiche in Buchenbestände. Schriftenr. d. Forstl. Fak. d. Univ. Göttingen 74: 123 S.
- LÖTZKE, R. (1961): Das Temperaturklima von Waldbeständen und Lichtungen im Vergleich zur offenen Feldflur. Arch. Forstwes. 10: 17 - 83.
- LÖTZKE, R. (1967): Die Luftfeuchtigkeit im Walde im Vergleich zur offenen Feldflur. Arch. Forstwes. 16: 629 - 633.
- LUFT, W. (1973): Waldbaulich-ökologische Untersuchungen bei der Femelschlagverjüngung im montanen Tannen-Buchenwald des westlichen Hochschwarzwaldes. Schriftenr. Landesforstverw. Baden-Württ. 39: 111 S.
- MAGIN, R. (1949): Der Einfluß der Waldweide im oberbayerischen Hochgebirge auf Boden, Zuwachs und Ertrag des Waldes. Diss. Univ. München. 116 S.
- MAGIN, R. (1959): Struktur und Leistung mehrschichtiger Mischwälder in den bayerischen Alpen. Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns 30: 162 S.
- MAGNUSSEN, S. (1980): Wachstumsreaktion junger Weiß- und Küstentannen verschiedener Herkünfte auf Beschattung. Diss. Univ. Göttingen. 153 S.
- MAYER, H. (1962 a): Waldbauliche Aspekte der Entstehung des nordalpinen Tannen-Buchen-Waldes (*Abieti-Fagetum*). Schweiz. Z. Forstwes. 113: 369 - 384.
- MAYER, H. (1962 b): Zur waldbaulichen Beurteilung anthropogen beeinflusster Fichten-Tannen-Buchen-Wälder (*Abieti-Fagetum*) in den Chiemgauer Alpen. Forstw. Cbl. 81: 358 - 371.
- MAYER, H. (1963 a): Tannenreiche Wälder am Nordabfall der mittleren Ostalpen. Vegetationsgefälle in montanen Waldgesellschaften von den Chiemgauer und Kitzbüheler Alpen zu den nördlichen Hohen Tauern/Zillertaler Alpen. München-Basel-Wien: BLV. 259 S.
- MAYER, H. (1963 b): Bodendecke und Naturverjüngung. Cbl. ges. Forstwes. 80: 1 - 20.
- MAYER, H. (1971): Entwicklungstendenzen im Gebirgswaldbau. Cbl. ges. Forstwes. 88: 79 - 100.
- MAYER, H. (1972): Möglichkeiten und Grenzen der Schalenwildhege im Gebirgswald. Allg. Forstz. 47: 929 - 930.
- MAYER, H. (1973): Möglichkeiten und Grenzen der Schalenwildhege im Gebirgswald. Beih. zu d. Z. Schweiz. Forstver. 52: 90 - 118.
- MAYER, H. (1974): Wälder des Ostalpenraumes. Stuttgart: Fischer. 344 S.
- MAYER, H. (1975 a): Der Einfluß des Schalenwildes auf die Verjüngung und Erhaltung von Naturwaldreservaten. Forstw. Cbl. 94: 209 - 224.

- MAYER, H. (1975 b): Schäden durch überhöhte Wildstände - ein volkswirtschaftliches Problem. Allg. Forstztg. Wien 86: 40 - 46.
- MAYER, H. (1975 c): Notwendige Maßnahmen zur Lösung der Wildfrage im Schutzwaldbereich. Allg. Forstztg. 30: 51 - 53.
- MAYER, H. (1976 a): Europäische Literatur über Urwälder und Naturwaldreservate. XVI. IUFRO Kongr. Oslo, Kongr. Group 1 Ecosystems, Inst. f. Waldbau d. Univ. f. Bodenkultur Wien. S. 106 - 121.
- MAYER, H. (1976 b): Gebirgswaldbau - Schutzwaldpflege. Ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz. Stuttgart: Fischer. 435 S.
- MAYER, H. (1981): Die 10 ökologischen Wald-Wild-Gebote für naturnahen Waldbau und naturnahe Jagdwirtschaft. Inst. für Waldbau d. Univ. f. Bodenkultur Wien.
- MAYER, H., SCHENKER, S. und ZUKRIGL, K. (1972): Der Urwaldrest Neuwald beim Lahnsattel. Cbl. ges. Forstwesen 89: 147 - 190.
- MAYER, He. (1979): Mikroklimatische Untersuchungen im ostbayerischen Bergmischwald. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B, 26: 247 - 262.
- MAYER, He. (1980): Schnee im ostbayerischen Bergmischwald unter verschiedenen Übershirmungen. Proc. XVI. Kongr. Alpine Meteorologie. S. 249 - 254.
- McDONALD, P. M. (1980): Seed dissemination in small clearcuttings in north-central California. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. U.S. For. Serv. Res. Paper No. PSW - 150: 5 S. Zit. n. For. Abstr. 1982: 5597.
- MEISTER, G. (1969 a): Ziele und Ergebnisse forstlicher Planung im oberbayerischen Hochgebirge. Forstw. Cbl. 88: 97 - 130.
- MEISTER, G. (1969 b): Überlegungen zur künftigen Betriebsgestaltung im oberbayerischen Hochgebirge. Forstw. Cbl. 88: 202 - 230.
- MEISTER, G. (1972): Wald, Wild, Almwirtschaft in Oberbayern. Allg. Forstztg. 27: 239 - 241.
- MESSER, H. (1948): Die Waldsamenernte. Hannover: Schaper. 64 S.
- METTIN, Ch. (1977): Zustand und Dynamik der Verjüngung der Hochlagenwälder im Werdenfelser Land. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 161 S.
- 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. Forstwiss. Fak. Univ. München. 165 S.
- MITSCHERLICH, G. (1971): Wald, Wachstum und Umwelt. Bd. II. Frankfurt a. Main: Sauerländer. 365 S.
- MITSCHERLICH, G., KÜNSTLE, E. und LANG, W. (1967): Ein Beitrag zur Frage der Beleuchtungsstärke im Bestande. Allg. Forst- u. J.Ztg. 138: 213 - 223.
- MOHR, H. (1969): Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Berlin-Heidelberg-New York: Springer. 408 S.
- MORANDINI, R. (1982): Waldbau und Holzernte im Gebirge Mitteleuropas. In: MÜNCHENER MESSE- UND AUSSTELLUNGSGES. MBH (ed.): Dokumentation des Kongr. d. IUFRO Div. 3. München. S. 92 - 99.
- MORTZFELDT (1896): Über horstweisen Vorverjüngungsbetrieb. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwes. 28: 2 - 31.

- MOSER, O. (1965): Untersuchungen über die Abhängigkeit der natürlichen Verjüngung der Fichte vom Standort. Cbl. ges. Forstwesen 82: 18 - 55.
- MÖLLER-USING, B. (1973): Untersuchungen über die Verjüngung von *Nothofagus alpina* (POEPP. et ENDL.) OERST. und ihrer wichtigsten Begleitbaumarten in der chilenischen Anden- und Küstenkordillere. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 229 S.
- NÄGELI, W. (1940): Lichtmessungen im Freiland und in geschlossenen Altholzbeständen. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. 21: 250 - 306.
- NEUMANN, M. (1979): Bestandesstruktur und Entwicklungsdynamik im Urwald Rothwald/Noe und im Urwald Corkova Uvala/Kroatien. Diss. Univ. f. Bodenkultur Wien. 135 S.
- NEUSTEIN, S. A. (1965): Windthrow on the margin of various sizes of felling area. London. For. Comm. Rep. on For. Res. 1964: 166 - 171.
- OBERNDORFER, E. (1951): Die Schafweide im Hochgebirge. Forstw. Cbl. 70: 117 - 124.
- OBERFORSTDIREKTION MÜNCHEN (ed.) (1977): Langfristige Forstbetriebsplanung für das Forstamt Kreuth.
- v. PECHMANN, H. (1932): Beitrag zur Geschichte der Forstwirtschaft im oberbayerischen Hochgebirge. Forstw. Cbl. 54: 605 - 622; 645 - 661; 693 - 709 ; 721 - 734.
- PHILIPP, K. und KURZ, E. (1926): Die Verjüngung der Hochwaldbestände. Karlsruhe: Lang. 49 S.
- PLATE, G. (1975): Ökologische Untersuchungen zur Verjüngung der Fichte. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 200 S.
- PLOCHMANN, R. (1958): Raum und Zeit in süddeutschen Naturverjüngungsverfahren. Forstw. Cbl. 77: 321 - 329.
- PLOCHMANN, R. (1961): 150 Jahre Waldbau im Staatswaldgebiet zwischen Osser und Dreisessel. Beih. Forstw. Cbl. 13: 130 S.
- PLOCHMANN, R. (1962): Der Femelschlag im inneren Bayerischen Wald hat versagt! Allg. Forstztg. 17: 231 - 232.
- PLOCHMANN, R. (1969): Die Waldweide im oberbayerischen Bergbauerngebiet: Lehren der Geschichte - Probleme der Zukunft. Der Almbauer 21, Heft 11 + 12: 163 - 173; 193 - 198.
- PREUHLER, T. (1979): Ertragskundliche Merkmale oberbayerischer Bergmischwald-Verjüngungsbestände auf kalkalpinen Standorten im Forstamt Kreuth. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München 45: 372 S.
- PREUHLER, T. (1981): Ertragskundliche Merkmale oberbayerischer Bergmischwald-Verjüngungsbestände auf kalkalpinen Standorten im Forstamt Kreuth. Forstw. Cbl. 100: 313 - 345.
- RAUSCH, V. (1975): Untersuchung der Verjüngungssituation in den bayerischen Alpen - Dargestellt am Beispiel der Schutzwälder in der Bergregion des Landkreises Miesbach. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 151 S.
- REBEL, K. (1922): Waldbauliches aus Bayern. Bd. I. Diessen vor München: Huber. 293 S.
- RIEDL, H. (1964): Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. Aus der Arbeit der Bundesforstgärten in Tirol. In: SCHMIDT-VOGT, H. (ed.): Forstsamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. München: BLV. S. 205 - 213.

- RÖHRIG, E. (1982): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Bd. II. Begründet von DENGLE, A. Hamburg und Berlin: Parey. 280 S.
- RUNKLE, J. R. (1981): Gap regeneration in some old-growth forests of the eastern United States. *Ecology* 62: 1041 - 1051.
- SACHS, L. (1978): Angewandte Statistik (5. Aufl.). Berlin-Heidelberg-New York: Springer. 552 S.
- SCHAFFER, W. M. und LEIGH, E. G. (1976): The prospective role of mathematical theory in plant ecology. *Systematic Botany* 1: 209 - 232.
- SCHAUER, Th. (1972): Wildzäune allein reichen zur Abwehr von Wildschäden im Bergwald nicht aus. *Allg. Forstz.* 27: 242 - 243.
- SCHAUER, Th. (1973): Wieviel Äsung braucht das Wild? *Die Pirsch* 25: 349 - 354.
- SCHMIDT-THOMÉ, P. (1964): Der Alpenraum. In: BAYER. GEOLOG. LANDESAMT (ed.): Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern (1:500.000). München. S. 244 - 294.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1961): Die Gütebeurteilung von Forstpflanzen. München: BLV. 171 S.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1972): Untersuchungen zur Bedeutung des Lichtfaktors bei Femelschlagverjüngung von Tannen-Buchen-Fichten-Wäldern im westlichen Hochschwarzwald. *Forstw. Cbl.* 91: 238 - 247.
- SCHÖNENBERGER, W. (1975): Standortseinflüsse auf Versuchsaufforstungen an der alpinen Waldgrenze (Stillberg, Davos). *Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt.* 51: 357 - 428.
- SCHÖNENBERGER, W. (1978): Ökologie der natürlichen Verjüngung von Fichte und Bergföhre in Lawinenzügen der nördlichen Voralpen. *Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt.* 54: 215 - 361.
- SCHÖRRY, R. (1980): Bodenformen und Ansamungserfolg im Bergmischwaldprojekt Ruhpolding. Diplomarbeit Forstwiss. Fak. Univ. München. 82 S.
- SCHRENKER, A. (1981): Einfluß des Kleinstandortes auf Anwuchserfolg, Wachstum und Ernährungszustand von Fichten im Alp-Aufforstungsgebiet Hochschelpen. Diplomarbeit Forstwiss. Fak. Univ. München. 102 S.
- SCHREYER, G. und RAUSCH, V. (1978): Der Schutzwald in der Alpenregion des Landkreises Miesbach. *Bay. Staatsmin. E.L.F. (ed.)*. 116 S.
- SCHWAB, P. (1980): Forstschäden durch Weidevieh größer als angenommen. In: *Alpine Umweltprobleme. Ergebnisse des Forschungsprojekts Achenkirch. Teil VII. Beiträge zur Umweltgestaltung A 67.* Berlin: Schmidt. S. 61 - 97.
- SCHWARZ, O. (o.J.): Forsthydrologische Schneemessungen im deutschsprachigen Raum. Hektograf. Manuskript. 22 S.
- SEEGER, M. (1925): Zur Kritik des badischen Femelschlages. *Forstw. Cbl.* 47: 877 - 891.
- SEEHOLZNER, M. (1922): Saumfemelschlag und Blendersaumschlag. *Forstw. Cbl.* 44: 125 - 137.
- SEIBERT, P. (1968): Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern (1:500.000) mit Erläuterungen. *Schriftenr. für Vegetationskunde*, Heft 3: 84 S.

- SIEGMUND, E. (1975): Aufwand und Ertrag bei waldbaulichen Betriebsformen, untersucht an Modellen von Tannen-Fichten-Buchen-Mischbeständen. *Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München.* 108 S.
- SLAVIK, B., SLAVIKOVÁ, J. und JENIK, J. (1957): [Ökologie der gruppenweisen Verjüngung eines Mischbestandes]. *Rozpravy Tschechoslow. Akad.* 67, Nr. 2: 1 - 155.
- SORG, J.-P. (1980): Végétation et rajeunissement naturel dans la pessière subalpine de Vals (GR). *Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt.* 56: 1 - 114.
- SPURR, S. H. und BARNES, B. V. (1973): *Forest Ecology*. (2. Aufl.). New York: Ronald press company. 571 S.
- STÄLFELT, M. G. (1963): On the distribution of the precipitation in a spruce stand. In: RUTTER, A. J. und WHITEHEAD, F. H. (ed.): *The water relations of plants.* Blackwell Sci. Publ.: 115 - 126.
- STEPHANI (1926): Erfahrungen auf dem Gebiet der Femelschlagwirtschaft. *Allg. Forst- u. J.Ztg.* 102: 233 - 252.
- SURBER, E. (1964): Über die Waldpflanzennachzucht für das Hochgebirge in der Schweiz. In: SCHMIDT-VOGT, H. (ed.): *Forstsamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge.* München: BLV. S. 195 - 204.
- TOLDRIAN, H. (1974): Wasserabfluß und Bodenabtrag in verschiedenen Waldbeständen. *Allg. Forstz.* 29: 1107 - 1109.
- TONNE, F. (1954): *Besser bauen - mit Besonnungs- und Tageslicht-Planung.* Schorn-dorf bei Stuttgart: Hofmann. 41 S. + Abb. und Kurvenblätter.
- TURNER, H. (1961): Die Niederschlags- und Schneeverhältnisse. In: *Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe.* *Mitt. d. forstl. Bundes-Vers.-Anst. Mariabrunn* 59: 265 - 315.
- TURNER, H. (1971): Mikroklimatographie und ihre Anwendung in der Ökologie der subalpinen Stufe. *Annalen der Meteorologie, Neue Folge.* Nr. 5: 275 - 281.
- TURNER, H. und TRANQUILLINI, W. (1961): Die Strahlungsverhältnisse und ihr Einfluß auf die Photosynthese der Pflanzen. In: *Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe.* *Mitt. d. forstl. Bundes-Vers.-Anst. Mariabrunn* 59: 69 - 103.
- UEBELHÖR, K. (1979): Die Reaktion der Bodenvegetation auf unterschiedlich starke Überschildung im Bergmischwald bei Ruhpolding. *Diplomarbeit Forstwiss. Fak. Univ. München.* 92 S.
- UEBELHÖR, K. (1983): Struktur und Dynamik von Nothofagus-Urwäldern in den Mittel-lagen der valdivianischen Anden Chiles. *Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München.* 221 S.
- VANSELOW, K. (1931): *Theorie und Praxis der natürlichen Verjüngung im Wirtschaftswald.* Neudamm: Neumann. 280 S.
- VANSELOW, K. (1949): *Der bayerische Femelschlag und seine Fortbildung.* *Forstwirtschaftl. Praxis*, Heft 6: 56 S.
- VANSELOW, K. (1957): Die Verjüngungsformen. Entstehung - Entwicklung - Sinn und Wert. *Allg. Forstz.* 12: 205 - 208.
- VELTSISTAS, T. (1980): Untersuchungen über die natürliche Verjüngung im Bergmischwald. Die Fruktifikation 1976/77 und 1977/78 auf Versuchsflächen im Forstamt Ruhpolding. *Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München.* 130 S.

VÉZINA, P. E. (1960): Recherches sur les conditions de lumière et de précipitations dans les forêts traitées par la coupe progressive par groupes. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. 36: 33 - 137.

VÉZINA, P. E. und PÉCH, G. Y. (1964): Solar radiation beneath conifer canopies in relation to crown closure. Forest Science 10: 443 - 451.

WAGNER, C. (1914): Die Grundlagen der räumlichen Ordnung im Walde. Tübingen: Laupp'sche Buchhandlung. 384 S.

WAGNER, C. (1915): Der Blendersaumschlag und sein System. Tübingen: Laupp'sche Buchhandlung. 382 S.

WALDARBEITSSCHULE LAUBAU (ed.) (1974): Seilprojektierungslehrgang für Revierbeamte (Schulungsunterlagen). Hektograf. Manuskript. 7 S.

WALDMANN, G. (1959): Schnee und Bodenfrost als Standortfaktoren am Großen Falkenstein (Bayer. Wald). Forstw. Cbl. 78: 98 - 108.

WEBER, E. (1972): Grundriß der biologischen Statistik (7. Aufl.). Stuttgart: Fischer. 706 S.

WEIS, G. B. (1980): Vegetationsdynamik, Ertragsleistung und Futterqualität unterschiedlich bewirtschafteter Almweiden. Diss. Techn. Univ. München. 255 S.

WHITTAKER, R. H. und LEVIN, S. A. (1977): The role of mosaic phenomena in natural communities. Theoretical Population Biology 12: 117 - 139.

WICHMANN, H. (ed.) (1972): Die Zukunft der Alpenregion. München: Hauser. 197 S.

WIEDEMANN, E. (1927): Über den künstlichen gruppenweisen Voranbau von Tanne und Buche. Allg. Forst- u. J.Ztg. 103: 433 - 452.

WILD, B. (1925): Schlagform und Standortflora im Jura. Forstw. Cbl. 47: 813 - 819.

v. WREDE, C. (1925): Die Bestandesklimatologie und ihr Einfluß auf die Biologie der Verjüngung unter Schirm und in der Gruppe. Forstw. Cbl. 47: 441 - 451; 491 - 505; 570 - 582.

ZIEGLER, H. (1978): Physiologie. In: STRASBURGER, E.: Lehrbuch der Botanik (31. Aufl.). Stuttgart-New York: Fischer. S. 213 - 476.

ZUKRIGL, K. (1980): Der Stand der Einrichtung von Naturwaldreservaten in Österreich. Natur und Landschaft 55: 143 - 147.

ZWIRGLMAIER, G. (1977): Waldbauliche Charakterisierung von Eingriffen in Altbestände des Bergmischwaldes. Diplomarbeit Forstwiss. Fak. Univ. München. 115 S.

11. ANHANG

11.1 Die Baumverteilungskarten der vier Lochhiebsparzellen

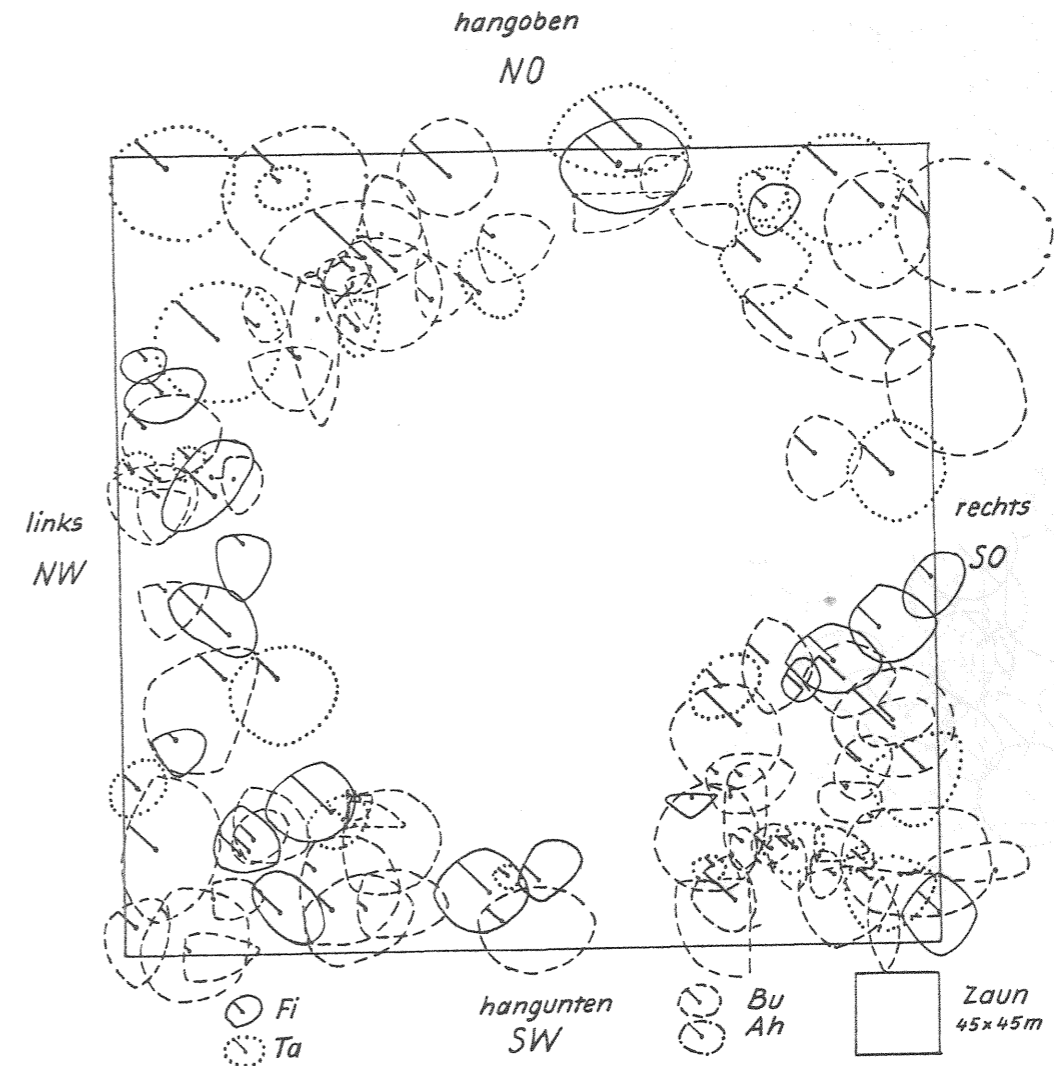


Abb. 60 a: Die Baumverteilung auf der Lochhiebsparzelle I.

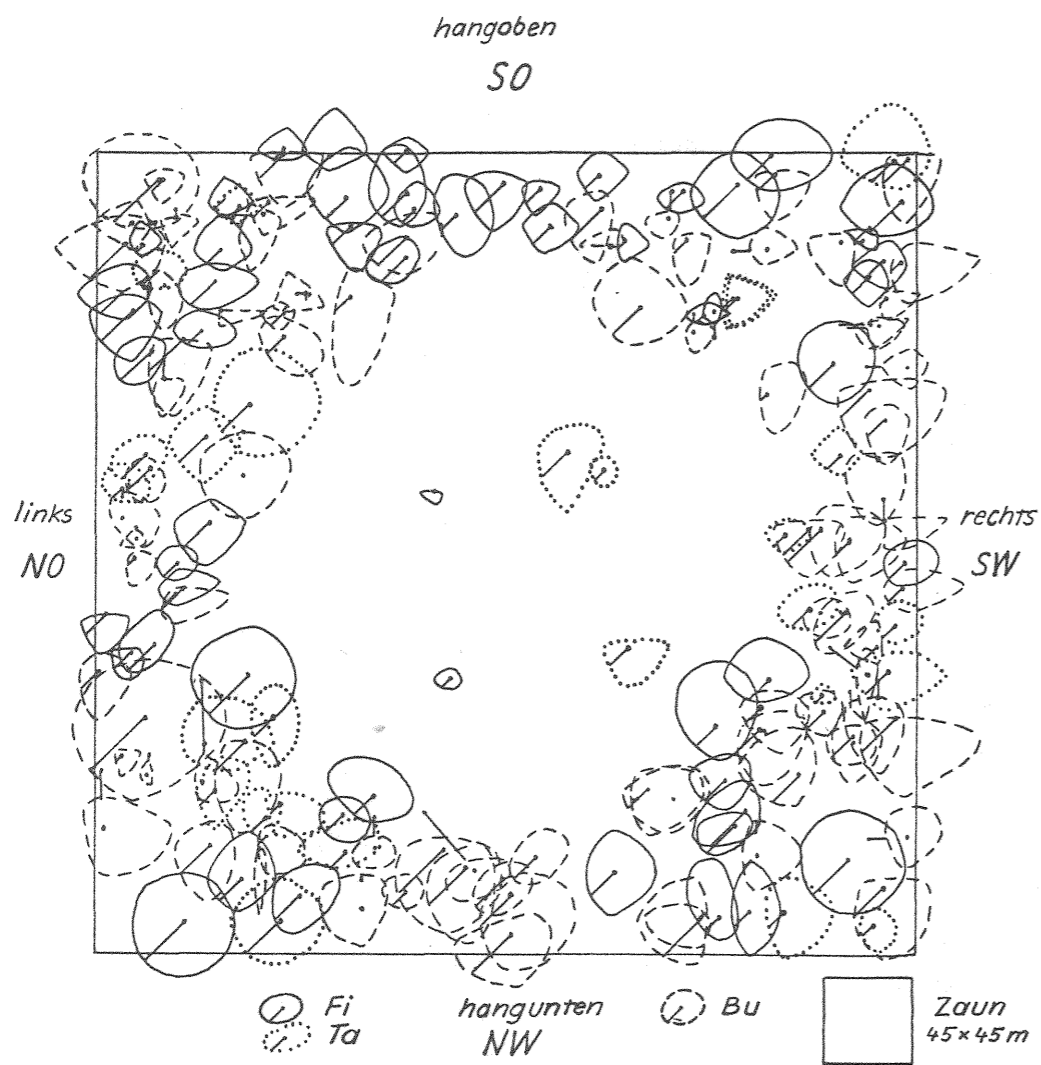


Abb. 60 b: Die Baumverteilung auf der Lochhieparzelle II⁺).

+) Auf der Lochfläche der Parzelle II wurden einige, allerdings sehr schwache Unterstände belassen. Auf sie wurde in der vorliegenden Arbeit nicht näher eingegangen, da keine gravierenden Auswirkungen dieser Unterstände auf die mikroklimatischen Verhältnisse, die Bodenvegetation, die Naturverjüngung und die Pflanzung erkennbar wurden.

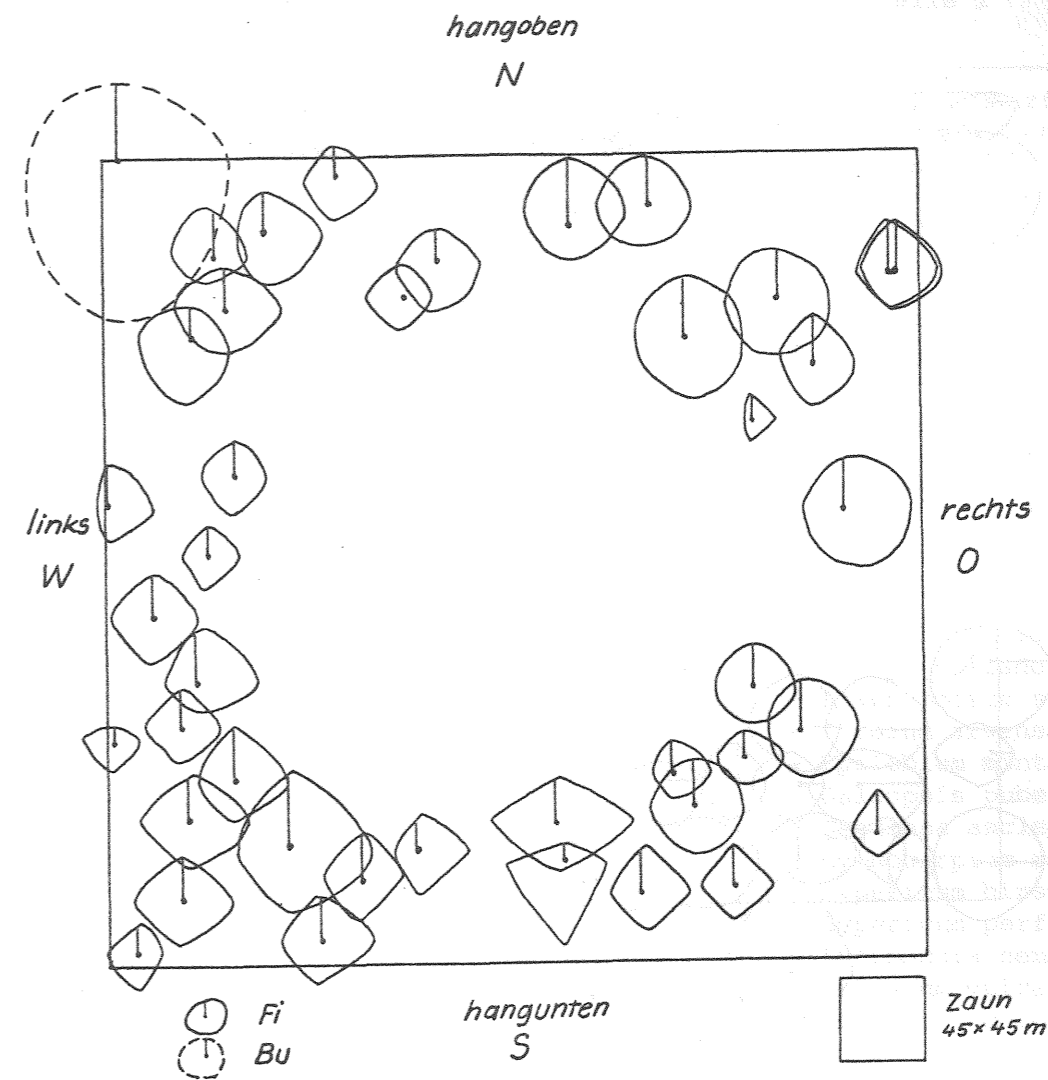


Abb. 60 c: Die Baumverteilung auf der Lochhieparzelle III.

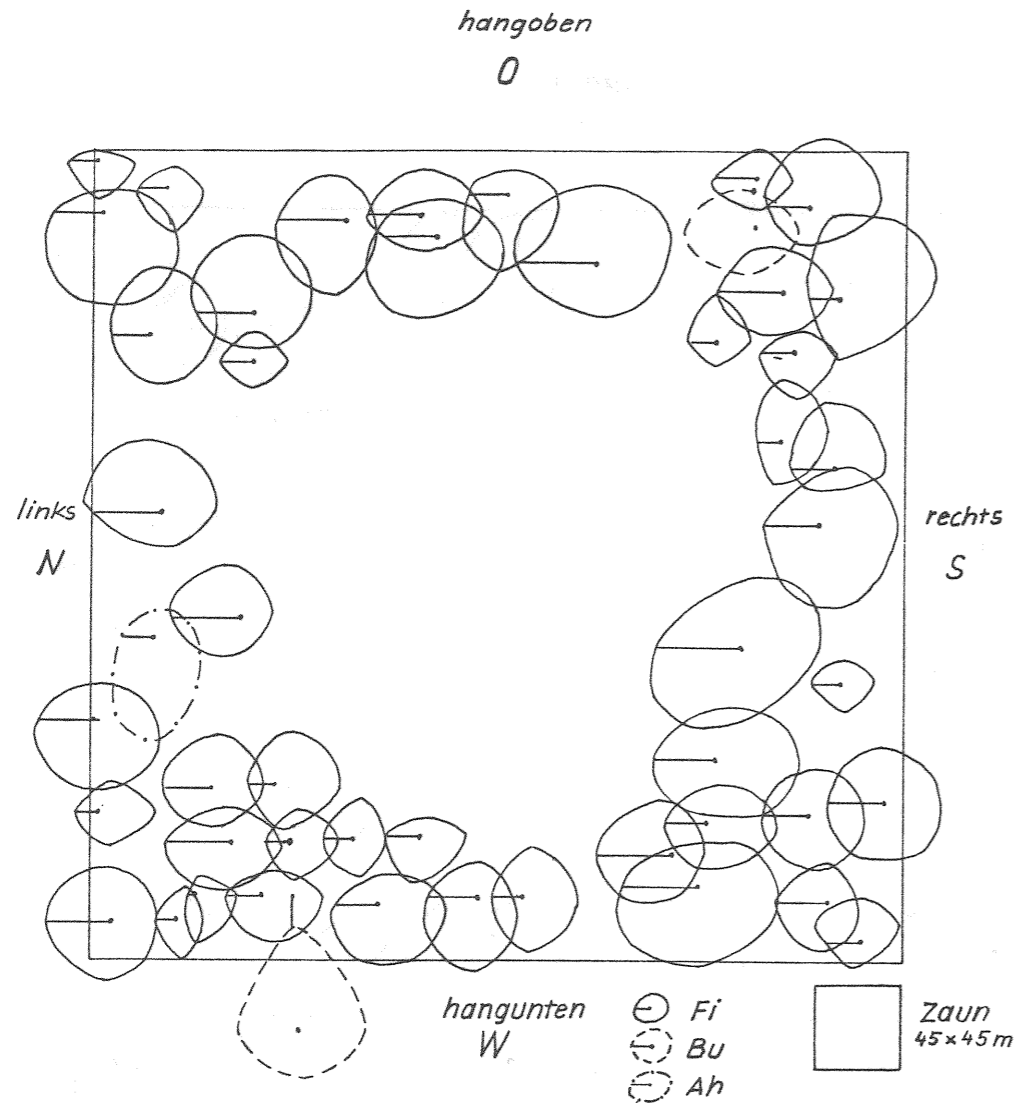


Abb. 60 d: Die Baumverteilung auf der Lochhiebsparzelle IV.

11.2 Die Zusammensetzung der Bodenvegetation im Jahr 1981 auf den vier Lochhiebsparzellen

Die Bodenvegetation im Jahr 1981 auf der Lochhiebsparzelle I		
Gruppe	Auf den 32 Vegetationsprobekreisen erfaßte Arten. () = Häufigkeit einer Art in Prozent (100% $\hat{=}$ 32 Probekreisen)	Weitere bei ganzflächiger Vegetationsaufnahme erfaßte Arten
Sträucher und Jungwuchs der Bäume	<ul style="list-style-type: none"> - Acer pseudoplatanus (63) - Rubus idaeus (31) - Abies alba (28) - Fagus silvatica (19) - Picea abies (6) - Fraxinus excelsior (6) - Vaccinium myrtillus (6) - Sorbus aucuparia (6) - Polygala chamaebuxus (3) - Sorbus aria (3) - Salix spec. (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sambucus racemosa
Krautige Pflanzen	<ul style="list-style-type: none"> - Carex alba (66) - Mycelis muralis (59) - Viola reichenbachiana (53) - Euphorbia amygdaloides (38) - Fragaria vesca (38) - Oxalis acetosella (25) - Adenostyles glabra (19) - Eupatorium cannabinum (19) - Hepatica nobilis (19) - Ajuga reptans (16) - Calamagrostis varia (16) - Cirsium palustre (16) - Hieracium silvaticum (16) - Polygonatum verticillatum (13) - Sanicula europaea (13) - Carex digitata (9) - Maianthemum bifolium (9) - Mercurialis perennis (9) - Prenanthes purpurea (9) - Dentaria enneaphyllos (6) - Galium rotundifolium (6) - Melica nutans (6) - Phyteuma spicatum (6) - Aster bellidiflorus (3) - Carex flacca (3) - Carex silvatica (3) - Galium mollugo (3) - Lamium galeobdolon (3) - Paris quadrifolia (3) - Senecio fuchsii (3) - Taraxacum officinale (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - Agrostis stolonifera - Atropa belladonna - Brachypodium sylvaticum - Cirsium arvense - Epilobium montanum - Galeopsis pubescens - Gentiana asclepiadea - Gymnocarpium robertianum - Hypericum hirsutum - Hypericum perforatum - Lysimachia nemorum - Origanum vulgare - Polystichum lonchitis - Ranunculus nemorosus - Ranunculus montanus - Salvia glutinosa - Sesleria varia - Solidago virgaurea - Urtica dioica - Valeriana tripteris - Verbascum thapsus - Veronica officinalis
Moose	<ul style="list-style-type: none"> - Ctenidium molluscum (19) - Dicranum scoparium (19) - Bazzania trilobata (9) - Fissidens taxifolius (6) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dicranodontium denudatum - Hypnum cupressiforme - Mnium spec.

Die Bodenvegetation im Jahr 1981 auf der Lochhiebpazelle II		
Gruppe	Auf den 32 Vegetationsprobekreisen erfaßte Arten. () = Häufigkeit einer Art in Prozent (100% $\hat{=}$ 32 Probekreisen)	Weitere bei ganzflächiger Vegetationsaufnahme erfaßte Arten
Sträucher und Jungwuchs der Bäume	<ul style="list-style-type: none"> - Acer pseudoplatanus (63) - Rubus idaeus (47) - Picea abies (19) - Abies alba (6) - Sorbus aucuparia (6) - Fraxinus excelsior (3) - Sambucus nigra (3) - Vaccinium myrtillus (3) 	
Krautige Pflanzen	<ul style="list-style-type: none"> - Oxalis acetosella (56) - Mycelis muralis (38) - Fragaria vesca (34) - Eupatorium cannabinum (25) - Epilobium montanum (22) - Calamagrostis varia (19) - Galium rotundifolium (16) - Senecio fuchsii (16) - Dryopteris dilatata (6) - Hypericum montanum (6) - Moeringhia muscosa (6) - Carex alba (3) - Galium mollugo (3) - Gymnocarpium robertianum (3) - Lilium martagon (3) - Prenanthes purpurea (3) - Taraxacum officinale (3) - Viola reichenbachiana (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - Adenostyles glabra - Athyrium filix - femina - Atropa belladonna - Ajuga reptans - Brachypodium silvaticum - Cardaminopsis arenosa - Carex digitata - Carex flacca - Carex silvatica - Cirsium arvense - Gymnocarpium dryopteris - Hepatica nobilis - Hypericum hirsutum - Lamium galeobdolon - Linaria vulgaris - Lysimachia nemorum - Melica nutans - Mercurialis perennis - Paris quadrifolia - Polygonatum verticillatum - Sanicula europaea - Solidago virgaurea - Urtica dioica - Veronica officinalis
Moose	<ul style="list-style-type: none"> - Ctenidium molluscum (44) - Fissidens taxifolius (38) - Dicranum scoparium (28) - Dicranodontium denudatum (16) - Bazzania trilobata (13) - Plagiochila asplenioides (9) - Mnium affine (6) - Hypnum cupressiforme (6) - Polytrichum formosum (6) - Hylocomium splendens (3) - Atrichum undulatum (3) - Leucobryum glaucum (3) - Peltigera canina (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - Tortella tortuosa

Die Bodenvegetation im Jahr 1981 auf der Lochhiebpazelle III		
Gruppe	Auf den 32 Vegetationsprobekreisen erfaßte Arten. () = Häufigkeit einer Art in Prozent (100% $\hat{=}$ 32 Probekreisen)	Weitere bei ganzflächiger Vegetationsaufnahme erfaßte Arten
Sträucher und Jungwuchs der Bäume	<ul style="list-style-type: none"> - Rubus idaeus (9) - Abies alba (6) - Vaccinium myrtillus (6) - Fagus silvatica (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - Daphne mezereum - Lonicera nigra - Polygala vulgaris - Rosa pendulina - Sambucus racemosa
Krautige Pflanzen	<ul style="list-style-type: none"> - Adenostyles alliariae) (94) - Adenostyles glabra - Viola biflora (81) - Viola reichenbachiana (75) - Lysimachia nemorum (69) - Carex digitata (63) - Oxalis acetosella (59) - Galium odoratum (56) - Sanicula europaea (53) - Ranunculus nemorosus (31) - Valeriana montana (31) - Carex silvatica (28) - Fragaria vesca (28) - Melica nutans (28) - Mercurialis perennis (25) - Hieracium sylvaticum (22) - Polygonatum verticillatum (22) - Carex ferruginea (22) - Aposeris foetida (22) - Brachypodium sylvaticum (19) - Ajuga reptans (13) - Galium rotundifolium (13) - Maianthemum bifolium (9) - Primula elatior (9) - Galium mollugo (6) - Hypericum montanum (6) - Lamium galeobdolon (6) - Luzula luzulina (6) - Potentilla erecta (6) - Agrostis gigantea (3) - Agrostis tenuis (3) - Calamagrostis varia (3) - Carex flacca (3) - Cirsium palustre (3) - Dentaria enneaphyllos (3) - Deschampsia caespitosa (3) - Elymus europaeus (3) - Gentiana asclepiadea (3) - Gymnocarpium dryopteris (3) - Mycelis muralis (3) - Phyteuma spicatum (3) - Trifolium pratense (3) - Veronica chamaedrys (3) - Vicia sylvatica (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - Anemone nemorosa - Aster bellidiastrum - Athyrium filix - femina - Campanula cochleariifolia - Geranium silvaticum - Hypericum maculatum - Lilium martagon - Lotus corniculatus - Poa alpina - Prenanthes purpurea - Senecio fuchsii - Sesleria varia - Solidago virgaurea - Taraxacum officinale - Tussilago farfara - Veronica urticaefolia
Moose	<ul style="list-style-type: none"> - Ctenidium molluscum (59) - Dicranum scoparium (31) - Hypnum cupressiforme (13) - Bazzania trilobata (9) - Eurhynchium striatum (6) - Fissidens taxifolius (6) - Dicranodontium denudatum (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - Hylocomium splendens - Mnium spec. - Tortella tortuosa

Die Bodenvegetation im Jahr 1981 auf der Lochhiebpazelle IV		
Gruppe	Auf den 32 Vegetationsprobekreisen erfaßte Arten. () = Häufigkeit einer Art in Prozent (100% $\hat{=}$ 32 Probekreisen)	Weitere bei ganzflächiger Vegetationsaufnahme erfaßte Arten
Sträucher und Jungwuchs der Bäume	<ul style="list-style-type: none"> - Rubus idaeus (40) - Abies alba (13) - Acer pseudoplatanus (9) - Picea abies (9) - Sambucus nigra (3) - Vaccinium myrtillus (3) 	
Krautige Pflanzen	<ul style="list-style-type: none"> - Oxalis acetosella (97) - Adenostyles alliariae (78) - Lysimachia nemorum (75) - Galium rotundifolium (53) - Luzula silvatica (53) - Senecio fuchsii (47) - Viola biflora (31) - Epilobium montanum (19) - Viola reichenbachiana (19) - Hieracium sylvaticum (16) - Mycelis muralis (16) - Primula elatior (16) - Luzula luzulina (13) - Fragaria vesca (9) - Prenanthes purpurea (9) - Athyrium filix - femina - Carex silvatica (6) - Deschampsia caespitosa (6) - Phyteuma spicatum (6) - Ranunculus nemorosus (6) - Solidago virgaurea (6) - Ajuga reptans (3) - Dryopteris carthusiana (3) - Galium odoratum (3) - Gymnocarpium dryopteris (3) - Luzula pilosa (3) - Poa annua (3) - Sanicula europaea (3) - Saxifraga rotundifolia (3) - Veronica montana (3) - Veronica urticaefolia (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - Alchemilla vulgaris - Anemone nemorosa - Blechnum spicant - Brachypodium silvaticum - Cardamine flexuosa - Calamagrostis varia - Cirsium arvense - Dryopteris filix - mas - Dryopteris dilatata - Petasites albus - Polygonatum verticillatum - Polystichum lobatum - Scrophularia nodosa - Symphytum tuberosum - Veronica chamaedrys - Veronica officinalis
Moose	<ul style="list-style-type: none"> - Atrichum undulatum (50) - Thuidium tamariscinum (50) - Ctenidium molluscum (44) - Polytrichum formosum (44) - Bazzania trilobata (41) - Eurhynchium striatum (28) - Mnium affine (22) - Dicranum scoparium (19) - Fissidens taxifolius (9) - Peltigera canina (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - Plagiochila asplenioides - Rhytidiadelphus loreus

Folgende Hefte der Reihe "Forstliche Forschungsberichte München" sind bisher erschienen:

Nr. 46	1980	KOLLOQUIUM	Öffentlichkeitsarbeit als Problem von Forst- und Holzwirtschaft DM 11,50
Nr. 47	1981	W. LAATSCH B. ZENKE J. DANKERL	Verfahren zur Reichweiten- und Stoßdruckberechnung von Fließlawinen DM 15,--
Nr. 48	1981	M. HORNDASCH F. FRANZ	Die Standortserkundung in den Staatswäldungen der Oberforstdirektion Augsburg DM 13,--
Nr. 49	1981	KOLLOQUIUM	Die Statistik über Forst- und Holzwirtschaft Bestandsaufnahme und Folgerungen DM 11,50
Nr. 50	1982	A. KARAMERIS	Analyse und Prognose der Erholungsnachfrage in Wäldern als forstlicher Beitrag zur Raumplanung DM 16,50
Nr. 51	1982	H. RÖHLE	Struktur und Wachstum von Stieleichen-Mischbeständen auf grundwasserbeeinflußten Standorten in den Auwaldgebieten Südbayerns DM 15,--
Nr. 52	1982	KOLLOQUIUM	Beschränkungen in der Produktion durch externe Einflüsse als Problem von Forst- und Holzwirtschaft DM 12,50

- Nr. 53 1982 H. RODENKIRCHEN Wirkungen von Meliorationsmaßnahmen auf die Bodenvegetation eines ehemals streugenutzten Kiefernstandortes in der Oberpfalz
DM 22,--
- Nr. 54 1983 KOLLOQUIUM Möglichkeiten der Stabilisierung des Rohholzmarktes als Problem von Forst- und Holzwirtschaft
DM 11,50
- Nr. 55 1983 H.-U. GROSSE Untersuchungen zur künstlichen Verjüngung des Bergmischwaldes
DM 19,--
- Nr. 56 1983 W. MERGNER Einfluß des Schalenwildes auf die bäuerliche Waldwirtschaft
DM 20,--
- Nr. 57 1983 E. KENNEL Waldschadensinventur Bayern 1983 - Verfahren und Ergebnisse -
DM 15,--
- Nr. 58 1984 K. UEBELHÖR Struktur und Dynamik von Nothofagus-Urwäldern in den valdivianischen Anden Chiles
DM 20,--
- Nr. 59 1984 C.-Th. BUES Radiodensitometrische Untersuchung der Variation von Jahrringbreite und Holzdichte in südafrikanischen Pinus radiata-Beständen unter dem Einfluß des Klimas und verschiedener Durchforstungsmaßnahmen
DM 12,50
- Nr. 60 1984 KOLLOQUIUM Der Holzaußenhandel als Problem von Forst- und Holzwirtschaft
DM 11,50

- Nr. 61 1984 R. MOSANDL Löcherhiebe im Bergmischwald - Ein waldbauökologischer Beitrag zur Femelschlagverjüngung in den Chiemgauer Alpen
DM 25,--

Zu beziehen über die Universitätsbuchhandlung Heinrich Frank,
Schellingstr. 3, D-8000 München 40