

Oxf.-Nr. 568

## Die Entwicklung von Oberstand und Naturverjüngung in Bergmischwald-Verjüngungsbeständen des Forstamtes Kreuth<sup>1</sup>

Von TEJA PREUHSLENER

### 1. Einleitung und Versuchsbeschreibung

In den Jahren 1973—1975 wurden unter Leitung von Prof. Dr. Dr. h. c. F. Franz, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München, im Bergmischwald des bayerischen Gebirgs-Forstamtes Kreuth drei *Versuchsreihen* und vier *Probeflächenreihen* mit zusammen 22 Parzellen angelegt.

Die Versuchsflächen sollen durch langfristige Beobachtung Auskunft geben über Struktur, Wachstumsverhalten und Ertragsleistung von Bergmischwaldbeständen in der Verjüngungsphase bei versuchsgemäßer Behandlung. Die Probeflächen sollen Informationen geben über bereits laufende Verjüngungsgänge nach dem am Forstamt Kreuth praktizierten femelschlagartigen Bergmischwald-Verjüngungsverfahren (Böhm, 1973). Die Versuchs- und Probeflächen gehören zum langfristigen ertragskundlichen Versuchsflächenetz in Bayern und tragen die Versuchsbezeichnungen KRE 120—122 bzw. KRE 123—126.

Die drei *Versuchsreihen* liegen in der Karbonatgesteinszone im Hauptdolomit auf mittelgründigen Rendzinen (KRE 120) und in der Muldenzone im Lias-Fleckenmergel auf hangfeuchten (Oxy-)Gleyen (KRE 121) bzw. in den Kössener Schichten auf mittel- bis tiefgründigen Braunerden (KRE 122).

Die vier *Probeflächenreihen* KRE 123—126 liegen alle in der Karbonatgesteinszone im Hauptdolomit auf flach- bis tiefgründigen, z. T. klüftigen Rendzinen, Braunerden und Terra-fusca-Böden, vereinzelt mit Vernässungen und Quellhängen. (Karbonatgesteinszone und Muldenzone umfassen den größten Flächenanteil des Forstamtes.)

Die Flächen liegen in Höhenlagen zwischen 850 und 1240 m NN. Die Parzellen weisen Flächengrößen zwischen rund 900 und 1800 m<sup>2</sup> — im Schnitt rund 1600 m<sup>2</sup> — in Horizontalfäche auf, die Hangneigungen betragen 6—36 Grad, die Expositionen sind NW, NO und S.

<sup>1</sup> Erweiterte Fassung eines Vortrages auf der Forstlichen Hochschulwoche München 1987, gehalten am 29. Oktober 1987.



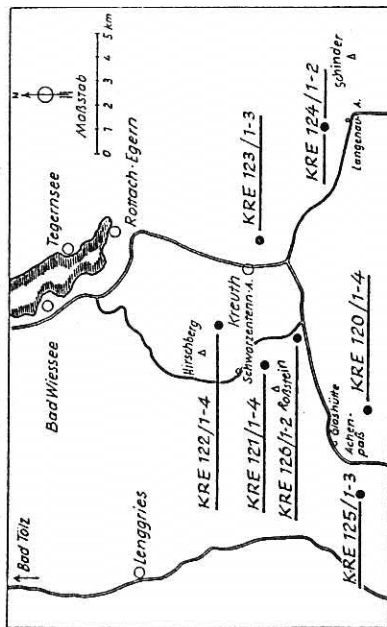


Abb. 1. Lageplan der Versuchs- und Probeflächen (aus: Preuhlsler, 1981)

Tabelle 1. Standortdaten der Versuchs- und Probeflächen im Forstamt Kreuth

Fläche	KRE120	KRE121	KRE122	KRE123	KRE124	KRE125	KRE126
Anz.Parz	4	4	4	3	2	3	2
Geolog.	Kalkalpin - Muldenzone - K a l k a l p i n -						
Boden	Rendzina Oxygley Braunerde - Braunerden und Terra-fusca -						
Höhe NN	1080	1220	1240	1040	970	1040	850
Expos.	NW	NO	S	NW	S	NW	NO
Neigung (Grad)	6-16	26-30	14-28	10-36	26	10-16	13-19
Alter <sup>1)</sup>	110-135	115-130	100-120	150-200	180-300	140-180	130-180
Waldges.	A B I E T I - F A G E T U M						
Assoz. <sup>2)</sup>	A.G.	Asp.	Asp.	A.G.	A.G.	A.G.	A.G.

<sup>1)</sup> Alter = mittlere Alter der Baumarten auf den Parzellen eines Versuches im Jahre 1985

<sup>2)</sup> A.G. = Adenostylo-Glabrae-Abieti-Fagetum

Asp. = Asperulo-Abieti-Fagetum

Sie gehören pflanzensoziologisch alle in den Bereich des Abieti-Fagetum, die Versuche KRE 121 und 122 auf den mittel- bis tiefgründigen, hangfeuchten (Oxy-)Gley-Braunerden zur Assoziation *Asperulo-Abieti-Fagetum*, Versuch 120 und die Probeflächen auf den flach- bis tiefgründigen Rendzinen, Braunerden und Terra-fusca-Böden zur Assoziation *Adenostylo-Glabrae-Abieti-Fagetum*.

Die geographische Lage der Flächen geht aus Abb. 1 hervor, die wichtigsten standörtlichen Daten sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Über die Erstaufnahme 1973/75 mit einer Strukturanalyse der verjüngungsfähigen Ausgangsbestockung auf den Versuchsflächen sowie mit ersten Informationen über den bisherigen Verjüngungsgang auf den Probeflächen mit seit 6—16 Jahren laufender Naturverjüngung wurde bereits ausführlich berichtet (Preuhlsler, 1979, 1981).

Die ersten Verjüngungsmaßnahmen auf den Versuchsflächen wurden 1975 versuchsplanmäßig durchgeführt. Zehn Jahre nach dieser Einleitung der Naturverjüngung auf den Versuchsflächen und nach zehn Jahren der weiteren Verjüngungsentwicklung auf den Probeflächen erfolgte im Jahre 1985 eine Zweitaufnahme.

## 2. Ertragskundliche Ausgangssituation zu Versuchsbeginn

Die wichtigsten ertragskundlichen Daten der Ausgangssituation bei Versuchsbeginn im Jahre 1975 sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

### 2.1 Alter und Bestandeshöhe

Die Alter der Bäume in den untersuchten Beständen streuen erheblich. Sie reichen über alle beteiligten Baumarten hinweg von etwa 60 Jahren bis zu festgestellten maximal 387 Jahren (in Stockhöhe).

Die drei Versuchsflächen und einige der Probeflächen gehen allerdings auf großflächige Kahlliebe im Zuge der Salinnennutzungen in der Mitte des vorigen Jahrhunderts zurück und wiesen 1975 überwiegend Baumalter von etwa 100—135 Jahren auf. Die auch in diesen Beständen häufig anzutreffenden, um rund 100—200 Jahre älteren Bäume waren bei den Salinengkahlhieben als Schutzgestänge aus der Zwischen- und Unterschicht stehengelieben.

Die große Streuung der Alterswerte in den Bergmischwaldbeständen ist einer der Gründe dafür, warum aus ertragskundlicher Sicht eine Beurteilung nach herkömmlichen altersbezogenen Ertragstafelbonitäten nicht sinnvoll scheint. Ein weiterer Grund liegt darin, daß die zur Bonitierung erforderlichen Höhenentwicklungen der beteiligten Baumarten in Mischbeständen anders ablaufen als in Reinbeständen — auf die sich unsere Ertragstafeln im allgemeinen beziehen. Die Entwicklung geeigneter Beurteilungsmaßstäbe für Mischbestände, wie sie z. B. Franz (1987) fordert, wird noch einige Zeit in Anspruch nehmen.

Zur Charakterisierung der Bestandeshöhenwuchsleistung wird daher lediglich die Oberhöhe (ho 100) der Fichten bzw. Tannen in Tabelle 2 aufgeführt. (Diese beiden Baumarten bilden auf allen Parzellen den überwiegenden Teil der Oberschicht.) Sie erreicht auf den Versuchen Werte zwischen ca. 29

Tabelle 2. Ertragskundliche Ausgangssituation auf den Versuchs- und Probestflächen zu Versuchsbeginn 1973/75

Parz.	Alter <sup>1)</sup>	ho	do	N/ha			G/ha			V/ha				
				N/ha	%	%	G/ha	%	%	V/ha	%	%		
von-bis		m	cm	N/ha	%	%	qm	%	%	VmS	%	%		
F/1a		F/1a	F/1a	alle	Fi	Ta	alle	Fi	Ta	alle	Fi	Ta		
120/1	86-262	35,4	59,2	491	30	21	49	36	63	16	21	450	69	14
2	99-143	35,5	60,4	441	38	17	45	38	73	11	16	495	78	10
3	63-252	30,3	49,8	937	31	21	48	51	54	24	22	564	58	22
4	63-252	30,7	52,0	830	49	16	35	57	71	15	14	669	73	14
121/1	77-147	35,2	66,7	348	70	30	30	60	91	9	9	779	92	8
2	77-149	34,2	63,7	396	40	6	54	48	73	5	22	608	78	5
3	77-137	35,4	63,5	487	45	3	52	59	72	4	24	768	76	4
4	77-134	35,7	67,4	502	48	2	50	60	78	3	19	789	82	3
122/1	81-143	29,1	56,1	917	66	3	31	72	87	2	11	815	88	2
2	57-135	29,5	50,8	814	43	4	53	58	75	4	21	676	78	4
3	60-128	34,5	59,6	615	60	15	25	69	84	13	3	905	86	11
4	60-128	34,3	56,6	512	63	23	14	64	75	23	2	864	77	22
123/1	82-264	28,4	47,5	309	33	21	46	28	32	28	40	310	31	27
2	87-275	32,6	63,2	255	54	15	31	22	54	29	17	270	53	3
3	85-270	31,0	58,0	449	56	11	33	53	61	8	31	673	60	7
124/1	136-342	25,1	32,6	99	45	55	55	8	46	52	52	86	49	51
2	136-367	25,7	45,2	333	23	40	37	26	23	38	39	257	22	38
125/1	100-181	32,8	57,9	150	60	24	16	23	66	27	7	294	68	28
2	64-220	25,3	64,0	325	21	25	44	26	14	51	35	267	12	51
3	67-220	34,3	55,8	312	68	17	15	34	75	20	5	420	75	21
126/1	98-186	32,8	48,9	405	34	3	63	28	60	3	37	333	67	3
2	98-195	30,3	55,7	524	11	1	88	29	23	6	71	325	26	6

<sup>1)</sup> Durch Altersbohrung und Stockzahlung ermitteltes geringstes und größtes Alter von Einzelbäumen auf den Parzellen im Jahre 1975

und 36 m, wobei Unterschiede von bis zu 5 m zwischen den Parzellen eines Versuches den engräumigen Standortwechsel in Gebirgswäldern aufzeigen. Die Nadelholzoberhöhen der standortzhäreren Verjüngungsprobestflächen liegen im wesentlichen zwischen 30 und 32 m, lediglich die Probestfläche KRE 124 auf mittelfründer Rendzina am Südhang sowie Parzelle 125/2 auf flachgründiger Rendzina und Terra-fusca bleiben mit rund 25 m deutlich darunter. Allerdings lassen gerade auf diesen Parzellen die Bestandesstrukturen und die vorgefundenen Stöcke erkennen, daß die früheren Verjüngungsmaßnahmen z. T. auch die Oberschicht erfaßt und damit eine rechnerische Verschiebung der Oberhöhenwerte bewirkt hatten.

Die zugehörigen Oberhendurchmesser liegen zwischen rund 50 und 67 cm, die Probestfläche 124 bleibt auch hier mit rund 33 bzw. 45 cm darunter.

## 2.2 Bestandesgrundflächen

Die Bestände auf den drei Versuchsflächen KRE 120—122 waren zu Versuchsbeginn 1973/75 noch dicht geschlossen und wiesen annähernd natürliche, d. h. maximale Grundflächenhaltungen auf. (Lediglich die Parzellen 1 und 2 des Versuches KRE 120 ließen aufgrund ihrer gegenüber den Parzellen 3 und 4 um nahezu die Hälfte niedrigeren Stammzahlen und bis zu ein Drittel niedrigeren Vorräte und Grundflächen sowie aufgrund ihrer Durchmesser- und Höhenstrukturen frühere Eingriffe erkennen.)

Streuungen um 20% in der standortsabhängigen maximalen Grundflächenhaltung auf den Parzellen eines Versuches werden außer durch die heterofälligen unterschiedlichen Mischungsanteile der Baumarten und die Heterogenität in den horizontalen und vertikalen Bestandesstrukturen vor allem auch durch die kleinstandörtlichen Unterschiede verursacht.

Auf den kalkalpinen Rendzinen, Braunerden und Terra-fusca-Böden des Versuches KRE 120 und der Probestflächen KRE 123—126 kann in den vorliegenden Altersbereichen eine maximale natürliche Grundfläche von etwa 50—55 m<sup>2</sup> angenommen werden, auf den Lias-Fleckenmergel-(Oxy-)Gleyen des Versuches KRE 121 eine solche von etwa 50—60 m<sup>2</sup> und auf den Braunerden der Kössener Schichten im Versuch KRE 122 von etwa 60—70 m<sup>2</sup>. Auf der Probestflächenreihen waren die Grundflächen in den Jahren von 1959—1969 durch einen bzw. zwei Verjüngungseingriffe z. T. recht kräftig abgesenkt worden auf 34—22 m<sup>2</sup> oder 60—40% der angenommenen maximalen Grundfläche, auf einer Parzelle sogar auf 8 m<sup>2</sup> oder 15% einer natürlichen Ausgangssituation.

### 2.3 Bestandesvorräte

Die hohen Vorräte von rund 560—900 Vfm<sub>0</sub>/ha in den geschlossenen Ausgangsbeständen mit maximaler Grundflächenhaltung zeigen die bedeutenden Produktionsmöglichkeiten, die Bergmischwälder aufzuweisen vermögen, wovon in diesen Beständen 80—95% von den Nadelhölzern ebracht werden. Eine standortsbezogene Staffelung der Derbholzvorräte von rund 600 Vfm auf den Rendzinen (KRE 120) über rund 750 Vfm auf den (Oxy-)Gleyen (KRE 121) bis zu rund 800 Vfm auf den tiefgründigen Braunerden (KRE 122) bei ähnlichen Nadelholzoberhöhen deutet in Verbindung mit den maximalen Grundflächenwerten standortsbedingte Ertragsniveau-Unterschiede an.

Die Vorräte auf den Verjüngungsprobestflächen liegen bereits wesentlich niedriger. Sie betragen — in Abhängigkeit von den Eingriffstärken — im Jahre 1975 lediglich 86 bis 420 Vfm, auf der noch geschlossenen Vergleichs-parzelle KRE 123/1 jedoch 673 Vfm.

### 2.4 Bestandeszuwachs vor 1973/75

Die Bestandesszuwächse vor 1973/75 waren durch Zuwachsbohrung ermittelt worden.

In den geschlossenen *Albeständen* wurden bei den im Jahre 1975 erreichten mittleren Altern von etwa 100 bis 135 Jahren überraschend hohe Zuwachswerte festgestellt, die ebenfalls deutliche Standortunterschiede erkennen lassen:

Der Versuch KRE 120 mit *Adenostylo-Glabrae*-Assoziation auf Rendzina im Hauptdolomit erbrachte in den letzten zehn Jahren vor Versuchsanlage (1965—1975) laufende jährliche Zuwächse von 6—10 Vfm je Hektar, die Versuche KRE 121 und 122 in der *Asperulo*-Assoziation auf den Oxygleyen und der tiefgründigen Braunerde zwischen rund 10 und 18 Vfm. Seit Mitte bis Ende der fünfziger Jahre war die Zuwachstendenz fast durchwegs steigend.

Die *Verjüngungspartellen* auf den kalkalpinen Braunerden und Terra-fusca-Böden hatten auf die Verjüngungseingriffe aus der Zeit zwischen etwa 1960 und 1970 zunächst mit Zuwachsrückgängen reagiert, sich aber meist rasch wieder erholt. Bei Entnahmen von einem Drittel bis zur Hälfte des aufstockenden Vorrates waren bereits nach wenigen Jahren die vorherigen Zuwachswerte von rund 6—8 Vfm/ha erneut erreicht oder auch überschritten worden. Den Hauptanteil am Bestandeszuwachs leistete die Fichte — entsprechend ihrem Anteil am Bestandesvorrat. Nach den Verjüngungseingriffen, die vor allem die Fichte betroffen hatten, wurde der Zuwachs jedoch hauptsächlich durch Buche und sonstiges Laubholz und durch die Tanne wieder aufgefüllt.

### 2.5 Verjüngungspflanzen

Auf den bis dahin ungezäunten, geschlossenen *Versuchslächen* mit Überschirmungsdichten von 65%—87% fanden sich erstaunlich hohe Zahlen von Verjüngungspflanzen in „Warteposition“ mit Höhen bis zu 20 cm: Auf den wärmeren Rendzinenstandorten auf Hauptdolomit 55 000—110 000/ha, auf den tonig-mergeligen, zur Vernässung neigenden kälteren Oxygleyen und Braunerden des Lias-Fleckenmergel und der Kössener Schichten immerhin noch 2000—13 000/ha.

Die unterschiedliche natürliche Überschirmungsdichte der Altbestände schien in dieser Phase innerhalb des gleichen Standortstyps keinen großen Einfluß auf die Zahl der Pflanzen in „Warteposition“ zu haben.

Die im Jahre 1975 seit 6—16 Jahren bereits in femelariger Verjüngung stehenden, gezäunten *Probeflächen* liegen alle im Bereich des Hauptdolomits und weisen demgemäß ebenfalls sehr hohe Dichten mit 30 000—120 000 Pflanzen/ha auf (Preuhlsler, 1979).

57—91% davon sind niedriger als 25 cm. In dieser Höhenklasse dominiert Bergahorn mit im Schnitt 58% der Pflanzenzahlen, gefolgt von Buche mit ca. 16%, Esche mit ca. 12%, Tanne mit 8%, Fichte mit 5% und Vogelbeere mit ca. 3%.

In der Höhenklasse von 51 bis 100 cm dominiert bereits Buche mit ca. 33% Anteil vor Bergahorn mit 19%, Vogelbeere mit 17% und Esche mit 15%. Fichte mit im Mittel aller Partellen 2,3% und Tanne mit 1,4% haben eigentlich nur auf den am längsten aufgelichteten Partellen Höhen über 50 cm erreichen können.

Die Überschirmungsprozente auf den Partellen reichen von 25% bis 58%, auf den Partellen der Fläche KRE 126 mit höherer Buchenbeteiligung von 73% bis 80%. Wie zu erwarten war, erwies sich das Höhenwachstum der Verjüngungspflanzen aller Baumarten in diesem Stadium der Verjüngung auf den stärker aufgelichteten Partellen signifikant größer als auf den dichteren Partellen.

### 3. Bisherige Versuchsbehandlung

Die Verjüngungsmaßnahmen auf den *Versuchslächen* wurden nach Beendigung der Aufnahme- und Auswertungsarbeiten im Herbst 1975 durchgeführt.

Als *Verjüngungsart* vorgesehen waren das als „femelschlagartig“ bezeichnete, ortsübliche Verjüngungsverfahren für Bergmischwälder (Böhm, 1973) in zwei unterschiedlichen Intensitätsstufen sowie ergänzend ein die Verjüngung vorbereitender Schirnhieb. Die jeweils vierte Fläche dieser drei Verjüngung vorbereitende Schirmparzelle unbehandelt bleiben. Das Steuerungskonzept für die *Eingriffstärke* folgt der Grundfläche als einem einfach meßbaren ertragskundlichen Bestandskriterium, das im Gegensatz zum Beschirmungsgrad — wie Assmann (1965) hervorhebt — darüber hinaus eng mit dem Zuwachs verknüpft ist und eine Abschätzung von Zuwachsreaktionen nach dem Eingriff erlaubt.

Das Behandlungskonzept umfaßte auf den vier Partellen der drei Versuche die folgenden Maßnahmen:

- *Nullparzelle*: Vergleichsparzelle ohne Maßnahmen. Ihre — maximale natürliche — Grundfläche (der lebenden Bäume) wird als Bezugswert mit 100% angesetzt.
- *Schirnhieb*: Entnahmen gleichmäßig über die gesamte Fläche verteilt, überwiegend in die Mittelschicht eingreifend, um der Verjüngung „in Warteposition“ Wachstumsimpulse zu vermitteln. Der verbleibende Bestand soll 80% der Bezugsgrundfläche der „Nullparzellen“ behalten.
- *Femel 2*: Eingriff im Femelhieb (Lochhieb) mit Belassen der Unterstände in den Femellochern. Der verbleibende Bestand soll 60% der Bezugsgrundfläche behalten.
- *Femel 1*: Eingriff als Femelhieb (Lochhieb) mit größerer Ausformung als bei Femel 2. Der verbleibende Bestand soll 40% der Bezugsgrundfläche behalten.

(Der Begriff „Nullparzelle“ wurde gewählt, um zu verdeutlichen, daß auf diesen Partellen keinerlei Eingriffe erfolgten und alle lebenden sowie toten Bäume im Bestand verblieben — im Gegensatz zu „A-Grad-Parzellen“ mit „schwacher Niederdurchforstung“, auf denen gemäß dem Arbeitsplan des Vereins der Forstlichen Versuchsanstalten von 1902 (siehe Assmann, 1961) abgestorbene und absterbende Bäume sowie niedergebogene und kranke Stämme entfernt werden.)

Die Zuordnung der Partellen zu den Behandlungsvarianten erfolgte entsprechend den örtlichen Gegebenheiten nach bringungstechnischen Gesichtspunkten.

In den *Probeflächenreihen* wurde auf einigen Partellen über der Verjüngung nachgelichtet und die Grundfläche im Zeitraum von 1975—1985 weiter abgesenkt.

Die Verjüngungsnutzungen auf KRE 123/1 und 2 sowie KRE 126/1 und 2 betragen zwischen rund 5 und 14 m<sup>2</sup>/ha oder 17%—50% der 1975 vorhandenen Grundfläche. Die Überschirmung ging durch diese Maßnahmen auf den Partellen um 0,5—23 Prozentpunkte zurück.



Auf den übrigen Probeflächen-Parzellen wurde im Altbestand nicht nachgearbeitet: bis 1985 waren nur geringfügige ZF-Anfälle registriert worden, die bis zu 1,2 m<sup>2</sup>/ha ausmachten (siehe auch Tabelle 8).

#### 4. Entwicklung auf den Versuchs- und Probeflächen von 1973/75 bis 1985

Ertragskundliche Wiederholungsaufnahmen auf identischer Fläche unter Berücksichtigung der geplanten oder zufälligen Zwischenerträge erlauben

Tabelle 3. Bestandesdaten 1985 (erhbl. Best.) und mittlere jährliche Volumenzuwächse von 1973/75 bis 1985 auf den Versuchs- und Probeflächen im Forstamt Kreuzth

Parz.	Alter	ho*	do*	N/ha	G/ha	V/ha	MGH	iv/ha	lv%**
	Jahre	m	cm	qm	Vfm	Vfm	qm	Vfm	%
120 1	144	38.3	62.6	266	24.0	329	22.9	5.40	1.81
2	139	37.3	62.9	332	36.5	509	34.8	6.63	1.28
3	134	32.5	50.8	837	52.9	656	52.9	9.22	1.51
4	136	33.9	53.1	535	42.9	567	42.7	7.94	1.50
121 1	141	39.1	70.0	213	40.4	601	39.1	10.30	1.50
2	135	38.6	68.7	201	25.8	361	25.7	7.76	2.32
3	134	38.7	66.0	341	54.0	802	51.6	12.58	1.73
4	135	40.8	70.8	464	63.6	950	63.1	16.27	1.87
122 1	126	32.1	53.2	317	32.4	403	43.0	7.32	1.69
2	118	32.3	53.4	385	30.7	398	30.8	6.58	1.79
3	130	37.5	61.5	564	72.3	1044	72.5	16.47	1.69
4	130	38.3	58.6	385	56.7	860	58.5	14.53	1.80
123 1	181	28.4*	48.3*	167	16.1	190	29.1	4.68	1.87
2	202	33.7*	68.0*	188	17.4	216	24.1	5.23	2.15
3	198	35.4	57.2	443	56.2	799	54.9	12.72	1.65
124 1	229	26.6	36.3	88	9.0	105	8.8	2.38	2.51
2	240	30.0*	48.5*	322	29.7	337	28.2	8.44	2.84
125 1	168	34.7*	60.0*	150	25.2	344	24.0	5.06	1.59
2	160	29.9*	67.1*	313	28.7	326	27.3	6.19	2.43
3	171	35.1*	56.8*	300	35.9	475	35.8	7.08	3.58
126 1	153	34.6	52.4	367	27.5	342	25.4	7.41	2.43
2	158	36.4	59.1	430	27.9	369	25.8	11.25	3.58

\*) ho und do von Tanne, ansonsten von Fichte  
 \*\*) lv% = Prozent zum mittleren Vorrat von 1973/75 und 1985 ((V73/75 + V85)/2), jeweils verbleibender Bestand

Aussagen über Wuchseleistungen und Strukturänderungen in Altbestand und Verjüngung. Auf den Bergmischwald-Versuchs- und -Probeflächen mit sehr heterogenen Mischungs- und Strukturverhältnissen waren 1985 erneut Vollaufnahmen durchgeführt worden. Die wichtigsten ertragskundlichen Daten der Aufnahmeergebnisse von 1985 sowie die mittleren jährlichen Bestandeszuwächse der Zuwachperiode von 1973/75 bis 1985 sind für die Altbestände in Tabelle 3 enthalten.

#### 4.1 Reaktionen der Altbestände auf die Verjüngungsmaßnahmen

Der Zuwachs im Verjüngungsstadium hängt maßgeblich davon ab, in welchem Ausmaß der Ausgangsbestand aufgelichtet wurde. Während für das Aufwachsen der Verjüngung die Überschrümmungsdichte eine große Rolle spielt, ist es für den Altbestandszuwachs die Grundfläche bzw. der Grundflächenbestockungsgrad. Als Maßstab für die Bestockungsdichte ist in diesem Fall die natürliche Grundflächenhaltung geeignet, die aus den „Nullparzellen“ der Versuchsflächen ersichtlich wird; es handelt sich hierbei um den natürlichen Bestockungsgrad („MGH%“), wie ihn Assmann (1961) definierte.

##### 4.1.1 Bestandesentwicklung auf den „Nullparzellen“ der Versuchsflächen

Somit dient die Beobachtung der unbehandelten Vergleichsparzellen sowohl der Erkundung von (unbeeinflussten) „normalen“ Wachstumsvorgängen und Strukturänderungen in den verschieden ausgeprägten Mischbeständen wie auch als Maßstab zur Abschätzung der Verjüngungseingriffe und deren Auswirkungen.

Daher sind in Tabelle 4 die ausführlichen Ergebnisse der beiden ertragskundlichen Bestandesaufnahmen der „Nullparzellen“ von 1973 und 1985 enthalten.

Auch 1985 zeigen die Bestandesdaten der „Nullparzellen“, die bereits 1973 festgestellten *standortsbedingten Unterschiede*. Dies wird aus den Oberhöhen der in der Oberschicht dominierenden Fichte (32,5 m in KRE 120/3 (Hauptdolomit), 40,8 m in KRE 121/4 (Lias-Fleckenmergel) und 37,5 m in KRE 122/3 (Kössener Schichten)) ebenso ersichtlich wie aus den Stammzahlen (837 : 464 : 564), den Grundflächen (52,9 m<sup>2</sup> : 63,6 m<sup>2</sup> : 72,3 m<sup>2</sup>) und den Vorräten (656 Vfm : 950 Vfm : 1044 Vfm).

Die Oberhöhen der Fichten dieser drei Parzellen haben in den zwölf Jahren von 1973—1985 um rund 2 m (KRE 120), 5 m (KRE 121) und 3 m (KRE 122) zugenommen; das bedeutet *jährliche Oberhöhenzuwächse* von rund 18—42 cm bei mittleren Bestandesaltern von 130—135 Jahren.

Die Höhenzuwächse der anderen beteiligten Baumarten erreichten auf den jeweiligen Parzellen ähnliche Werte wie die Fichte, sowohl in der Oberschicht wie auch in der Mittelschicht.

Die Bestände weisen die *maximale natürliche Bestockungsdichte* auf, die in den letzten zwölf Jahren um 2—4 m<sup>2</sup> zunahm und 1985 rund 53 m<sup>2</sup> (KRE 120/3), 64 m<sup>2</sup> (KRE 121/4) und 72 m<sup>2</sup>/ha (KRE 122/3) beträgt.

Unter Berücksichtigung der natürlichen Ausfälle in diesem Zeitraum erreichte der *jährliche Grundflächenzuwachs* auf den Parzellen Werte von 0,32, 0,50 und 0,66 m<sup>2</sup>/ha.



In Beständen mit natürlicher maximaler Grundflächenhaltung können die natürlichen Ausfälle in Verbindung mit den Zuwächsen einen Hinweis auf die Dynamik der noch laufenden Grundflächenexpansion geben. Tabelle 5 zeigt die natürlichen Ausfälle und die Zuwächse in Prozent des „Gesambestandes 1985“:

Auf den drei „Nullparzellen“ umfassen die natürlichen Ausfälle in den zwölf Jahren 10,7–17,6% der Stammzahlen, 3,5–5,5% der Grundfläche oder 2,8–5,3% des Volumens des „Gesambestandes 1985“. Die Zuwächse hingegen betragen das Zweifache (Grundfläche) bis Fünffache (Volumen) der Ausfälle (Grundflächenzuwachs: 7,0–10,4%, Volumenzuwachs: 16,4–19,8%).

Tabelle 5. ZE-Anfälle und Zuwächse auf den „Nullparzellen“ der Versuche KRE 120, 121 und 122 in den zwölf Jahren von 1973–1985. (Relativangaben, bezogen auf „Gesambestand 1985“)

Parz.	hoF185		MGH73-75		ZE-Anfälle*			Zuwächse*	
	m	qm	N%	G%	V%	IG%	IV%		
120/3	32.5	52.9	10.7	3.5	2.8	7.0	16.4		
121/4	40.8	63.1	7.6	3.8	3.5	9.1	19.8		
122/3	37.5	72.5	8.3	5.5	5.3	10.4	18.8		

\* 1% in Bezug zu „Gesambestand 1985“. Bei Zuwachs: Aus Summe der jährlichen Zuwächse von 1973 bis 1985

Mit zunehmender mittlerer Grundflächenhaltung (MGH) auf den drei im Standort unterschiedlichen – Parzellen nehmen die Ausfallprozente bei den Grundflächen und Vorräten zu, bei den Stammzahlen ab.

Die Ausfälle betrafen im wesentlichen schwächere Buchen aus der Unterschicht und Tannen aus der Mittelschicht. Durch Sturmwurf fielen aber auch einige stärkere Fichten und Tannen aus.

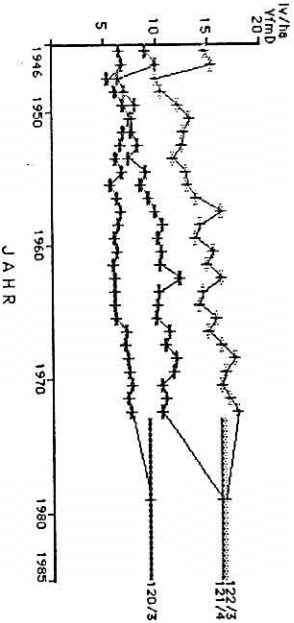


Abb. 2. Laufende Volumenzuwächse auf den „Nullparzellen“ KRE 120/3, 121/4 und 122/3 (1946–1973: jährliche Zuwächse, 1973–1985: mittlerer periodischer Durchschnittszuwachs)

Die mittleren laufend-jährlichen Volumenzuwächse der zwölf Jahre von 1973–1985 liegen mit 9,22 Vfm, 16,27 Vfm und 16,47 Vfm über den Zuwächsen der vorherigen Zeitabschnitte und setzen den z. T. steilen Zuwachsanstieg fort, der – wie Abb. 2 zeigt – für diese Versuchsflächen seit den fünfziger Jahren festgestellt wurde (Preuhlsler, 1979). Diesen Trend zeigen alle Baumarten, insbesondere aber die Fichte.

#### 4.1.2 Reaktionen der Versuchsbestände auf die Verjüngungseingriffe

Die Ausgangsbestockungsdichten der Parzellen ( $G_{Ges}/ha_{73}$ ), die geplante Steuerung der Verjüngungseingriffe nach der Grundfläche der „Nullparzellen“ (Plan) sowie deren Realisierung ( $G_{vst}/ha_{73}$ ) und die Situation 1985 ( $G_{vst}/ha_{85}$ ) sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6. Grundflächen je Hektar auf den Parzellen der drei Versuche KRE 120, 121 und 122 vor (ges) und nach (tbl) den Verjüngungsmaßnahmen 1973/75 sowie zur Aufnahme 1985

Parz. Variante	Gges/ha73		Plan		Gvbl/ha73		Gvbl/ha85	
	qm	% 0	qm	% 0	qm	% 0	qm	%73 %85
120 1 NULL	50.9	100	50.9	100	52.9	104	100	
4 SCHIM	56.6	111	80	41.0	80	72	42.9	84
2 FEMEL2	38.4	75	60	32.9	65	86	36.5	72
1 FEMEL1	35.8	70	40	21.1	41	59	24.4	47
121 4 NULL	60.1	100	60.1	100	63.6	106	100	
3 SCHIM	58.5	97	80	49.0	81	84	54.0	90
1 FEMEL2	60.0	80	60	36.9	61	76	40.4	67
2 FEMEL1	48.3	80	40	23.8	40	49	25.8	43
122 3 NULL	68.6	100	68.6	100	72.3	105	100	
4 SCHIM	64.1	94	80	55.5	81	87	56.7	83
1 FEMEL2	72.4	106	60	44.1	60	47	32.4	47
2 FEMEL1	57.7	84	40	29.0	42	50	30.7	45

% 0 = Grundfläche in Bezug zur NULL-Parzelle  
 %p = Grundfläche der Parzelle nach der Verjüngungsmaßnahme in Bezug zur Grundfläche der Parzelle vorher  
 %73 = Grundfläche 1985 in Bezug zur Grundfläche 1973 der NULL-Parzelle  
 %85 = Grundfläche 1985 in Bezug zur Grundfläche 1985 der NULL-Parzelle

Die gesteuerten Verjüngungseingriffe des Jahres 1975 konnten recht gut die vorgesehene Grundflächenstaffelung auf den Parzellen der drei Versuchsflächen erreichen, wenn auch wegen der unterschiedlichen Ausgangsgrundflächen die Entnahmen auf den Parzellen selbst davon abweichende Relationen aufwiesen.

Bis 1985 verzeichneten alle Parzellen eine Zunahme der Grundflächen um 2–9% der jeweiligen Ausgangsbezugsgrundfläche nach den Verjüngungsmaßnahmen von 1973/75. Die Stafflungen der Grundflächen blieben weitgehend erhalten, lediglich auf der „Femel 2“-Parzelle KRE 122/1 führte ein



Sturmwurf zur Vergrößerung des Femelloches, so daß auf dieser Versuchsfläche „Femel 1“- und „Femel 2“-Parzelle 1985 nahezu identische Grundflächenwerte aufwiesen mit 42% und 45% der Bezugsgrundfläche der „Nullparzelle“.

Die ZE-Anfälle betragen auf den in Verjüngung gestellten Parzellen — mit Ausnahme der sturbelasteten Fläche KRE 122 — in der Zeit von 1975—1985 nach Grundfläche und Vorrat nur ein Zehntel bis die Hälfte der ZE-Anfälle der jeweiligen „Nullparzelle“.

Ansonsten haben die Verjüngungseingriffe zu keiner bis jetzt erkennbaren Strukturänderung in den Durchmesser- und Höhenverteilungen der Bestände geführt.

Daß solche Änderungen aber längerfristig zu erwarten sind, geht aus den Durchmesserzuwachstregressionen hervor. Abb. 3 zeigt eine deutliche Staffelung der Zuwachstregressionen auf den Parzellen: Auf KRE 120 werden gegenüber den „Nullparzellen“ die Zuwachstgeraden der Behandlungsparzellen in den schwächeren Dimensionen angehoben; sie zeigen zudem eine klare Staffelung mit der stärksten Auflichtung oben und der „Schirm“-Parzelle unten. Auf KRE 121 zeigen „Schirm“ und „Femel 2“ kaum Unterschiede gegenüber der „Nullparzelle“; hier hebt sich nur der stärkste Eingriff „Femel 1“

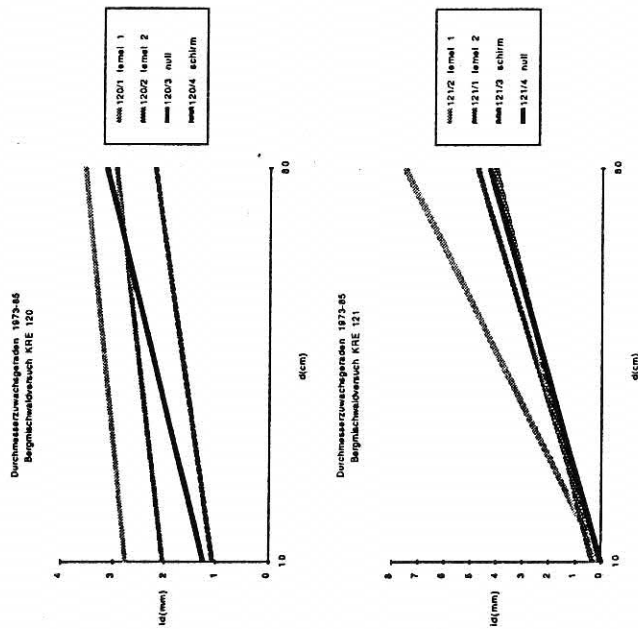


Abb. 3. Durchmesserzuwachstregressionen für die Parzellen der Versuche KRE 120 und KRE 121 (Zeitraum 1973—1985)

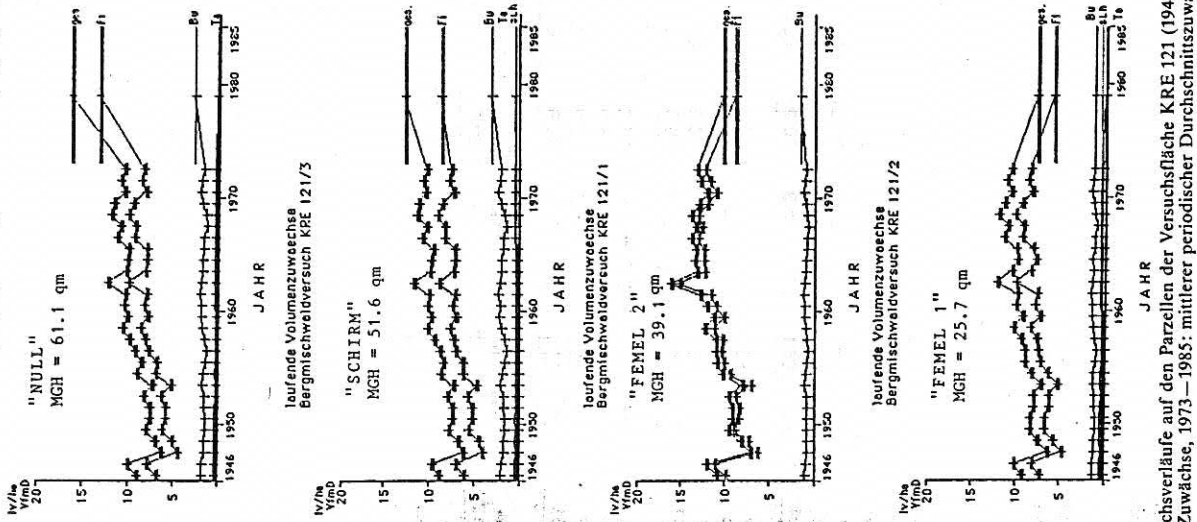


Abb. 4. Zuwachsverläufe auf den Parzellen der Versuchsfläche KRE 121 (1946—1973: jährliche Zuwächse, 1973—1985: mittlerer periodischer Durchschnittszuwachs)

durch wesentlich steileren Anstieg der Regressionsgeraden ab. (Ein ähnliches Bild zeigt der Versuch KRE 122 — hier nicht dargestellt —, allerdings gestört durch die Auswirkungen der Sturmwüfe).

Die Entwicklungen der Bestandeszuwächse nach Baumarten und für den Gesamtbestand sind als Beispiel für die Parzellen des Versuches KRE 121 auf Abb. 4 aufgetragen: Fichte leistet den Hauptanteil des Zuwachses, in diesem Bestand gefolgt von Buche. Für alle drei Versuche gilt: Während der Zuwachstrend auf den „Schirm“-Parzellen weiterhin ansteigt — wenn auch mäßiger als auf den „Nullparzellen“ —, knickt er auf den „Femel“-Varianten stark ab.

Tabelle 7 zeigt die absoluten Bestandeszuwächse je Jahr und Hektar in  $V_{j/m}$  auf den Parzellen der Versuchsflächen für den zwölfjährigen Zeitraum 1961—1973 vor den Verjüngungsmaßnahmen sowie für den zwölfjährigen Zeitraum 1973—1985 nach den Maßnahmen.

Tabelle 7. Mittlere Grundflächenhaltungen (MGH 73—85) sowie laufende mittlere periodische Zuwächse von 1961—1973 ( $i_{12}$ ) und 1973—1985 ( $i_{12}$ ) in  $V_{j/m}$ /Jahr/ha sowie in % auf den Parzellen der Versuchsflächen KRE 120, 121 und 122

VII. Par	Variante	MGH qm	%	$V_{j/m}$	$V_{j/m}$	----- $i_{12}$ -----	$i_{12}$	$i_{12}$	$i_{12}$
120	3	NULL	52,9	100	6,75	9,22	136	100	100
	4	SCHIRM	42,7	78	6,77	7,94	118	86	87
	2	FEMEL 2	34,8	63	6,42	6,63	93	65	68
	1	FEMEL 1	22,9	43	5,99	5,40	90	59	66
121	4	NULL	63,1	100	10,90	16,27	150	100	100
	3	SCHIRM	51,6	82	9,85	12,58	128	77	91
	1	FEMEL 2	39,1	62	13,30	10,30	77	63	51
	2	FEMEL 1	25,7	41	10,90	7,76	72	48	55
122	3	NULL	72,5	100	16,00	16,47	103	100	100
	4	SCHIRM	58,5	81	14,74	14,53	98	88	95
	1	FEMEL 2	43,0	59	13,16	7,32	55	44	58
	2	FEMEL 1	30,8	42	11,03	6,58	60	40	53

$\%i_{12}$  = Zuwachs 1973-85 in Prozent zum Zuwachs 1961-73 der jeweiligen Parzelle

$\%i_{12}$  = Zuwachs 1973-85 in Prozent zum Zuwachs 1973-85 der NULL-Parzelle

$\%i_{12}$  = Zuwachsentwicklung jeder Parzelle von 1961-73 bis 1973-85 in Prozent zur

Zuwachsentwicklung der NULL-Parzelle

Während die Zuwächse für die erste Periode ( $i_{12}$ ) auf den Parzellen des Versuches KRE 120 recht ähnliche Werte von rund 6,0—6,8  $V_{j/m}$  aufweisen, bewirken auf den beiden anderen Versuchen KRE 121 und 122 die kleinstandörtlichen Unterschiede auch erhebliche Unterschiede in den Zuwächsen mit mittleren Jahreswerten zwischen rund 9,9 und 13,3  $V_{j/m}$  bzw. 11,0 und 16,0  $V_{j/m}$ . Die Zuwächse von 1973—1985 ( $i_{12}$ ) — nach Durchführung der Verjüngungsmaßnahmen — hingegen zeigen in allen drei Fällen eine eindeutige

Staffelung, die gegenüber der „Nullparzelle“ ähnliche Relationen aufweist ( $i_{12}$  % 0) wie die Staffelung der mittleren Grundflächenhaltung (MGH, 1973—1985, %) auf Grund der Verjüngungsmaßnahmen.

Verglichen mit den Zuwächsen des Zeitraumes vor den Verjüngungsmaßnahmen (1961—1973) bestätigt jedoch der Versuch KRE 120 auf Hauptdolomit die vor zehn Jahren gemachte Beobachtung auf den gleichfalls auf Hauptdolomit stockenden Probenflächen (Preuhstler, 1979): Die Zuwächse der Femelvariante haben die Zuwächse aus dem vorhergehenden Zeitschnitt weitestgehend wieder erreicht, auf der Schirmvariante sogar überschritten. Allerdings konnte damals nicht abgesehen werden, daß uneben-dichte Dichtstand-Parzellen ihren Zuwachs noch erheblich weiter anheben würden, wie es die „Nullparzelle“ KRE 120/3 belegt und wie wir es mittlerweile aus einer Reihe von Beobachtungen in verschiedenen Waldgebielen und bei verschiedenen Baumarten und Bestandesformen in Bayern nachweisen konnten (siehe auch Preuhstler, 1987).

Die auf Lias-Fleckenmergel und den Kössener Schichten stockenden Versuche KRE 121 und KRE 122 lassen ein so deutliches Wiederauffüllen des Zuwachses nach den Behandlungen jedoch nicht erkennen.

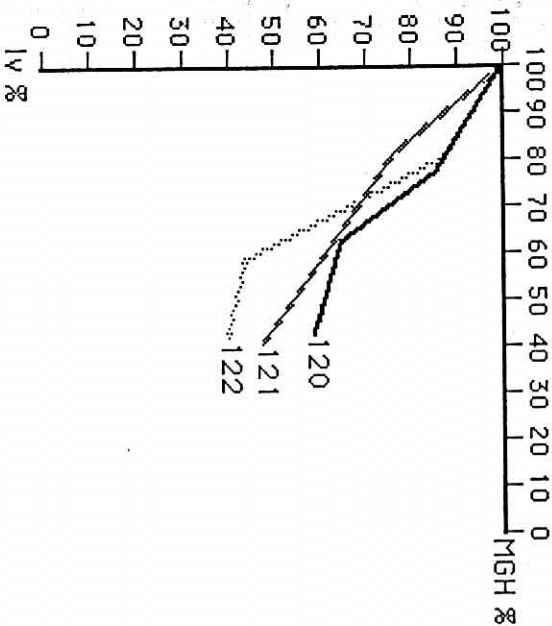


Abb. 5. Relativer Zuwachs ( $V_{j/m}$  zur „Nullparzelle“) in Bezug zum natürlichen Bestockungsgrad ( $\%i_{12}$  zur „Nullparzelle“) auf den Versuchsflächen KRE 120, 121 und 122 für die Zuwachspe-riode 1973—1985 (nach Ba u r, 1987)

In der Darstellung der — auf den Zuwachs der „Nullparzellen“ bezogenen — relativen Zuwächse der Parzellen von 1973—1985 gegenüber deren natürlichen Bestockungsgraden auf Abb. 5 werden die für die Verjüngung in Kauf

genommenen Zuwachseinbußen offensichtlich: Der Zuwachs staffelt sich auf den Versuchsflächen im untersuchten Zeitraum in beinahe dem gleichen Ausmaß, wie der natürliche Bestockungsgrad durch die Verjüngungsbehandlung reduziert wurde.

4.1.3 Bestandeswachstum auf den Verjüngungs-Probeflächen

Die Änderungen der Stammzahlen- und Grundflächenverhältnisse auf den Probeflächen durch Fortsetzung der Verjüngungsmaßnahmen (und durch zusätzliche ZE-Anfälle) im Zeitraum von 1975-1985 sind in Tabelle 8 enthalten. Angegeben sind die Stammzahlen und die Grundflächen in der Ausgangssituation 1975 und zur Aufnahme 1985 sowie die Stammzahlminderungen bzw. die entnommenen Grundflächen. Zusätzlich sind die mittlere Grundflächenhaltung (MGH 1975/1985) sowie der Prozentbezug von G/ha<sub>75</sub>, G/ha<sub>85</sub> und MGH auf eine angenommene natürliche maximale Grundfläche von ca. 55 m<sup>2</sup> in derartigen Beständen bei den vorliegenden mittleren Altern aufgeführt. (Diese Annahme ist zweifellos etwas vergrößernd, bestätigt sich jedoch aus den Grundflächenwerten der Versuchsflächen wie auch aus der mittleren Grundflächenhaltung der Parzelle 123/3.)

Tabelle 8. Entwicklung der Stammzahlen und Grundflächen auf den Verjüngungsprobeflächen im Forstamt Kreuth von 1975-1985. (Fortführung der Verjüngungseingriffe bzw. ZE-Anfälle)

Parz.	KSF	N/ha		G/ha (qm,% zu Gmax= 55qm)								
		75	85	75-85	75	85	75-85					
		ges	vbl	aus	ges	%	vbl	%	aus	MGH	%	
123	1	58	303	167	136	27.5	50	16.0	29	14.0*	29.1	53
	2	44	255	188	67	22.4	41	17.4	32	8.4*	24.1	44
	3	87	449	443	6	53.4	97	56.2	102	0.1	54.9	100
124	1	25	99	88	11	8.0	15	9.0	16	0.5	8.8	16
	2	55	333	322	11	26.2	48	29.7	54	0.3	28.1	51
125	1	35	156	150	6	23.2	42	25.2	46	24.0	44	
	2	48	325	313	12	25.7	47	28.7	52	0.2	27.3	50
	3	42	312	300	12	34.4	63	35.9	65	1.2	35.7	65
126	1	73	405	367	38	28.3	51	27.4	50	4.9*	25.4	46
	2	80	524	430	94	29.5	54	27.9	51	5.8*	25.7	47

\*) Verjüngungsnutzungen zwischen 1975 und 1985

KSF = Kronenüberschirmungsfläche (in % der Parzellenfläche) zur Aufnahme 1975

Bei der Aufnahme 1985 staffeln sich die Parzellen der Verjüngungs-Probeflächen nach der mittleren Grundflächenhaltung von 8,8-35,7 m<sup>2</sup> oder 16-65% der angesetzten Maximalgrundfläche von 55 m<sup>2</sup>. Auf KRE 123/1 und 123/2 wurden die Verjüngungsmaßnahmen fortgesetzt und die Grundflä-

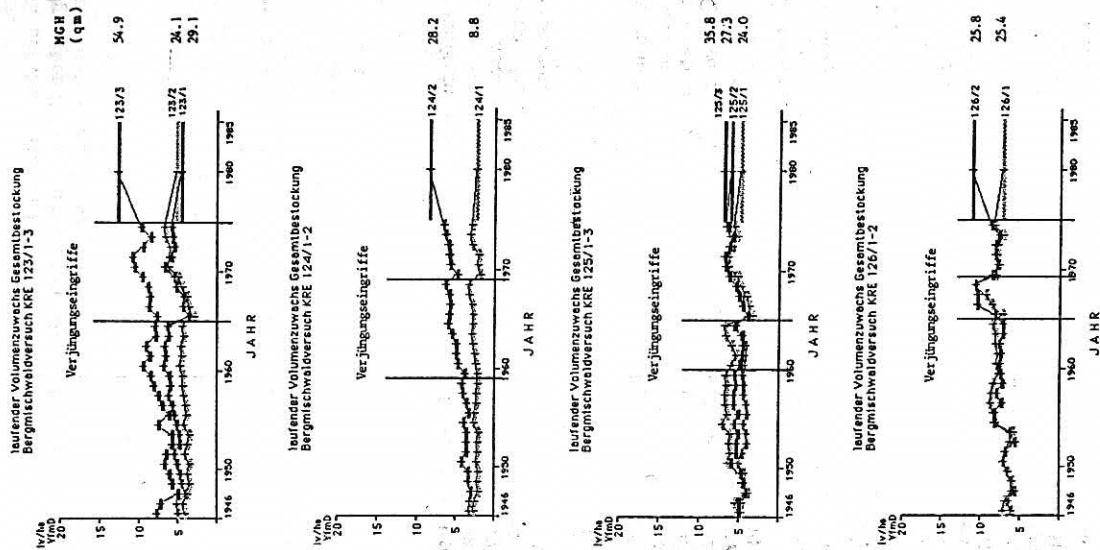


Abb. 6. Zuwachsverläufe auf den Parzellen der Probeflächen KRE 123, 124, 125 und 126. (1946-1975: jährliche Zuwächse, 1975-1985: mittlerer periodischer Durchschnittszuwachs)

chen weiter abgesenkt von 50% auf 29% bzw. von 41% auf 32% der zugrunde gelegten natürlichen Grundfläche.

Die Verjüngungseingriffe auf den Parzellen 126/1 und 126/2 hatten zum Aufnahmezeitpunkt 1985 gegenüber 1975 — auch bedingt durch den Grundflächenzuwachs — nur geringe Änderungen beigeführt. Ebenso haben die ZE-Anfälle auf den übrigen Parzellen kaum Strukturänderungen bewirkt.

Abb. 6 gibt die Bestandesszuwächse auf den Probestflächen von 1946—1985 wieder:

Auf den im letzten Zeitabschnitt nicht weiter aufgelichteten Parzellen zeigen die Zuwächse gegenüber den vorherigen Zeitabschnitten steigende Tendenz — ähnlich den „Nullparzellen“ der Versuchsflächen. Hierbei wirkt sich vor allem ein Zuwachsanstieg bei Fichte und Tanne aus.

Wo in diesen bereits stark aufgelichteten Beständen die Fortführung der Verjüngungsmaßnahmen auch stärkere Fichten und Tannen betroffen hatte (auf KRE 123/1 und 2 und auf KRE 126/1), steigt der Zuwachs allerdings wesentlich weniger steil an oder geht sogar zurück.

#### 4.2 Naturverjüngung

Die Neuaufnahmen der Naturverjüngung im Jahre 1985 wurden auf den Versuchsflächen von Baur (1987) und auf den Probestflächen von Winterberger (1987) durchgeführt und von ihnen im Rahmen ihrer Diplomarbeiten ausgewertet. Die Häufigkeiten nach Baumarten und Höhenklassen wurden durch Vollaufnahmen gewonnen, die Höhenentwicklungen an ausgewählten Pflanzen aus der Verjüngungsoberschicht rückgemessen.

##### 4.2.1 Entwicklung auf den Versuchsflächen

Die Pflanzenzahlen der Aufnahme 1985 sind in Tabelle 9 enthalten. Gegenüber der Erstaufnahme 1975 hat sich im Jahr 1985 die Zahl der Pflanzen „in Warteposition“ auf den „Nullparzellen“ z. T. erheblich erhöht; allerdings sind immer noch 85—89% der Pflanzen kleiner als 25 cm. Das von Magin (1959) im naturnahen Bergmischwald beobachtete „ständige Kommen und Vergehen“ der Keimlinge und Jungpflanzen ist auch in diesen Beständen festzustellen.

Eine deutliche Standortabhängigkeit der Pflanzenzahlen zeigt sich auch 1985: Die wärmeren und leichteren Rendzinen auf KRE 120/3 verfügen mit ca. 335 000 Pflanzen pro Hektar über die höchste Dichte; auf den schwereren und kälteren (Oxy-)Gleyen auf KRE 121/4 sind es ca. 13 000/ha, auf den Braunerden auf KRE 122/3 ca. 4000/ha. Die standortsbedingt unterschiedliche konkurrierende Bodenvegetation (auf KRE 121 und 122 vor allem Petasites) mag zu dieser Differenzierung mit beigetragen haben. Die Zunahme der Pflanzenzahlen bis zum Dreifachen gegenüber 1975 erklärt sich zum einen daraus, daß die Versuche seit 1975 gezüchtet sind. Zum anderen bestätigt sie die Beobachtungen von Burschel et al. (1985) im Bergmischwald des bayerischen Forstamtes Ruhpolding, wonach die Samenproduktion und Dichte der keimfähigen Samen sowie das Ankommen der Verjüngung von Baumart zu Baumart, von Jahr zu Jahr und von Parzelle zu Parzelle erheblich schwanken kann.

In den Baumartemischungen zeigt sich ebenfalls eine standortsabhängige Differenzierung. Zwar dominiert auf allen drei „Nullparzellen“ das Laubholz in der Verjüngung, doch sinkt sein Anteil von KRE 120 über 121 nach

Tabelle 9. Pflanzenzahlen (N/ha) und Mischungsanteile der Baumarten auf den Parzellen der Versuche KRE 120—122 im Jahr 1985, zehnjahre nach Beginn der Verjüngungsmaßnahmen

FlächPar	Var	KSP%	F	Ta	Bu	BH	Es	Vo	sonst.	Gesamt
120/1	Farnell	40,5	2788	7829	9456	82141	6475	282	60	108011
			26	72	7,8	76,0	6,0	0,3	0,1	100,0%
120/2	Farnell	45,1	2408	12045	1300	77921	10658	366	84	104772
			2,3	11,5	1,2	74,4	10,2	0,3	0,1	100,0%
120/3	NfL	86,0	618	12312	74999	201742	44181	537	56	335445
			0,2	3,7	22,4	60,0	13,2	0,5	0,0	100,0%
120/4	Schlm	60,2	859	8668	18164	56738	10068	2177	99	96781
			0,9	9,0	18,8	58,6	10,4	2,2	0,1	100,0%
121/1	Farnell	42,9	372	177	3478	8146	12	60		12249
			3,0	1,4	28,4	66,6	0,1	0,5		100,0%
121/2	Farnell	56,9	494	366	3611	11737	12	54	24	16299
			3,0	2,2	22,2	72,1	0,1	0,3	0,1	100,0%
121/3	Schlm	70,2	97	436	5718	16911	79	54	12	23317
			0,4	1,9	24,5	72,6	0,3	0,2	0,1	100,0%
121/4	NfL	80,3	110	819	4694	7570	18	127	18	13350
			0,8	6,1	35,2	56,8	0,1	0,9	0,1	100,0%
122/1	Farnell	41,2	1010	168	604	1541	6	353	18	3706
			27,4	4,5	16,3	41,7	0,2	9,5	0,4	100,0%
122/2	Farnell	45,5	1032	256	756	2152	6	152	6	4363
			23,7	5,9	17,3	49,4	0,1	3,5	0,1	100,0%
122/3	NfL	70,0	924	908	444	1318	5	360	21	3986
			23,2	22,8	11,2	33,2	0,1	9,0	0,5	100,0%
122/4	Schlm	55,4	6073	1694	148	194		360	34	8509
			71,5	19,9	1,7	2,3		4,2	0,4	100,0%

122 von 96% auf 93% und 54%. Bergahorn liegt mit 60%—57%—33% an der Spitze, gefolgt von Buche mit 22%—35%—11%. Esche, Ulme und Mehlbeere sind meist nur mit geringen Anteilen vertreten.

Andererseits steigen die Anteile von Tanne (3,7%—6,1%—22,8%) und Fichte (0,2%—1,0%—22,2%) und auch der Pionierbaumart Vogbeere (0,4%—1,0%—9,1%) deutlich an.

Auf den Parzellen, auf denen vor zehn Jahren mit der versuchsgemäßen Einleitung der Verjüngung begonnen worden war, wirken sich die Intensität der Eingriffe wie auch der Standort auf Pflanzenzahlen, Mischungsanteile und Höhenwachstum erkennbar aus.



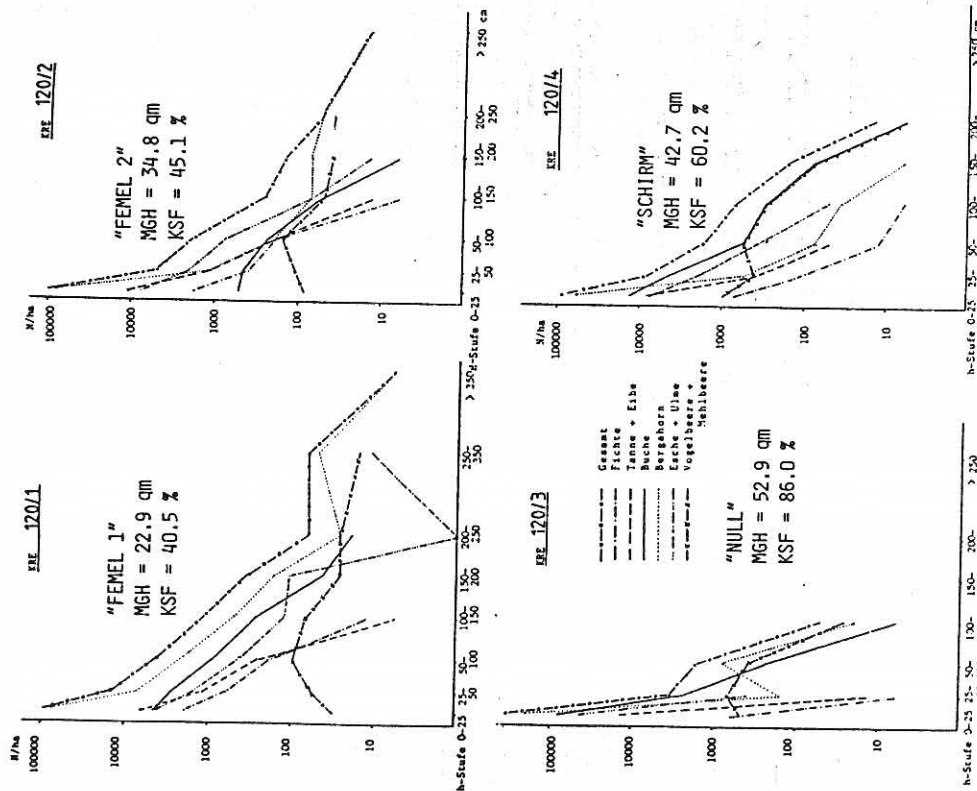


Abb. 7. Häufigkeiten der Verjüngungspflanzen nach Baumarten und Höhenklassen auf den Parzellen des Versuches KRE 120 im Jahre 1985 (nach Ba u r, 1987)

Gegenüber den „Nullparzellen“ verdoppelt sich bei den „Schirm“-Varianten auf den verjüngungsärmeren, vom Bodentyp her kälteren (Oxy-)Gley- und Braunerstandorten die Pflanzenzahl auf ca. 5000–8000/ha, auf den wärmeren Hauptdolomit-Rendzinen reduziert sie sich auf ca. ein Drittel oder rund 100 000/ha.

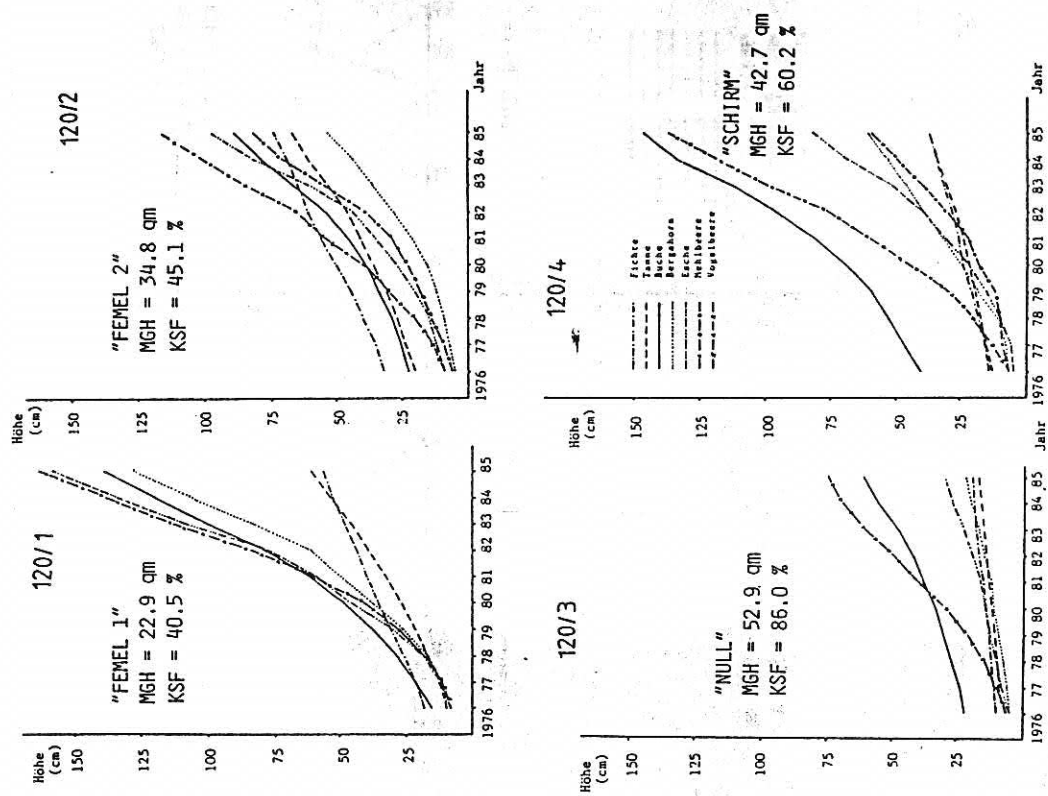


Abb. 8. Mittlere Höhenwachstumsgänge von Oberhöhenbäumen der Verjüngung auf der Versuchsfäche KRE 120 von 1975–1985 (nach Ba u r, 1987)

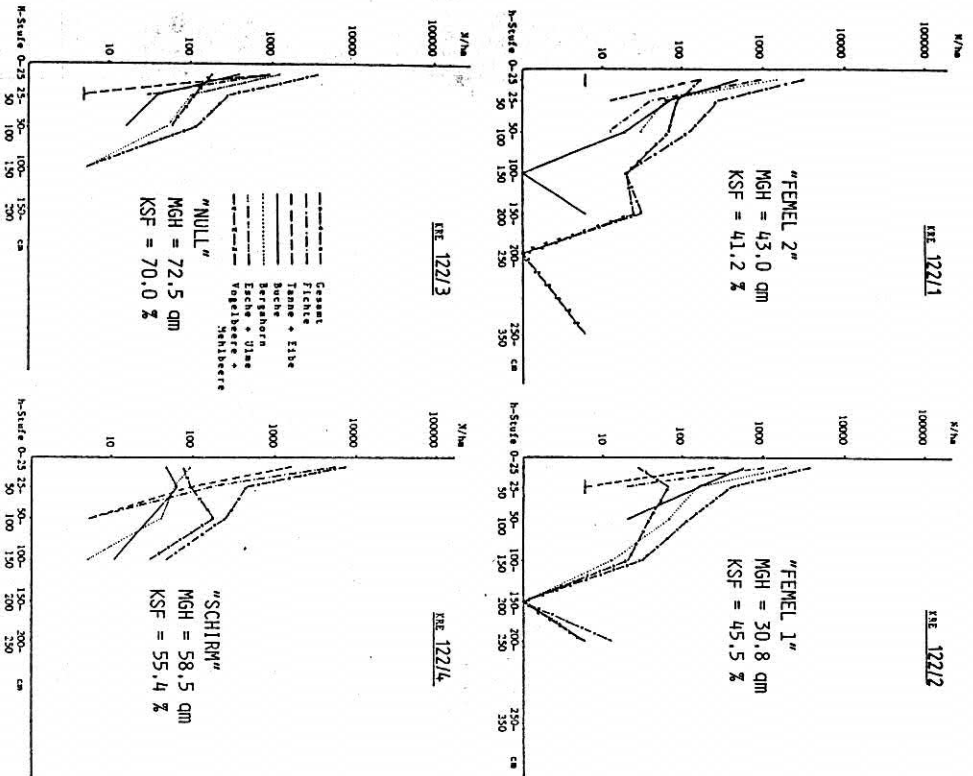


Abb. 9. Häufigkeiten der Verjüngungsplanzen nach Baumarten und Höhenklassen auf den Parzellen des Versuches KRE 122 im Jahre 1985 (nach Bau, 1987)

Die erhöhte Wärme- und Lichtzufuhr erreicht bei den vorliegenden Standortstypen offensichtlich verschiedene Stadien der Verjüngungsentwicklung. Auf den kälteren Standorten kann zunächst in einem ersten Schritt eine größere Anzahl von Verjüngungsplanzen zusätzlich Fuß fassen, während sich

auf den wärmeren Standorten bereits eine mehr als ausreichende Menge an Verjüngungsplanzen in „Warteposition“ befindet und daher eine derartige Phase der Verjüngungsanreicherung übersprungen wird. Die Verjüngung beginnt auf diesen Flächen nach den Maßnahmen sofort mit dem Wachstum und der Vitalisierung der Einzelplanzen; sie gerät mit sich selbst und der sich ausweitenden Bodenvegetation in Konkurrenz und reduziert dadurch die Planzenzahlen. Die beiden „Femel“-Varianten liegen mit ihren Planzenzahlen zwischen den „Null“- und „Schirm“-Varianten. Auf Abb. 7 wird am Beispiel der Parzellen des Versuches KRE 120 ersichtlich, daß die Häufigkeit der Planzen in den größeren Höhenklassen bei allen Baumarten mit dem Grad der Auflichtung zunimmt.

Die stärkste Auflichtung („Femel 1“) weist die größten besetzten Höhenklassen auf, wobei Bergahorn, Vogelbeere, Esche und Buche nach zehn Jahren bereits über 200 cm erreichten, Fichte und Tanne mit einigen Planzen mehr als 100 cm. „Femel 2“ zeigt ähnliche Strukturen, allerdings sind die Planzen um 50–100 cm niedriger; die „Schirm“-Parzelle bleibt noch weiter zurück, doch hat gegenüber „Null“ bereits ein echter Entwicklungssprung der Verjüngung eingesetzt.

Diese Beobachtungen werden durch die Höhenwachstumsgänge von Oberschichtbäumen der vier Parzellen bestätigt: Bei allen Baumarten nimmt mit zunehmender Auflichtung das Höhenwachstum zu, wobei Laubholz stärkere Anstiege verzeichnet als das Nadelholz (Abb. 8).

Auf den beiden anderen Verjüngungsstandorten differenziert sich das Wachstum der Verjüngung nach den unterschiedlichen Behandlungen in ähnlicher Weise. Wie Abb. 9 für den Versuch KRE 122 darstellt, sind die Reaktionen auf die Auflichtung jedoch bei weitem noch nicht so ausgeprägt. Sowohl die erreichten Höhen wie auch die Häufigkeiten in den Höhenstufen bleiben hinter denen von KRE 120 zurück.

In einem kovarianzanalytischen Vergleich nach dem Methodenvorschlag von Rao (1958) wurden für jede Baumart auf jeder Parzelle mittlere Wachstumsparameter ( $b$ -Werte) für die zehnjährige Startphase der Verjüngung berechnet. Sie sind um den Einfluß der unterschiedlichen Ausgangshöhe vor zehn Jahren bereinigt und belegen — auf Abb. 10 — erneut die Standortabhängigkeit der Verjüngungsentwicklung. Gleichzeitig zeigen sie den Einfluß der unterschiedlichen Auflichtung auf das Wachstum der Verjüngung:

Auf KRE 120 steigt der  $b$ -Wert mit abnehmender Überschirmungsdichte bei allen Baumarten an, wobei der Anstieg bei den Laubhölzern wesentlich ausgeprägter verläuft. Lediglich die „Femel 2“-Parzelle folgt bei den Laubhölzern nicht diesem Trend.

Auf den beiden anderen Versuchen zeigen nur Bergahorn auf KRE 121 und Vogelbeere auf KRE 122 den Anstieg mit der Auflichtung. Die anderen Baumarten differenzieren sich nach zehn Jahren seit Beginn der Verjüngung in den um den Einfluß der Ausgangshöhe bereinigten mittleren Wachstumsparametern noch nicht eindeutig.

Die Unterschiede vor allem zwischen den Laubbäumen und den Nadelbäumen sind auf fast allen Parzellen signifikant. Die Staffelnung der  $b$ -Werte innerhalb der Versuche bleibt mit wenigen Ausnahmen erhalten, so daß von standortstypischen Wachstumsrelationen der Baumarten auch in der ersten Verjüngungsphase gesprochen werden kann.

Die Verjüngung im Bergmischwald erfordert Geduld. Nach zehn Jahren sind auf den Verjüngungsparzellen der Versuchsflächen immer noch zwischen 80—98% der Pflanzen unter 25 cm hoch.

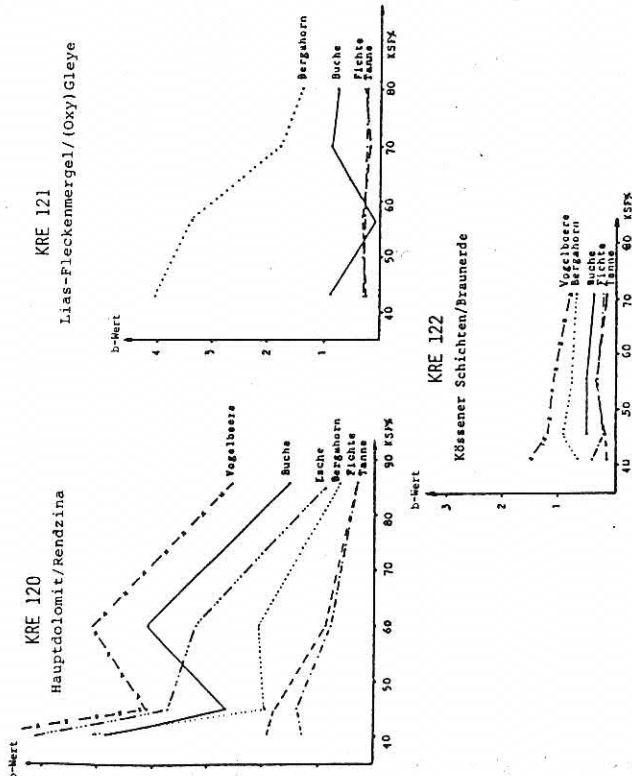


Abb. 10. Kovarianzanalytisch bereinigter mittlerer Höhenwachstumsparameter (b-Wert) für die Verjüngungspflanzen der Versuchsflächen in Abhängigkeit von der Überschirmungsdichte (KSP%) (nach Baur, 1987)

Betrachtet man aber auf allen Parzellen die Zahl der Pflanzen, die in den zehn Jahren seit den Maßnahmen die 50-cm-Höhe überschritten haben (Tabelle 10), so wird ersichtlich, daß die „Schirm“-Varianten den „Femel“-Va-

Tabelle 10. Entwicklung der Stammzahlen und Grundflächen auf den Verjüngungs-Probeflächen im Forstamt Kreuth von 1975 bis 1985 (Fortführung der Verjüngungsgriffe bzw. ZE-Anfälle).

Fläche	Anzahl Verjüngungspflanzen über 50cm und % zu "NULL"		Anzahl Verjüngungspflanzen über 50cm und % zu "FEMEL 1"		Anzahl Verjüngungspflanzen über 50cm und % zu "FEMEL 2"		Anzahl Verjüngungspflanzen über 50cm und % zu "SCHIRM"	
	N/ha	%	N/ha	%	N/ha	%	N/ha	%
120	1443	100	2485	172	2172	151	5318	369
121	574	100	1314	229	760	132	1193	208
122	132	100	294	223	183	139	164	124

rianten überlegen sind — mit Ausnahme von 120/1 („Femel 1“), wo bereits 1975 eine niedrigere Ausgangsbestockungsdichte im Altbestand und eine weiter fortgeschrittene Verjüngungssituation einen größeren Vorsprung gewährten.

4.2.2 Entwicklung auf den Probeflächen

Auf den nunmehr seit 16—26 Jahren in Verjüngung stehenden Probeflächen hat sich in den letzten zehn Jahren die Gesamtpflanzenzahl auf fast allen Parzellen ebenfalls erhöht und beträgt heute zwischen 53 000 und 138 000 pro Hektar.

Auf den einzelnen Parzellen sind 1,6%—14,1% davon immerhin schon über 150 cm hoch, 5000—28 000 oder 7,0—48,3% über 50 cm. Die länger auf-

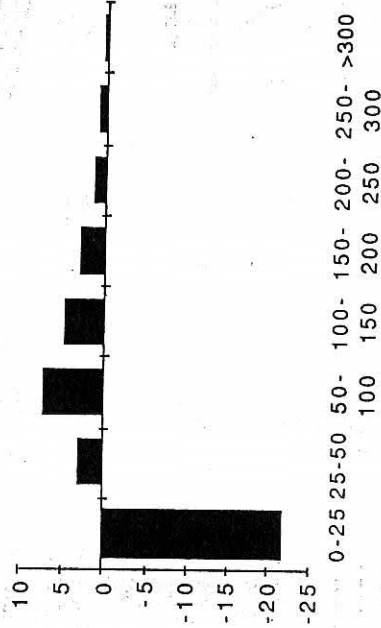


Abb. 11. Änderung der Pflanzensortenanteile in den Höhenklassen im Mittel aller Verjüngungsparzellen KRE 123—126 von 1975—1985

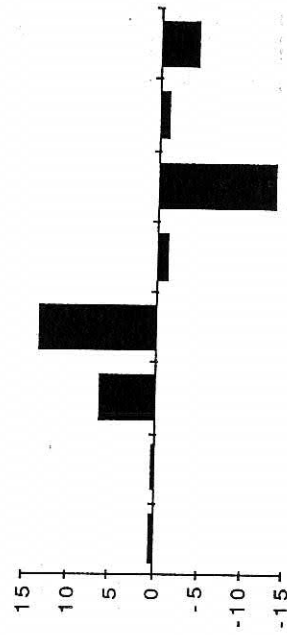


Abb. 12. Änderung der Baumartenanteile in den Höhenklassen über 50 cm im Mittel aller Verjüngungsparzellen KRE 123—126 von 1975—1985

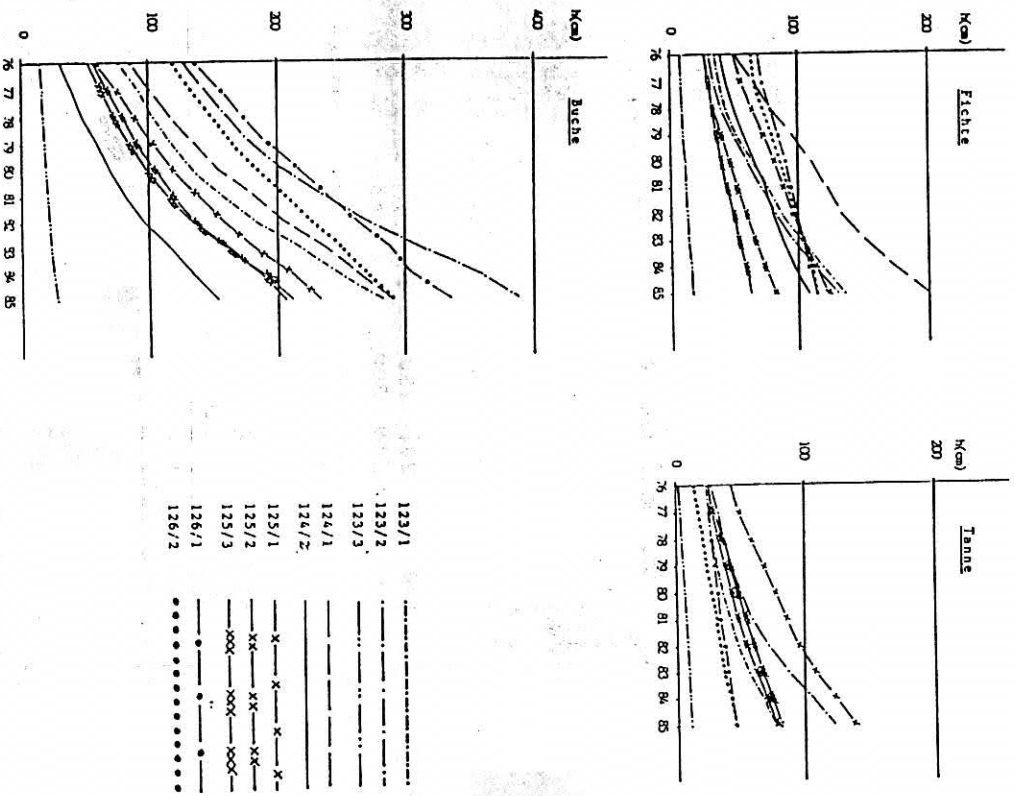


Abb. 13. Mittlere Höhenwachstumsgänge von Oberhöhenbäumchen der Fichten, Tannen und Buchen auf den Verjüngungsprobestflächen von 1975—1985 (nach Wintersperger, 1987)

gelichten Parzellen haben bereits das Dickungsstadium erreicht mit Pflanzhöhen von 200 bis über 500 cm in der Oberschicht.

Die Veränderung der Pflanzanzahlanteile in den Höhenklassen für alle neun Verjüngungsparzellen gemeinsam zeigt Abb. 11. Hieraus wird ersichtlich, daß die Pflanzanzahlen in der untersten Höhenklasse „bis 25 cm“ um im Mittel 21,9% abgenommen und in den größeren Höhenklassen entsprechend zugenommen haben, insbesondere in den Klassen „50—100 cm“ um 7,4% und „100—150 cm“ um 5,0%.

Die Oberschicht wird nach wie vor von den Laubbälzern gebildet, wobei der Anteil der Pionierbaumarten Vogelbeere und Mehlabere in den Höhenklassen über 50 cm stark abgenommen, der von Bergahorn und Buche zugenommen hat (Abb. 12).

Standortsunterschiede zeigen sich auch auf den Probestflächen in der Höhenentwicklung der Oberhöhenbäumchen — die allerdings bereits deutlich vom Effekt der Auflichtung überlagert wird —, wie Abb. 13 für die wichtigen Bergmischwaldbaumarten Fichte, Tanne und Buche belegt. Die Nadelbaumarten bereits der 100-cm-Höhe oder überschreiten sie auch, die Buchen erreichen fast durchwegs Höhen zwischen 200 und 400 cm. Die durchschnittlichen Höhenzuwächse der Bäumchen aus der Oberschicht der Verjüngung betragen 1985 bei Fichte 12 cm, Tanne 8 cm, Buche 24 cm, Bergahorn 23 cm und Esche 26 cm.

Darüber hinaus ist in diesem Stadium der Verjüngung die Dichte der Überschichtung bereits ein wichtiges Steuerungselement für die Baumartenzusammensetzung.

#### Zusammenfassung

— Die untersuchten Bergmischwaldbestände aus Fichte, Tanne und Buche zeigen in den bisher unbehandelten und noch dicht geschlossenen Beständen hohe Vorräte von rund 650—1050 Vfm<sub>0</sub> und hohe natürliche (= maximale) Grundflächenhaltungen von etwa 53—73 m<sup>2</sup>, wobei die Grundflächenexpansion auch in den vorliegenden Altern von durchschnittlich 110—145 Jahren augenscheinlich noch nicht abgeschlossen ist.

— Die mittleren periodischen Zuwächse der letzten zehn Jahre liegen mit ca. 9,2—16,5 Vfm<sub>0</sub> erstaunlich hoch und setzen den seit den fünfziger Jahren beobachteten steigenden Trend fort. (Dieser steigende Trend wurde auch bei den meisten der — im Sinne der neuartigen Waldschäden — als geschädigt eingestuft Einzelbäume beobachtet (Preuhstler, 1986).)

— Nach den Verjüngungsmaßnahmen können lediglich die Schirmschlag-Varianten mit — gegenüber den „Nullparzellen“ — 20%iger Grundflächenreduktion den vorherigen Zuwachs in etwa wieder erreichen. Im Vergleich mit den steigenden Zuwächsen der „Nullparzellen“ wird jedoch bei allen Behandlungsvarianten ersichtlich, daß für die Einleitung der Verjüngung Zuwachseinbußen in Kauf genommen werden müssen. Sie entsprechen beinahe dem Ausmaß der Grundflächenreduktion.

Assmann (1961) stellte für Fichtenreinbestände eine Optimum-Beziehung für den laufenden Zuwachs in Abhängigkeit vom natürlichen Bestockungsgrad dar. In den untersuchten Bergmischwaldbeständen scheint die op-



timale Grundflächenhaltung (die maximalen Zuwachs erwarten läßt) im vorliegenden Alter im Bereich der maximalen (= natürlichen) Grundflächenhaltung zu liegen.

— Auf den Parzellen mit versuchsgemäßer Einleitung der Verjüngung wirken sich in den letzten zehn Jahren der Verjüngungsentwicklung die *Standortsunterschiede* deutlich auf die *Gesamtpflanzenzahlen* wie auch auf die *Höhenentwicklung der Verjüngung* aus. Sie übertreffen in diesem Verjüngungsstadium die Auswirkungen der unterschiedlichen Auflichtung. Allerdings befindet sich die Verjüngung auf allen Parzellen auch nach zehn Jahren noch in einem Initialstadium und 80—98% der Pflanzen sind noch nicht höher als 25 cm.

— Unter Berücksichtigung der *Zuwachseinbußen im Altbestand* aufgrund der Verjüngungsmaßnahmen und angesichts der nach zehn Jahren vorgefundenen *Pflanzenzahlen mit Größen über 50 cm* erscheint in noch nicht geschlossenen Beständen der „Schirm“-Eingriff mit Reduktion der Grundfläche um 20% bei den derzeitigen, zum Teil hypertrophen Bestandeszuwächsen im Bergmischwald als die geeignetste Methode zur *Vorbereitung der Verjüngung*. Damit können möglichst hohe Zuwächse im Altbestand (bzw. möglichst geringe Zuwachseinbußen) verknüpft werden mit einer Verjüngung, die auf breiter Basis mit einer größeren Pflanzenzahl aus dem ersten Initialstadium herauswächst.

— Ist dieser Zustand erreicht — das kann je nach standörtlichen Gegebenheiten sicherlich *10 oder auch 20 Jahre dauern und erfordert zweifellosgeschild* und gezielte Beobachtung —, oder handelt es sich um bereits aufgelichtete Bestände, so sollte durch kräftige femelartige Eingriffe das schnelle Aufwachsen der Naturverjüngung gefördert werden.

In gewissen Grenzen ist hierbei eine Steuerung der Mischung möglich, doch läßt das festgestellte *hohe Ausharrungsvermögen von Tannen und auch Fichten* selbst bei ungünstigen Bedingungen erwarten, daß die Nadelhölzer sich ihren standörtlich optimalen Anteil am Folgebestand langfristig sichern werden.

— Nach 16—26 Jahren ist auf den meisten Probeständen bereits ein Dikungsstadium erreicht worden, in dem nach wie vor die Laubbäume sowohl nach der Pflanzenzahl wie auch nach der Höhenentwicklung dominieren, die Nadelbaumarten aber in ausreichender Zahl vorhanden sind.

— Allerdings ist bei den Versuchen der Wildeinfluß durch Zäunung weitgehend ausgeschlossen worden.

### Summary

#### *The Growth of Mature, Mixed Mountain Forest Stands and Their Natural Regeneration in the Kreuth Forest District*

In 1973/75 the Institute of Growth and Yield Research of the University of Munich has established 22 experimental plots in alpine mixed mountain forest stands at the Bavarian forest district of Kreuth.

These investigation aims to get informations of structure, growth and yield of the mixed stands during the period of their natural regeneration.

At each of the three stands where the regeneration was started in 1975 four plots have been established with different regeneration treatments, man-

aged by different levels of basal area in relationship to one of them as being the „Zero“-plot.

It is shown, that even in an age of more than 130 years the current increment on the „Zero“-plots is on a high level with almost increasing trend since 1950.

On the other hand, the mean increment from 1973/75 to 1985 of the remaining stands on the plots with regeneration treatment is going down nearly as much as the basal area was reduced to support regeneration. In these mixed stands the optimum basal area producing maximum increment is near to the maximum basal area at this age.

The characteristics of mixture and the number of plants as well as their growth parameters are discussed with respect to the canopy, remaining basal area, increment of the old stands and sitesituation.

At the beginning of the investigations in 1973/75 some of the stands have already had a 6—16 years old regeneration. Now after 16—26 years the regeneration is not yet completed on all plots. Some of the broadleaved trees are up to 500 cm high, the needle trees reached at least 150 cm.

### Danksagung

Ich danke dem Leiter des Bayerischen Ertragskundlichen Versuchswesens, Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. F. Franz sowie der Bayerischen Staatsforstverwaltung und insbesondere dem Forstamt Kreuth für die hilfreiche Unterstützung bei den Flächenanlagen und -aufnahmen. Ferner Herrn Versuchsleiter P. Dörr am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde für die bewährte Versuchsbetreuung, den Herren Dipl.-Forstw. R. Baur und Dipl.-Forstw. H. Wintersberger, die im Rahmen ihrer Diplomarbeit die mühevollte Verjüngungsvollaufnahme durchführten, und Herrn Dipl.-Ing. (FH) R. Serafin, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, für die Unterstützung bei der Anfertigung der Graphika.

### Literatur

- Assmann, E. (1961): Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft, München—Bonn—Wien. 490 S.
- Assmann, E. (1965): Der Zuwachs im Verjüngungsstadium. Cbl. f. d. ges. Forst., 82., H. 4, 193—217.
- Baur, R. (1987): Entwicklung von Oberstand und Verjüngung in Bergmischwald-Verjüngungsbeständen des Forstamtes Kreuth zehn Jahre nach versuchsgemäßer Einleitung der Naturverjüngung. Diplomarbeit MWV-DA 50, LMU München, 110 S., Abh. 53 S.
- Böhm, A. (1973): Möglichkeiten der Naturverjüngung im Hochgebirge AFZ 28, H. 9/10, 192—193.
- Burschel, P., H. Elkatib, J. Huss und R. Mosandl, (1985): Die Verjüngung im Bergmischwald. Forstw. Cbl. 104, H. 2, 65—100.
- Franz, F. (1987): Zum Aufbau eines neuzeitlichen Informationssystems für die Forstwirtschaft. Forstarchiv 58, H. 4, 131—137.
- Marglin, R. (1959): Struktur und Leistung mehrschichtiger Mischwälder in den bayrischen Alpen. Mitt. a. d. Staatsforstverw. Bayerns, H. 30, 162 S.

- Preuhlsler, T. (1979): Ertragskundliche Merkmale oberbayerischer Bergmischwald-Verjüngungsbestände auf kalkalpinen Standorten im Forstamt Kreuth. *Forsch. ber. FFA München*, H. 45, 260 S., Anh. 112 S.
- Preuhlsler, T. (1981): Ertragskundliche Merkmale oberbayerischer Bergmischwald-Verjüngungsbestände auf kalkalpinen Standorten im Forstamt Kreuth. *Forstw.-Chil.* 100, H. 5, 313—345.
- Preuhlsler, T. (1986): Zuwachsreaktionen von Bäumen geringer Vitalitätsgrade im bayerischen Alpenraum. *Deutscher Verb. Forstl. Forsch. Anst., Sektion Ertragskunde, Jahrestagung Schwangau*, 12/1—12/14.
- Preuhlsler, T. (1987): Bonität und Ertragsniveau — zum Weiserwert der beiden zentralen ertragskundlichen Leistungsgrößen im Lichte neuerer waldwachstumskundlicher Untersuchungen. In: *Aspekte waldwachstumskundlicher Forschung in München*; T. Preuhlsler (Hg.), Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München, Amalienstraße 52, D-8000 München 40; 137—151.
- Rao, C. R. (1958): Some Statistical Methods for Comparison of Growth Curves. *Biometrics* 14, 1—17.
- Wintersperger, H. (1987): Entwicklung der Naturverjüngung in verschiedenen aufgelichteten Bergmischwald-Verjüngungsbeständen des Forstamtes Kreuth in den letzten zehn Jahren. *Diplomarbeit MWW-DA 51*, LMU München, 78 S., Anh. 69 S.

*Anschrift des Verfassers:* Dr. Dr. habil. Teja Preuhlsler, Privatdozent, Forstoberrat, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München, Amalienstraße 52, D-8000 München 40.

Eingelangt: August 1988.