Über die Abhängigkeit des Radialzuwachses und der Oberhöhen bei Fichte und Lärche von der Meereshöhe und Exposition im Lötschental

Autor(en): **Ott, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **129 (1978)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-764345

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen
Journal forestier suisse

129. Jahrgang | März 1978 | Nummer 3

Über die Abhängigkeit des Radialzuwachses und der Oberhöhen bei Fichte und Lärche von der Meereshöhe und Exposition im Lötschental[1]

Von *E. Ott*
(Aus dem Institut für Waldbau der ETH Zürich)

Oxf.: 561.21 : 11

1. Einleitung

1938 veröffentlichte *H. Leibundgut* Ergebnisse seiner Wald- und Wirtschaftsstudien im Lötschental (4), die unter anderem auch auf Waldwirtschaftsplänen aus den Jahren 1930—36 basierten. Bis heute ist das Lötschental das einzige schweizerische Gebirgstal geblieben, das durch eine derart umfassende Wald- und Wirtschaftsanalyse gekennzeichnet wurde. Es lag daher nahe, in die vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützten Gebirgswalduntersuchungen unseres Institutes das Lötschental einzubeziehen. Da jedoch seit den erwähnten Wirtschaftsplänen keine Neuaufnahmen erfolgt waren, übernahm das Institut für Waldbau im Jahre 1968 diese Aufgabe, wobei die erforderliche Datenerhebung (Vollkluppierung) im Rahmen eines umfassenden Forschungsprogrammes erweitert wurde. Die ersten Ergebnisse über die seitherige gesamthafte Waldentwicklung wurden von *F. Fischer* 1974 (2) veröffentlicht. Er beschreibt und interpretiert besonders die Veränderungen von Stammzahlen, Vorrat und Stärkeklassenzusammensetzung sowie die rückläufige Entwicklung der Holznutzungen. Um eingehendere Zuwachsanalysen zu ermöglichen, und da der Massenzuwachs aus verschiedenen Gründen nicht allein aus Vorratsvergleichen und Nutzungskontrollen abgeleitet werden konnte, wurde im ganzen Waldgebiet eine grosse Anzahl von Bohrspänen entnommen. Schon bei der Planung des methodischen Vorgehens für diese Bohrspanentnahme wurde vorgesehen, das umfangreiche Stichprobenmaterial mittels Jahrringanalysen weitergehend auszuwerten; ausserdem erfolgten Baumhöhenmessungen.

[1] Vom Schweizerischen Nationalfonds für wissenschaftliche Forschung unterstützte Teiluntersuchung.

Die vorliegende Arbeit umfasst somit nur einen Teil der umfangreichen Untersuchungen und soll vor allem einen Beitrag zur Abklärung des standörtlichen, speziell des klimatischen Einflusses auf den jährlichen Radialzuwachs von Fichte und Lärche leisten.

Auf die Eigenart des Lötschentales und seiner Waldungen

braucht hier nur soweit eingetreten zu werden, als es zum Verständnis unserer Arbeit erforderlich erscheint. Die ökologischen Grundlagen und die Waldverhältnisse des Lötschentales sind in der erwähnten Arbeit von Leibundgut umfassend dargestellt.

Das Lötschental ist das einzige grosse sekundäre Längstal am Südabfall der Berner Alpen. Es erstreckt sich von der Lötschenlücke (3178 m ü. M.) auf einer Länge von nahezu 30 km bis zur Einmündung ins Rhonetal bei Gampel (636 m ü. M.). Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich auf das eigentliche Lötschental, also den Talabschnitt mit dem Dörfchen Ferden (1370 m ü. M.), Kippel, Wiler und Blatten bis zum Weiler Kühmad (1630 m ü. M.). Der diese vier Wohngemeinden umfassende Talabschnitt bildet ein natürlich begrenztes, in sich geschlossenes Gletscher-Trogtal. Von drei Seiten wird das Tal im Bereich des Talhintergrundes und der oberen Begrenzung der beiden Talflanken nahezu lückenlos von ausgedehnten Gletschern umrahmt. Bedingt durch die allgemein südwestlich verlaufende Talrichtung ist die orographisch rechts liegende Talflanke sonnseitig, die gegenüberliegende Talflanke schattenhalb exponiert.

Die für diese Höhenlage geringen durchschnittlichen Jahresniederschläge von nur annähernd 1000 mm im Talgrund sind charakteristisch für den warmtrockenen, zentralalpin-kontinental getönten Klima-Charakter des Tales. Die durchschnittlich relativ ausgeglichene Niederschlagsverteilung über das ganze Jahr weist im Gegensatz zu anderen Alpenstationen ein schwach ausgeprägtes Sommerminimum und ein Maximum im Winterquartal auf. Nach *Hainard* (3) ist das Lötschental analog zum Rhonetal gleichsam als sekundäre Trockenheits-Insel zu betrachten. Örtlich kann dem Wassermangel die Funktion eines Minimum-Faktors zukommen, besonders in Anbetracht der gelegentlich auftretenden Trockenheitsperioden. Während der in früheren Arbeiten ausgewerteten Periode 1901—1930 haben die Niederschlagssummen der Sommermonate für die Regenmessstation Kippel (1385 m ü. M.) die folgenden Extremwerte erreicht:

Juni, 20 mm und 150 mm; Juli, 20 mm und 160 mm; August, 15 mm und 140 mm; Jahr, 500 mm und 1300 mm.

Das Tal zeichnet sich somit durch ausserordentlich grosse jährliche Niederschlagsunterschiede aus.

Angaben über die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit müssen von der nächstliegenden, einigermassen vergleichbaren Klimamessstation Leukerbad (1415 m ü. M.) übernommen werden, wobei wiederum die Periode 1901—1930 berücksichtigt wird. Leukerbad weist eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 5,2 Grad Celsius auf. Die Tagesmittel-Temperatur beträgt im Juni 12,2 Grad Celsius, im Juli 14 Grad Celsius und im August 13,4 Grad Celsius. Der für das Wallis ermittelte Temperaturgradient ist mit einem Jahresmittel von 0,555 Grad Celsius grösser als auf der Alpennordseite.

Die relative Luftfeuchtigkeit ist wesentlich niedriger als auf der Alpennordseite, für Leukerbad im Frühling 64 Prozent, im Sommer 67 Prozent, im Herbst 72 Prozent, im Winter 67 Prozent und im Jahresmittel 68 Prozent, während das Jahresmittel vergleichsweise für Thun 79 Prozent und für Meiringen 83 Prozent beträgt. — Nebeltage sind im Lötschental selten.

Geologisch gehört das Lötschental zum Westteil des Aaremassivs. Der Talgrund und die seitlichen Flanken bestehen vorwiegend aus Gneisen, die höchsten Zonen aus Granit. Die rechte, sonnseitige Talflanke ist grösstenteils bis über die Waldgrenze mit Moränenmaterial überdeckt, während sich die Moränenbedeckung auf der linken Talflanke fast ausschliesslich auf die Terrasse beschränkt, die sich von Kastlern über Betzlern, Wiler, Nestalp bis zur Augstkumme hinzieht.

Die Bodentypen variieren je nach Exposition. Auf der rechten Talflanke finden sich vorwiegend podsolige Braunerden verschiedenen Podsolierungsgrades. Die linke Talflanke weist vorwiegend mehr oder weniger entwickelte Eisenpodsole auf. Die Bedingungen zur Bodenbildung sind somit hier wesentlich humider als auf der Sonnseite. Ausserdem weisen die Waldungen schattenhalb wesentlich höhere Schlussgrade auf, infolge geringerer anthropogener Beeinflussung durch Waldweide und starke Holznutzungen.

Die natürlichen Waldgesellschaften sind hochmontane und subalpine Fichten-Lärchenwälder und subalpine Lärchen-Arvenwälder. Auf der Sonnseite stockt nach *Sorg* (6), gemäss der Nomenklatur von *Ellenberg-Klötzli* (1), vorwiegend der Lärchen-Fichtenwald (*Larici-Piceetum*), auf der Schattseite hauptsächlich der Torfmoos-Fichtenwald mit Landschilf *(Sphagno-Piceetum calamagrostietosum villosae*). Der Lärchen-Fichtenwald (vormals *Piceetum subalpinum vaccinietosum*) ist eine relativ bodentrockene Subassoziation des subalpinen Fichtenwaldes.

Der eigentliche Fichten-Gürtel verschmälert sich taleinwärts zusehends. Der auf der Schattseite darüber anschliessende Lärchen-Arvenwald stösst taleinwärts bis nahe an den Langgletscher vor und besetzt dort auch den Talgrund. Der Übergang des Fichten-Lärchenwaldes in Lärchen-Arvenwald erfolgt durchschnittlich im Bereich von 1900 bis 2000 m ü. M.. Auf der

Sonnseite ist die Arve nur in spärlichen Überresten erhalten geblieben. Auffallend ist allgemein eine starke Absenkung verschiedener Vegetationsgrenzen im hintersten Talabschnitt, oberhalb Blatten, gegen den Langgletscher hin. Auf der Sonnseite ist die Lärche gegenüber der Fichte wesentlich stärker vertreten, teilweise durch die hier ausgeprägtere Trockenheit natürlich bedingt, hauptsächlich aber aufgrund des ausgeprägten anthropogenen Einflusses (Waldweide). Ebenfalls hauptsächlich infolge anthropogener Einflüsse ist oft in der Fichtenstufe lokal ein unterer Lärchen-Gürtel entstanden.

Die verhältnismässig schwach gegliederte, relativ flacher ansteigende sonnseitige Talflanke ist infolge der stärkeren landwirtschaftlichen Benutzung stärker entwaldet als die wesentlich steilere, nordwestlich exponierte Talflanke. Aber auch schattenhalb wurde die flachere Trogschulter in etwa 2000 m ü. M., bis zur heutigen oberen Waldgrenze als Kleinviehweide (hauptsächlich Schafe) landwirtschaftlich genutzt. Hauptsächlich zwischen 1930 bis 1940 wurde sonnenhalb die Waldbeweidung eingestellt, wenigstens ausserhalb des Alpbereiches.

Die obere Waldgrenze liegt entsprechend dem kontinental getönten Klima und der grossen Massenerhebung sehr hoch und erreicht 2160 m ü. M. auf der Sonnseite und 2230 m ü. M. auf der Schattseite.

Der Vorrat pro Hektar bestockter Waldfläche beträgt durchschnittlich im ganzen Tal 180 Tariffestmeter, der entsprechende jährliche Derbholzzuwachs liegt etwas über 2 TFm/ha. Die Waldungen der tieferen Lagen sind grossenteils ziemlich gleichförmig, jedoch keineswegs gleichaltrig, in der oberen Waldstufe (oberhalb 1950 m ü. M.) ist stufiger Bestandesaufbau häufiger.

2. Methodisches Vorgehen

Für die Entnahme der Bohrspäne wurden die Waldungen folgendermassen gegliedert:

3 Talsektoren:

Talsektor I: Unterster Talteil, südlich begrenzt durch Meiggbach-Graben und Rotlaui-Graben, nördlich begrenzt durch Ferdenbach-Graben und Kastler-Graben.

Talsektor II: Mittlerer Talteil, unten anschliessend an Talsektor I und oben begrenzt durch Tennera-Graben und Tennbach-Graben.

Talsektor III: Oberster Talteil, unten anschliessend an Talsektor II und alle Waldungen im obersten Talteil umfassend.

2 Hauptexpositionen:

Orographisch rechte Talseite (Sonnseite) und orographisch linke Talseite (Schattseite).

8 Höhenstufen in 100 m Aequidistanz, von 1500 bis 2200 m ü. M.

Die gewonnenen Stichproben verteilen sich nicht gleichmässig auf alle Waldorte dieser drei Talsektoren. Die überwiegende Mehrheit wurde in den folgenden grossen und relativ in sich geschlossenen Waldkomplexen gewonnen:

Talsektor I: Sonnseite: Ferdenwald, Schattseite: Kastlerwald.

Talsektor II: Schattseite: Kipplerwald.
(Auf der Sonnseite wurden keine Bohrspäne entnommen, weil sich hier kein geeigneter, geschlossener Waldkomplex findet.)

Talsektor III: Sonnseite: Wälder oberhalb Blatten und Kühmad, Schattseite: Nestwald.

Die Bohrspanentnahme erfolgte in zufälliger Verteilung entlang der Höhenschichtlinien, wobei eine gleichmässige Berücksichtigung besonders der 3 Stärkeklassen 2 (von 24—36 cm), 3 (36—52 cm) und 4 (über 52 cm Brusthöhendurchmesser) angestrebt wurde. Von jedem Probebaum wurde in Brusthöhe (BHD 1,3 m) ein Bohrspan in Richtung der Höhenschichtlinie entnommen und der Brusthöhendurchmesser in cm-Stufen bestimmt. Jeder Bohrspan wurde durch die Angabe von Baumart, Meereshöhe, Hauptexposition und Talsektor gekennzeichnet. Zusätzlich wurden in jeder Höhenstufe die Baumoberhöhen bestimmt (Bäume der mittleren und starken Baumholzstufe).

Aufgrund dieses Stichprobenverfahrens kann das Bohrspanmaterial je Baumart entsprechend der Zugehörigkeit zur Meereshöhe, zur Hauptexposition und zum Talsektor klassiert werden (Tab. 2 und 3). Die sehr ungleiche Bewaldung der einzelnen Talsektoren, Talseiten und Höhenstufen brachte mit sich, dass nicht überall die wünschbare Anzahl Stichproben vorliegt, was zum Teil Zusammenfassungen, zum Teil Weglassungen verlangt. So mussten die Talsektoren I und II zusammengefasst werden. Es ergab sich auch, dass die Höhenstufe 1800 m ü. M. durchgehend stark unterdurchschnittliche Stichprobenzahlen aufweist, dass von der Sonnseite des obersten Talsektors (III) Proben aus 1500 m ü. M. überhaupt fehlen, ebenso teilweise in den Höhenstufen über 1900 m ü. M., infolge Erreichens der oberen Waldgrenze oder der oberen Baumgrenze der Fichte. Da die Baumgruppenkollektive der Höhenstufe 1800 m ü. M. mehrheitlich eine sehr unausgeglichene Stärkeklassen-Verteilung aufweisen (Tab. 1), werden alle Stichproben dieser Höhenstufe

Tabelle 1 PRÜFUNG DER VERGLEICHBARKEIT DES RADIALZUWACHSES i_r DER 4 VERSCHIEDENEN STÄRKEKLASSEN INNERHALB DER AUSGESCHIEDENEN BAUMGRUPPENKOLLEKTIVE, MITTELS STREUUNGSZERLEGUNG

a) Baumart FICHTE

Tal-sektor	Höhe m ü.M	Hauptexp.	Stärkeklassen, Anzahl Stichproben n und Radialzuwachs i_r 1948-67 in mm												F-Test	Extrem pos./neg. abweichende Stärkeklassen			
			≤23 cm		2 : 24-35 cm		3 : 36-51 cm		4 : 52-72 cm		4 : ≥ 72 cm								
			n	i_r: $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	n	i_r: $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	n	i_r: $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	n	i_r: $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	n	i_r: $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$				≤23	2	3	4
I + II	1500	Sonnseite	8	30,5 ± 5,2	15	30,5 ± 4,2	14	37,0 ± 4,0	11	22,2 ± 5,4	3	19,0 ± 4,3		o					
	1600		14	27,0 ± 4,6	16	22,0 ± 1,8	19	21,2 ± 2,3	19	23,4 ± 2,7	1	31,7		o					
	1700		-		5	16,6 ± 3,9	18	22,4 ± 3,1	13	19,8 ± 2,4	1	14,6		o					
	1800		19	20,7 ± 2,9	20	22,9 ± 3,9	-		-		-			o					
	1900		6	9,8 ± 3,2	15	20,4 ± 2,4	17	19,3 ± 2,0	17	18,7 ± 2,3	3	11,9 ± 2,1		o					
III	1600		10	19,9 ± 4,4	18	25,4 ± 2,7	19	25,2 ± 3,4	17	26,1 ± 4,3	-			o					
	1700		10	17,0 ± 2,8	16	23,4 ± 3,9	16	17,7 ± 2,4	12	13,9 ± 1,9	-			o					
	1800		7	16,0 ± 2,7	-		-		-		-								
	1900		4	21,8 ± 5,3	12	19,6 ± 2,2	9	13,8 ± 0,5	9	14,1 ± 1,8	-			o					
alle	1600		24	24,0 ± 3,3	34	23,8 ± 1,7	38	23,2 ± 2,1	36	24,7 ± 2,4	1	31,6		o					
	1700		10	17,0 ± 2,8	21	21,8 ± 3,1	34	20,2 ± 2,0	25	17,0 ± 1,6	1	14,6		o					
	1800		26	19,4 ± 2,3	20	22,9 ± 3,9	-		-		-			o					
	1900		10	14,6 ± 3,3	27	20,0 ± 1,6	26	17,4 ± 1,4	26	17,1 ± 1,7	3	11,9 ± 2,1		o					
I + II	1500	Schattseite	5	18,3 ± 1,8	17	33,6 ± 2,5	10	30,6 ± 4,3	19	40,1 ± 5,2	-			o					
	1600		9	27,5 ± 4,4	15	22,5 ± 4,7	21	23,3 ± 2,4	11	23,4 ± 3,9	-			o					
	1700		30	25,3 ± 2,7	11	23,1 ± 4,5	21	27,8 ± 2,6	16	23,7 ± 2,6	2	17,8		o					
	1800		24	14,1 ± 1,3	10	21,5 ± 1,5	8	14,7 ± 1,9	11	21,5 ± 2,2	-			**	-	+	-	+
	1900		8	10,8 ± 4,1	7	18,6 ± 3,3	21	21,1 ± 1,5	20	18,6 ± 2,2	-			o					
	2100		3	17,4 ± 4,0	23	24,2 ± 2,0	11	23,6 ± 3,8	3	24,4 ± 3,0	-			o					
III	1500		4	18,5 ± 4,8	10	12,3 ± 1,6	14	24,1 ± 3,6	15	22,4 ± 1,8	2	38,6		**		-	+	+
	1600		18	24,5 ± 3,7	17	22,2 ± 2,3	19	24,1 ± 3,2	18	25,8 ± 3,5	-			o					
	1700		10	18,5 ± 2,5	17	25,7 ± 1,8	18	25,1 ± 2,7	18	26,5 ± 3,9				o					
	1800		-		-		-		4	32,8 ± 5,5									
	1900		17	22,8 ± 2,4	6	19,6 ± 2,3	9	16,0 ± 1,7	16	23,6 ± 2,7	1	10,1		o					
	2000		3	14,3 ± 2,6	15	14,7 ± 2,5	28	17,1 ± 1,9	7	25,2 ± 4,1	-			o					
alle	1500		9	18,4 ± 2,2	27	25,7 ± 2,6	24	26,8 ± 2,8	34	32,3 ± 3,3	2	38,6		o					
	1600		27	25,5 ± 2,8	32	22,4 ± 2,5	40	23,7 ± 2,0	29	24,9 ± 2,6	-			o					
	1700		40	23,6 ± 2,1	28	24,7 ± 2,0	39	26,6 ± 1,9	34	25,2 ± 2,4	2	17,8		o					
	1800		24	14,1 ± 1,3	10	21,5 ± 1,5	8	14,7 ± 1,9	15	24,5 ± 2,5	-			***	-	+	-	+
	1900		25	19,0 ± 2,3	13	19,1 ± 2,0	30	19,6 ± 1,2	36	20,9 ± 1,7	1	10,1		o					
	2000		3	14,3 ± 2,6	15	14,7 ± 2,5	28	17,1 ± 1,9	7	25,2 ± 4,1	-			o					
alle	alle	alle	209	20,8 ± 0,9	265	22,9 ± 0,8	292	22,6 ± 0,7	256	23,6 ± 0,9	13	20,1 ± 3,0		o					

b) Baumart LAERCHE

I + II	1500	Sonnseite	5	15,9 ± 1,6	22	22,4 ± 2,4	22	19,9 ± 2,1	12	9,9 ± 0,8	5	17,1 ± 1,4	**				-
	1600		15	25,1 ± 2,7	17	31,4 ± 3,8	24	20,2 ± 1,5	22	12,0 ± 1,0	-		***		+		-
	1700		16	28,4 ± 3,4	19	23,8 ± 3,4	22	25,6 ± 2,3	18	16,0 ± 1,7	4	17,2 ± 6,6	*				-
	1800		13	34,2 ± 4,1	20	28,8 ± 4,5	1	7,2	-		-		o				
	1900		3	7,3 ± 0,4	17	8,2 ± 0,9	22	12,9 ± 1,3	17	15,8 ± 1,6	2	6,8	**		-		
	2100		17	12,1 ± 1,4	18	10,3 ± 1,1	29	11,7 ± 1,0	12	11,2 ± 1,3	1	9,1	o				
	2200		5	17,2 ± 2,5	5	12,4 ± 2,2	5	17,8 ± 3,2	-		-		o				
III	1600		13	17,1 ± 3,0	13	15,6 ± 2,o	13	6,6 ± 0,9	17	17,8 ± 2,1	-		**			-	
	1700		4	22,5 ± 8,0	14	16,6 ± 3,8	17	8,3 ± 0,8	17	10,2 ± 1,0	-		**	+	+	-	-
	1900		-		8	22,9 ± 5,3	7	14,8 ± 2,3	10	13,4 ± 1,3	-		o				
alle	1600		28	21,4 ± 2,1	30	24,5 ± 2,7	37	15,4 ± 1,5	39	14,5 ± 1,2	-		***	+	+	-	-
	1700		20	27,2 ± 3,1	33	20,8 ± 2,5	39	18,1 ± 1,9	35	13,2 ± 1,1	4	17,2 ± 6,6	**	+			-
	1900		3	7,3 ± 0,4	25	12,9 ± 2,2	29	13,4 ± 1,1	27	14,9 ± 1,2	2	6,8	o				
I + II	1500	Schattseite	-		16	40,0 ± 5,6	17	28,2 ± 3,4	14	24,0 ± 2,8	2	30,3	o				
	1600		-		15	36,9 ± 5,3	21	18,3 ± 2,0	13	21,7 ± 2,0	-		***		+		
	1700		7	19,2 ± 6,6	15	11,8 ± 1,8	22	19,3 ± 3,0	8	11,5 ± 1,6	2	16,0	o				
	1800		1	10,1	15	12,7 ± 1,5	3	10,5 ± 4,4	2	19,2 ± 4,4	-		o				
	1900		7	10,9 ± 3,1	14	30,5 ± 6,1	16	9,2 ± 1,4	26	12,0 ± 1,1	-		***		+		
	2000		10	16,4 ± 3,5	-		-		-		-						
	2100		8	10,6 ± 2,0	19	13,0 ± 1,5	18	13,1 ± 1,6	20	9,3 ± 1,2	8	10,2 ± 1,5	o				
	2200		-		2	12,7 ± 1,4	4	12,6 ± 1,5	6	11,4 ± 1,6	1	8,0	o				
III	1500		7	23,3 ± 2,4	7	29,0 ± 7,5	13	18,6 ± 2,1	13	24,5 ± 2,6	-		o				
	1600		15	22,9 ± 4,4	18	26,5 ± 3,9	23	24,1 ± 3,4	16	22,4 ± 2,7	3	30,2	o				
	1700		11	14,6 ± 3,4	16	19,1 ± 2,6	23	14,9 ± 1,7	17	16,8 ± 1,5	-		o				
	1800		8	23,8 ± 4,2	2	21,2	-		-		-						
	1900		9	9,1 ± 1,7	15	16,5 ± 2,5	21	19,5 ± 1,9	18	22,4 ± 2,5	-		**	-			
	2000		8	9,4 ± 1,5	16	10,7 ± 0,9	23	12,7 ± 0,8	17	14,3 ± 1,4	-		*	-			
alle	1500		7	23,3 ± 2,4	23	36,7 ± 4,5	30	24,1 ± 2,3	27	24,3 ± 1,9	2	30,3	*		+		
	1600		15	22,9 ± 4,4	33	31,2 ± 3,3	44	21,3 ± 2,0	29	22,1 ± 1,7	3	30,2	*		+		
	1700		18	16,4 ± 3,2	31	15,5 ± 1,7	45	17,0 ± 1,7	25	15,1 ± 1,2	2	16,0	o				
	1800		9	22,3 ± 4,0	17	13,7 ± 1,9	3	10,5 ± 4,4	2	19,2			o				
	1900		16	9,9 ± 1,6	29	23,2 ± 3,4	37	15,0 ± 1,5	44	16,3 ± 1,4	-		**	-	+		
	2000		18	13,3 ± 2,2	16	10,7 ± 0,9	23	12,7 ± 0,8	17	14,3 ± 1,4	-		o				
alle	alle	alle	196	18,6 ± 0,9	323	20,9 ± 0,9	367	16,8 ± 0,5	295	15,6 ± 0,5	28	16,0 ± 1,9	***		+		

F* = schwach gesichert, P 0,05; F** = stark gesichert, P 0,01; F*** = sehr stark gesichert, P 0,001.

Tabelle 2 AUSGESCHIEDENE BAUMGRUPPENKOLLEKTIVE, ANZAHL STICHPROBEN n, DURCHSCHNITTLICHER BRUSTHÖHEN-DURCHMESSER UND DURCHSCHNITTLICHER RADIALZUWACHS i_r 1948-67 (JE MIT STANDARDABWEICHUNG VOM MITTELWERT $s_{\bar{x}}$); NUR BÄUME MIT BHD 24-72 CM (EINGERAHMTE WERTE VON DER AUSWERTUNG AUSGEKLAMMERT)

Höhe m ü.M.	SONNSEITE						SCHATTSEITE					
Talsektor	Fichte			Lärche			Fichte			Lärche		
	n	BHD cm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	i_r mm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	n	BHD cm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	i_r mm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	n	BHD cm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	i_r mm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	n	BHD cm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	i_r mm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
1500 I + II	40	42,5 ± 2,2	30,5 ± 2,7	56	42,5 ± 1,7	18,7 ± 1,4	46	44,8 ± 2,1	35,6 ± 2,5	47	43,9 ± 1,8	31,0 ± 2,6
III	-			-			39	44,6 ± 2,0	20,4 ± 1,7	33	45,1 ± 2,1	23,1 ± 2,1
1600 I + II	54	45,4 ± 1,8	22,2 ± 1,3	63	45,6 ± 1,6	20,4 ± 1,5	47	41,0 ± 1,5	23,1 ± 2,0	49	42,2 ± 1,6	24,9 ± 2,2
III	54	42,6 ± 1,7	25,6 ± 2,0	43	46,0 ± 2,1	13,7 ± 1,3	54	43,4 ± 1,7	24,1 ± 1,8	57	42,3 ± 1,6	24,4 ± 2,0
1700 I + II	36	46,6 ± 2,0	20,6 ± 1,9	59	44,3 ± 1,7	22,1 ± 1,5	48	44,2 ± 1,5	25,4 ± 1,8	45	42,0 ± 1,5	15,4 ± 1,7
III	44	41,9 ± 1,7	18,8 ± 1,8	48	44,5 ± 1,8	11,4 ± 1,3	53	43,0 ± 1,8	25,7 ± 1,7	56	44,3 ± 1,6	16,7 ± 1,1
1800 I + II	20	31,1 ± 0,7	22,9 ± 3,9	21	29,4 ± 0,8	27,8 ± 4,4	29	43,7 ± 2,6	19,6 ± 1,2	20	34.1 ± 2,1	13,0 ± 1,4
III	-			-			4	60,5 ± 1,4	32,8 ± 5,5	2	32,5 ± 1,5	21,2
1900 I + II	49	43,7 ± 1,7	19,4 ± 1,3	56	44,4 ± 1,7	12,4 ± 0,9	48	48,5 ± 1,5	19,7 ± 1,2	56	46,7 ± 1,6	15,8 ± 2,0
III	30	42,9 ± 2,3	16,2 ± 1,1	25	45,2 ± 2,3	16,8 ± 2,0	31	48,5 ± 2,1	20,6 ± 1,6	54	45,7 ± 1,7	19,6 ± 1,3
2000 I + II	-			-			-			-		
III	-			-			50	39,8 ± 1,4	17,5 ± 1,5	56	44,2 ± 1,4	12,6 ± 0,6
2100 I + II	-			59	41,2 ± 1,4	11,1 ± 0,6	37	35,4 ± 1,6	24,1 ± 1,7	57	43,7 ± 1,8	11,7 ± 0,8
III	-			-			-			-		
2200 I + II	-			10	36,3 ± 2,7	15,1 ± 2,0	-			12	48,3 ± 4,2	12,0 ± 0,9
III	-			-			-			-		

Tabelle 3 AUSGESCHIEDENE BAUMGRUPPENKOLLEKTIVE, ANZAHL STICHPROBEN n, DURCHSCHNITTLICHER BRUSTHÖHEN-DURCHMESSER UND DURCHSCHNITTLICHER RADIALZUWACHS i_r 1948-67 (JE MIT STANDARDABWEICHUNG VOM MITTELWERT $s_{\bar{x}}$); ALLE BÄUME, BHD < 24 CM BIS > 72 CM)

Höhe m ü.M.	SONNSEITE						SCHATTSEITE					
Talsektor	Fichte			Lärche			Fichte			Lärche		
	n	BHD cm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	i_r mm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	n	BHD cm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	i_r mm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	n	BHD cm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	i_r mm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	n	BHD cm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	i_r mm $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
1500 I + II	51	41,0 ± 2,4	29,8 ± 2,3	66	43,7 ± 2,1	18,4 ± 1,2	51	42,3 ± 2,1	33,9 ± 2,4	49	45,3 ± 2,0	31,0 ± 2,5
III	-			-			45	43,8 ± 2,3	21,1 ± 1,6	40	40,6 ± 2,3	23,2 ± 1,8
1600 I + II	69	40,6 ± 2,0	23,3 ± 1,4	78	40,5 ± 1,8	21,3 ± 1,4	56	37,4 ± 1,7	23,8 ± 1,8	49	42,2 ± 1,6	24,9 ± 2,2
III	64	39,1 ± 1,8	24,7 ± 1,8	56	39,8 ± 2,2	14,5 ± 1,2	72	37,3 ± 1,8	24,2 ± 1,6	75	38,9 ± 1,8	24,3 ± 1,7
1700 I + II	37	47,5 ± 2,1	20,5 ± 1,8	79	41,3 ± 2,1	23,1 ± 1,4	80	34,0 ± 2,0	25,2 ± 1,5	54	40,6 ± 2,0	15,9 ± 1,6
III	54	37,7 ± 1,9	18,4 ± 1,5	52	42,5 ± 2,0	12,3 ± 1,3	63	39,2 ± 1,9	24,6 ± 1,5	67	40,0 ± 1,8	16,3 ± 1,1
1800 I + II	39	25,2 ± 1,1	21,8 ± 2,4	34	25,0 ± 1,1	30,3 ± 3,1	53	32,1 ± 2,3	17,1 ± 1,0	21	33,4 ± 2,1	12,9 ± 1,3
III	7	19,7 ± 0,8	16,0 ± 2,7	-			4	60,5 ± 1,4	32,8 ± 5,5	10	22,3 ± 1,8	23,3 ± 4,0
1900 I + II	58	42,9 ± 2,0	18,0 ± 1,2	61	45,0 ± 2,1	11,9 ± 0,8	56	44,0 ± 2,0	18,5 ± 1,2	63	43,8 ± 1,8	15,3 ± 1,8
III	34	40,0 ± 2,4	16,8 ± 1,2	25	45,2 ± 2,3	16,8 ± 2,0	49	38,8 ± 2,6	21,2 ± 1,3	63	41,7 ± 1,9	18,1 ± 1,3
2000 I + II	-			-			-			10	20,7 ± 0,5	16,4 ± 3,5
III	-			-			53	38,7 ± 1,5	17,3 ± 1,4	64	41,0 ± 1,7	12,2 ± 0,6
2100 I + II	-			77	35,6 ± 1,9	11,3 ± 0,6	40	34,4 ± 1,6	23,6 ± 1,6	73	44,9 ± 2,3	11,4 ± 0,7
III	-			-			-			-		
2200 I + II	-			15	29,1 ± 3,3	15,8 ± 1,6	-			13	50,4 ± 4,3	11,7 ± 0,9
III	-			-			-			-		

von der Auswertung ausgeklammert, mit Ausnahme der schattseitigen Fichten im Talsektor I und II (Tab. 2).

Die klassierten Baumgruppenkollektive gemäss Tabelle 2 und 3 bilden die Grundlage, um die Abhängigkeit des Radialzuwachses von der Meereshöhe und der Hauptexposition je Talsektor zu untersuchen. Der Radialzuwachs wird durch die Jahrringbreiten-Summen der Wuchsperiode 1948—67 (20 Jahre) zum Ausdruck gebracht.

Die Jahrringanalyse ist hauptsächlich *Ch. Guler* und die elektronische Datenverarbeitung *J. F. Matter* und *P. Jager* von unserem Institut zu verdanken. Um die Beziehung des Radialzuwachses zu den BHD-Stufen und Meereshöhenstufen zu prüfen, wurde für jedes der klassierten Baumkollektive die mittlere Jahrringbreitensumme ($\bar{x}$) mit dem Standardfehler des Mittelwertes ($s_{\bar{x}}$) ermittelt, und Unterschiede zwischen den klassierten Baumkollektiven wurden mittels einfacher Streuungszerlegung statistisch geprüft. Für die Auswertung des Radialzuwachses nach Meereshöhenstufen wurden lediglich die Durchmesserstufen im Bereich von 24 cm BHD bis 72 cm BHD berücksichtigt (Stärkeklassen 2, 3 und teilweise 4). Zusätzlich wurden die Beziehungen des Radialzuwachses zu den Durchmesserstufen und Meereshöhenstufen durch Regressionsanalysen untersucht.

Schliesslich wurden die Beziehungen des Radialzuwachses zu den Meereshöhenstufen mit den entsprechenden Beziehungen der Baumoberhöhen verglichen, wofür Stichprobenerhebungen gemäss Darstellung 4 zur Verfügung standen.

3. Ergebnisse

3.0 *Generelle Hinweise*

Allgemein ist zunächst darauf hinzuweisen, dass der Radialzuwachs von Einzelbäumen in sehr komplexer Weise als Funktion von zahlreichen Einflussfaktoren resultieren kann (Klima-Faktoren, lokaler Kleinstandort, individuelle Veranlagung, milieubedingter Wachstumsverlauf, anthropogene Einflüsse usw.).

Besonders im Gebirgswald, der sich zumeist durch ein stark ausgeprägtes, kleinflächiges Standortmosaik und durch eine ausserordentliche Ungleichaltrigkeit, selbst bei vergleichbaren Baumdimensionen, auszeichnet, ist die Individualität der Einzelbäume im Bestandeskollektiv wesentlich ausgeprägter als in unteren montanen und kollinen Waldgesellschaften, abgesehen von den dortigen Plenterwäldern. Da die Jahrringbohrungen hauptsächlich der Ermittlung des laufenden Zuwachses ganzer Waldkomplexe dienen sollten, wurden diese ohnehin schwer erfassbaren Einflussfaktoren, welche die

Beziehungen des Radialzuwachses zum BHD und zur Meereshöhe überlagern können, nicht berücksichtigt. Es sind deshalb von der vorliegenden Auswertung der Zuwachsanalysen in erster Linie generelle Ergebnisse für den gesamthaften Vergleich der Beziehungen des Radialzuwachses über alle Brusthöhendurchmesser und alle erfassten Meereshöhenstufen zu erwarten. Immerhin beweisen die nachfolgenden Ergebnisse, dass das gewonnene Stichprobenmaterial geeignet ist, gesetzmässige Beziehungen des Radialzuwachses zum BHD und zu allgemeinen Standortsfaktoren wenigstens in grundsätzlicher Hinsicht klar und eindeutig erkennen zu lassen, was auch dem Zweck der vorliegenden Untersuchung entspricht.

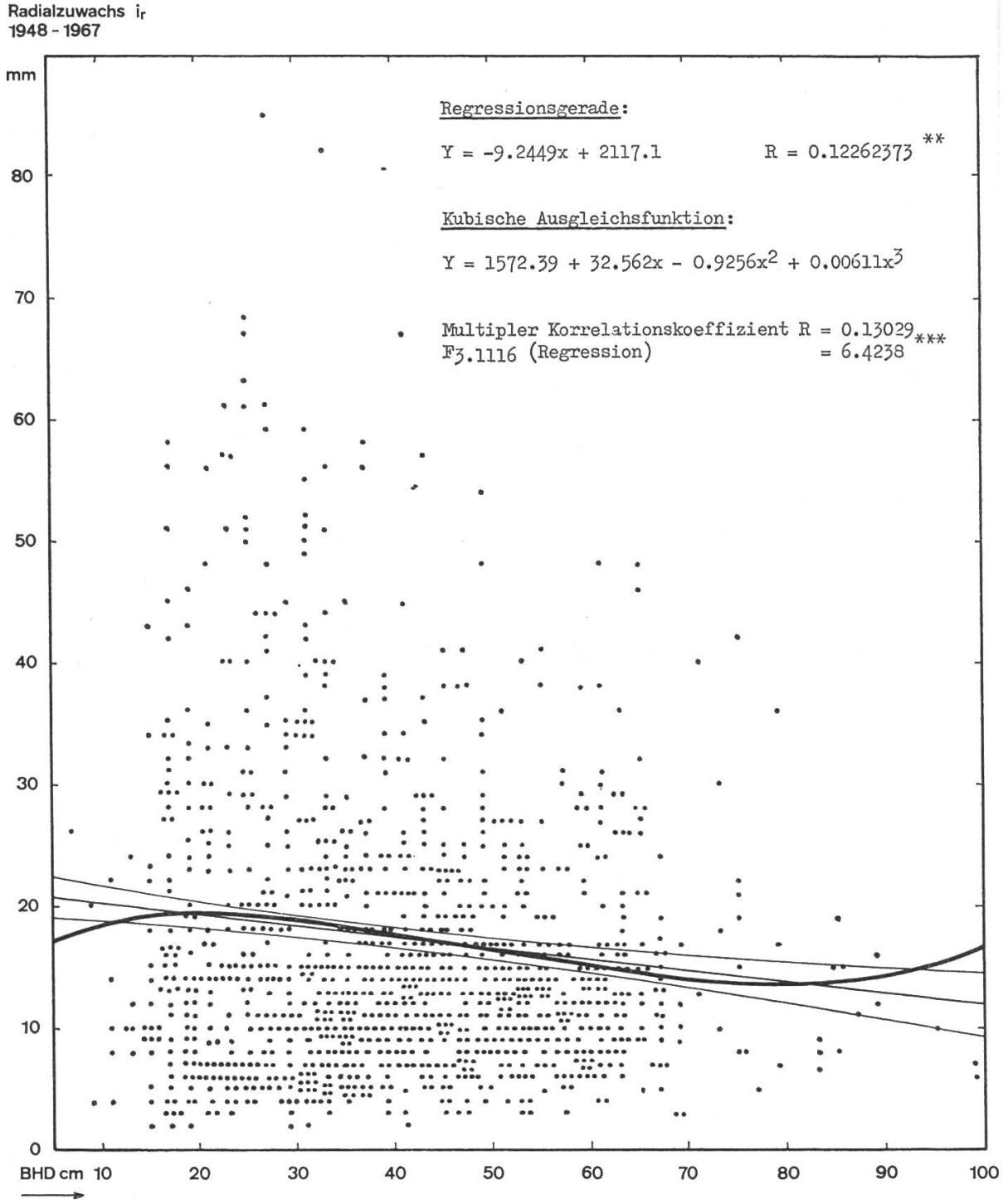
3.1 *Beziehungen des Radialzuwachses zum Brusthöhendurchmesser*

Um eine Gruppierung der erhobenen Stichproben nach Meereshöhenstufen, Talsektoren, Hauptexpositionen und Baumarten zu ermöglichen, sollte der Radialzuwachs vom BHD unabhängig sein oder andernfalls sollten die Durchmesserklassen wenigstens einigermassen gleichmässig verteilt sein. Deshalb wird zunächst die Beziehung des Radialzuwachses zum Brusthöhendurchmesser analysiert.

Dieses Prüfverfahren mittels Vergleichs der Gruppenmittelwerte durch einfache Streuungszerlegung sowie mittels Regressionsanalyse zeigt, dass der Radialzuwachs der *Fichten* normalerweise keine deutliche Abhängigkeit vom BHD aufweist (Tabelle 1). Lediglich innerhalb einzelner weniger Gruppen treten schwach gesicherte Unterschiede auf, jedoch nicht in systematischer Weise, das heisst, dass beispielsweise die 2. Stärkeklasse sowohl überdurchschnittlichen wie unterdurchschnittlichen Radialzuwachs aufweisen kann (Tabelle 1). Lediglich die 4. Stärkeklasse im Bereich von 52—72 cm BHD zeichnet sich etwas häufiger durch einen überdurchschnittlichen Radialzuwachs aus. Dieses Ergebnis stimmt überein mit entsprechenden Ergebnissen der von Leibundgut (5) durchgeführten Alters- und Wachstumsanalysen im Gebirgsfichtenwald «Bödmernwald». Er stellt fest: «Die Jahrringbreiten gehen bereits aus der Durchmesserwachstumskurve hervor. Sie zeigen nach dem Unterdrückungszeitraum über 200 Jahre nahezu keine wesentlichen Unterschiede und auch sehr kleine witterungsbedingte Schwankungen. Die mittlere Jahrringbreite beträgt 1—2 mm, wobei nur sehr wenig Spätholz gebildet wird. Verglichen mit dem gleichaltrigen Schlagwald verläuft der Kreisflächenzuwachs und damit auch der Massen- und Wertzuwachs ausserordentlich günstig.»

Demgegenüber ist für die *Lärche* mehrheitlich ein abnehmender Radialzuwachs von den schwachen Baumdimensionen zu den Starkhölzern hin kennzeichnend (Tabelle 1, Darstellung 1). Besonders häufig zeichnet sich die 2. Stärkeklasse (24—36 cm) gegenüber der 3. und 4. Stärkeklasse durch einen überdurchschnittlichen Radialzuwachs aus.

Darstellung 1. Beziehung des Radialzuwachses i_r zum Brusthöhendurchmesser BHD; Regressionsanalyse für die Baumart Lärche, unter Berücksichtigung der Gesamtheit aller Stichproben (alle Talabschnitte, Expositionen und Höhenstufen).



Das verschiedene Verhalten von Fichte und Lärche ist wohl damit zu erklären, dass die wesentlich lichtbedürftigere Lärche entweder ein relativ ungehemmtes Jugendwachstum geniesst oder frühzeitig aus dem Wettbewerb ausscheidet, während die Fichte in ihrem Jugendwachstum eine stärkere und langfristigere Wachstumshemmung ertragen kann.

Leider fehlen uns Angaben über die soziologische Stellung, die Vitalität sowie die Entwicklungspotenz der einzelnen Bäume. Es muss jedoch angenommen werden, dass in diesen stark ungleichaltrigen Gebirgswäldern Bäume im Bereich der schwächeren Durchmesserstufen einem durchschnittlich relativ stärkeren Konkurrenzdruck ausgesetzt sind, der den Radialzuwachs bekanntlich stärker beeinträchtigt als den Höhenzuwachs. Dadurch kann die für Einzelbäume charakteristische altersbedingte Zuwachsentwicklung für die Bäume im Bestandeskollektiv stark modifiziert werden. Bemerkenswert ist immerhin, dass die Bäume der Stärkeklasse 4 (über 52 cm BHD) gegenüber der 3. Stärkeklasse selbst bei der Lärche mehrheitlich und im Durchschnitt aller Bäume nicht einen deutlich geringeren Radialzuwachs aufweisen. Für die Auswertung mittels Gruppenbildung sowie für die entsprechenden Regressionsanalysen (Darstellung 2 und 3) wurden lediglich die Stärkeklassen 2 bis und mit teilweise 4 berücksichtigt, Bäume mit BHD kleiner als 24 cm und grösser als 72 cm wurden ausgeklammert. Immerhin zeigt ein Vergleich der Tabellen 2 und 3, dass der Einbezug aller Durchmesserstufen in keinem Fall zu einer gesicherten Abweichung von den Gruppenmittelwerten aus den Durchmesserstufen 24—72 cm führen würde, selbst hinsichtlich derjenigen Gruppen, die sich durch einen sehr grossen Anteil von Bäumen aus den Durchmesserstufen unter 24 cm und 72 und mehr Zentimetern auszeichnen.

3.2 Beziehungen des Radialzuwachses zur Meereshöhe

Um die generelle Beziehung des Radialzuwachses zur Meereshöhe klar herauszuarbeiten, mussten zunächst die Bäume derjenigen speziellen Lokalstandorte ausgeschieden werden, welche durch ihre lokalstandörtliche Besonderheit die generelle Beziehung des Radialzuwachses zur Meereshöhe offensichtlich überlagern. Bei dieser Ausklammerung handelt es sich um die Fichten und Lärchen der Höhenstufe 1500 m ü. M. in der Schattseite des Talsektors III sowie um die Lärchen der Sonnseite des gesamten Tales im Meereshöhen-Bereich 1500—1900 m ü. M. Auf die Besonderheiten dieser Lokalstandorte wird später hingewiesen.

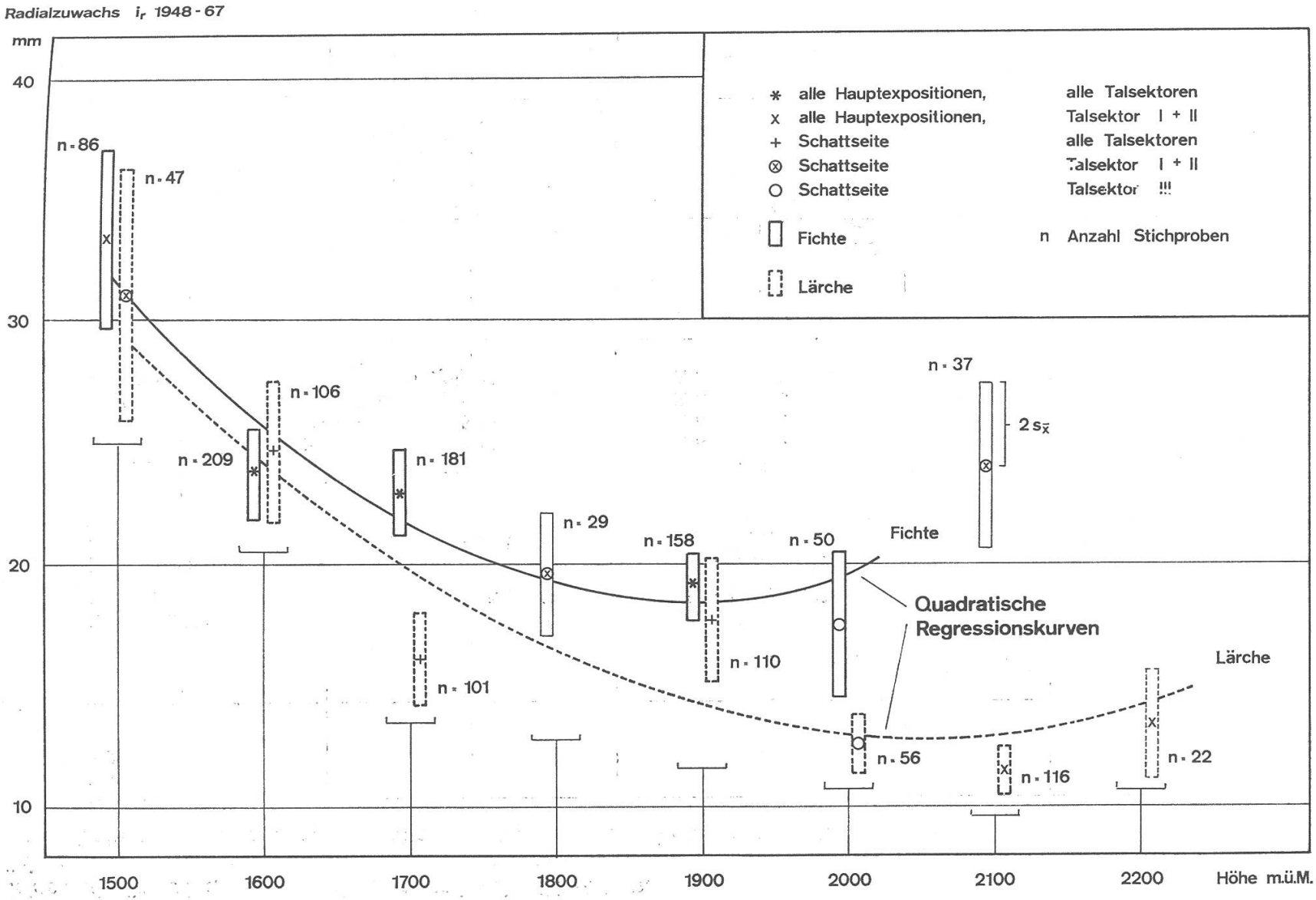
Innerhalb derselben Höhenstufe weist der Radialzuwachs der *Fichte* zwischen den beiden ausgeschiedenen Talsektoren keine gesicherten Unterschiede auf. Ebenso treten hinsichtlich der beiden Hauptexpositionen nur ausnahmsweise gesicherte Unterschiede auf, in den Meereshöhenstufen 1700 und 1900 m ü. M. im Talsektor III (Tabelle 2 und 4). Generell ist so-

Tabelle 4 BAUMGRUPPENKOLLEKTIVE, DIE SICH INNERHALB DERSELBEN MEERESHÖHENSTUFE IM RADIALZUWACHS IN BEZUG AUF DIE HAUPTEXPOSITION BZW. TALSEKTOREN GESICHERT UNTERSCHEIDEN; (STAT. PRÜFUNG MITTELS STREUUNGSZERLEGUNG)

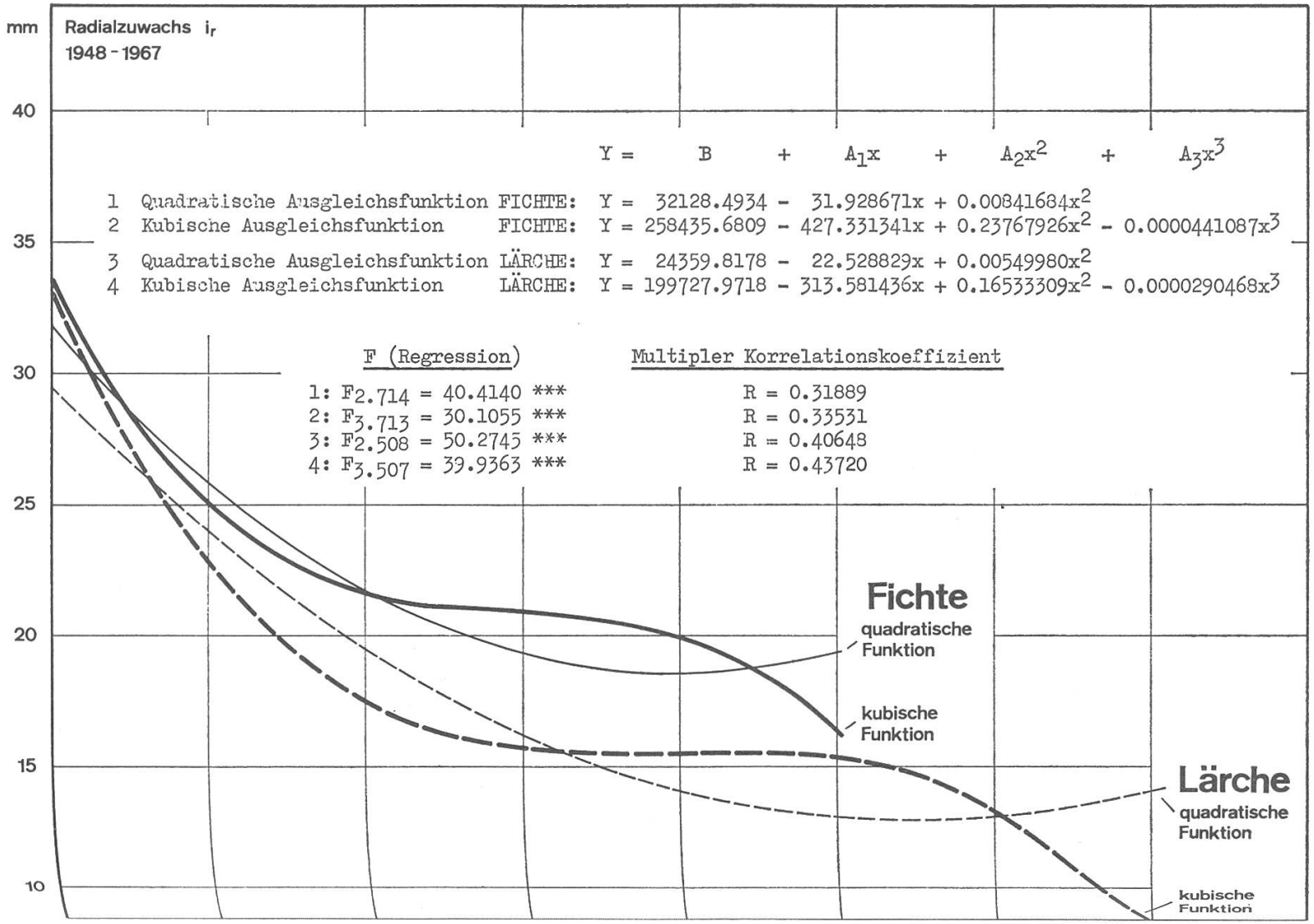
Baumart	Meereshöhe m ü.M.	Haupt-exposition	Talsektor I + II gegen III		F-Test
Fichte	1500	Schattseite	+	-	***
Lärche	1500	Schattseite	+	-	*
Lärche	1600	Sonnseite	+	-	**
Lärche	1700	Sonnseite	+	-	***
Lärche	1900	Sonnseite	-	+	*
		Talsektor	Schattseite gegen Sonnseite		F-Test
Fichte	1700	III	+	-	**
Fichte	1900	III	+	-	*
Fichte	1900	alle			o
Fichte	1700	alle	+	-	**
Fichte	alle	III			o
Fichte	alle	alle			o
Lärche	1500	I + II	+	-	***
Lärche	1700	I + II	-	+	**
Lärche	alle	I + II			o
Lärche	1600	III	+	-	***
Lärche	1700	III	+	-	**
Lärche	alle	III	+	-	***
Lärche	1500	alle	+	-	***
Lärche	1600	alle	+	-	***
Lärche	1700	alle			o
Lärche	1900	alle	+	-	*
Lärche	alle	alle	+	-	**

Fo: nicht gesichert; F*: schwach gesichert, P = 0,05;
F**: stark gesichert, P = 0,01; F***: sehr stark gesichert, P = 0,001.

Darstellung 2. Abhängigkeit des Radialzuwachses i_r (Σ 20 J.) von der Meereshöhe, Meereshöhen-Gruppenmittelwerte $\bar{x}$ mit zweifacher Standardabweichung $2s_{\bar{x}}$ vom Gruppenmittelwert für *Fichte* und *Lärche* im Brusthöhendurchmesserbereich 24—72 cm.



Darstellung 3. Abhängigkeit des Radialzuwachses i_r 1948—67 von der Meereshöhe, quadratische und kubische Regressionsanalysen für *Fichte* und *Lärche* im Brusthöhendurchmesserbereich 24—72 cm.
Fichte: Talsektoren und Hauptexpositionen zusammengefasst.
Lärche: Talsektoren zusammengefasst, allein schattseitige Talflanke berücksichtigt.



mit der Radialzuwachs unabhängig von den Talsektoren und nur ausnahmsweise von der Hauptexposition deutlich abhängig. Für die Prüfung der Beziehung des Radialzuwachses der Fichte zur Meereshöhe werden deshalb alle erhobenen Stichproben nach Talsektoren und Hauptexpositionen zusammengefasst, mit Ausnahme des früher erwähnten Sonderstandortes (Darstellung 2 und 3).

Der Radialzuwachs der *Lärche* weist in der *Schattseite* ebenfalls keine gesicherten Unterschiede zwischen den beiden Talsektoren auf, so dass diese Stichproben wiederum mit Ausnahme des oben erwähnten Sonderstandortes auf 1500 m ü. M. zusammengefasst werden dürfen (Tabelle 2 und 4, Darstellung 2 und 3). Zusätzlich dürfen oberhalb 1900 m ü. M. die Stichproben der Sonnseite mitberücksichtigt werden (Darstellung 2).

Indem somit die durch Talsektoren und Grossexpositionen bedingten Untergruppen in übergeordnete Gruppen nach Meereshöhenstufen zusammengefasst werden dürfen, kann, dank der erhöhten Stichprobenzahl, der Einfluss der Meereshöhe auf den Radialzuwachs von Fichte und Lärche deutlicher zum Ausdruck gelangen.

Gemäss den in Darstellung 2 und 3 zusammengefassten Ergebnissen lässt sich eine sehr deutliche generelle Beziehung des Radialzuwachses zur Meereshöhe erkennen:

Beide Baumarten weisen mit zunehmender Meereshöhe generell einen deutlich abnehmenden Radialzuwachs auf, und zwar nicht linear proportional zur Meereshöhe. Zwischen 1500 m ü. M. und etwa dem Höhenbereich 1700/1800 m ü. M. nimmt der Radialzuwachs mit steigender Meereshöhe besonders stark ab, was in einem deutlich steileren Kurvenabfall zum Ausdruck gelangt, während er etwa vom Meereshöhen-Bereich 1700/1800 m ü. M. bis nahe zur Waldgrenze nur noch schwach rückläufig ist, was in einem wesentlich schwächeren Kurvenabfall zum Ausdruck gelangt.

Die scheinbare Zunahme des Radialzuwachses bei Fichte in der Höhenstufe 2100 m ü. M. darf schon wegen der geringen Stichprobenzahl nicht als gesichert betrachtet werden. Die Fichte kommt in dieser Höhenlage nur noch auf besonders günstigen Kleinstandorten vor. Diese Stichproben wurden deshalb bei der Regressionsanalyse nicht berücksichtigt.

Bei der *Regressionsanalyse* ergab die kubische Ausgleichsfunktion (Darstellung 3) für beide Baumarten den höchsten Korrelationskoeffizienten.

Die nicht-lineare Abnahme des Radialzuwachses für beide Baumarten mit zunehmender Meereshöhe kann durch verschiedene, wahrscheinlich komplex zusammenwirkende Ursachen bewirkt werden. Klimatische Schwellenwerte für das Wachstum dürften mitbestimmend sein, wie ja auch die potentielle obere Waldgrenze hauptsächlich durch das Unterschreiten von

klimatischen Schwellenwerten mitbestimmt wird. Mitbestimmend dürfte aber auch der abnehmende Schlussgrad der Bestände in der oberen subalpinen Stufe wirken, wodurch die Einzelbäume mehr Standraum gewinnen. Damit nimmt der Schlankheitsgrad der Bäume gegen die klimatische Waldgrenze hin stark ab, so dass offensichtlich eine Zuwachsverlagerung zugunsten der unteren Schaftteile erfolgt. Wir können daraus folgern, dass die charakterisierten Beziehungen des Radialzuwachses zur Meereshöhe nicht direkt auf den flächenbezogenen Volumenzuwachs übertragen werden dürfen. Der flächenbezogene Volumenzuwachs geht zweifellos im oberen subalpinen Bereich schon infolge des dortigen Baumhöhenabfalls und der mit steigender Meereshöhe lichteren Schlussgrade in stärkerem Masse zurück als dies der Brusthöhen-Radialzuwachs von Einzelbäumen anzeigt.

3.3 Vergleich des Radialzuwachses von Fichte und Lärche

In bezug auf die *Schattseite* fällt auf, dass die Lärche in den Höhenstufen 1500, 1600 und 1900 m ü. M. einen der Fichte ähnlichen durchschnittlichen Radialzuwachs aufweist, während sie insbesondere in 1700 m ü. M. der Fichte deutlich unterlegen ist (Darstellung 2). Allgemein weisen besonders stärkere Lärchen (Stärkeklassen 3 und 4) im Vergleich zur Fichte einen deutlich geringeren Radialzuwachs auf (Tabelle 1). Bei diesem Vergleich ist jedoch zu berücksichtigen, dass Lärche und Fichte normalerweise nicht in homogener Einzelmischung vorkommen. In den mittleren und normalerweise auch in den unteren Höhenstufenbereichen überwiegt allgemein die Fichte, mit teilweise beigemischter Lärche, in den höheren und lokal auch in den unteren Höhenstufenbereichen überwiegt dagegen allgemein die Lärche, mit teilweise beigemischter Fichte.

Allgemein ist aber hervorzuheben, dass der teilweise geringere Radialzuwachs der Lärche gesamthaft nicht gross ist. Somit darf keinesfalls gefolgert werden, die Lärche wäre hinsichtlich der Wertleistung der Fichte unterlegen. Die Untersuchung zeigt deutlich, dass die Zuwachsverhältnisse der beiden Baumarten von den örtlichen Standortsbedingungen und Bestandesstrukturen ungleich beeinflusst werden.

3.4 Der Einfluss von örtlichen Sonderstandorten

Aus den Tabellen 2 und 4 geht hervor, dass in der schattseitigen Höhenstufe 1500 m ü. M. des Talsektors III sowohl Fichte wie Lärche deutlich negativ aus dem Rahmen fallen. Der entsprechende Standort, ein junger Schuttkegel des Birchmattgrabens unterhalb der Birchmatte, unterscheidet sich von den «Normalstandorten» des Kippler- und Kastlerwaldes der gleichen Höhenstufe durch wesentlich weniger entwickelte Waldböden. Der Schuttkegel ist mit Lärchen bestockt, Fichten sind teilweise beigemischt, und vereinzelt finden sich durchgehend Grauerlen. In diesem Falle über-

lagert der lokale Spezialstandort die Beziehungen des Radialzuwachses zur Meereshöhe deutlich.

Schwieriger ist das unregelmässige Verhalten der Lärchen auf der Sonnseite bis in eine Höhenlage von etwa 1900 m ü. M. zu erklären (Tabelle 2 und 4). Mit Ausnahme der Höhenstufe 1700 m ü. M. ist sie hier im Radialzuwachs gegenüber der Schattseite deutlich oder wenigstens der Tendenz nach über alle Höhenstufen bis und mit 1900 m ü. M. unterlegen. (Die Höhenstufe 1700 m ü. M. im Talsektor I und II fällt eventuell deshalb aus dem Rahmen, weil der Schattenhang in diesem Höhenbereich überdurchschnittlich steil ist.) Teilweise, wenn auch wesentlich weniger deutlich, bloss tendenzmässig, verhält sich hier ebenfalls die Fichte ähnlich wie die Lärche, besonders im hinteren Talsektor III.

Aus Tabelle 2 geht im weiteren hervor, dass die Lärche auf der *Sonnseite* zwischen 1500 und 1700 m ü. M. keine deutliche Beziehung zur Meereshöhe aufweist und dass im Talsektor III im Vergleich zum Talsektor I und II mehrheitlich geringere durchschnittliche Radialzuwüchse festzustellen sind (Tabelle 2 und 4). Dies zeigt wiederum deutlich, dass im Gebirge selbst unter scheinbar wenig verschiedenen Bedingungen die Standortsgüte stark wechselt. Anthropogene Einflüsse können bei solchen Unterschieden stark mitwirken.

So ist eine ausgeprägte Besonderheit der *Sonnseite,* dass diese bis zur Periode 1930—40, teilweise bis 1951 extrem stark beweidet wurde. Zweifellos war die Beweidung in den lichteren Beständen mit einem grossen Lärchenanteil wesentlich intensiver als in den an Bodenvegetation armen Beständen mit überwiegendem Fichtenanteil. Hier ist infolge des relativ trokkenen, kontinental getönten Klimas der Boden im Bereich des Fichten-Traufes normalerweise vegetationsfrei. Die Lärchen-Stichproben des Talsektors III mit extrem tiefem Radialzuwachs in den Höhenstufen 1600 und 1700 m ü. M. stammen aus damals stark beweideten Beständen mit grossem Lärchenanteil, während in den Talsektoren I und II der gleichen Höhenstufen im Ferdenwald und Wilerbann der Fichtenanteil überwiegt. Einen merklichen Einfluss auf die Zuwachsverhältnisse hat zweifellos auch der Umstand, dass die relativ ortsnahen Wälder der Sonnseite bis nach dem Zweiten Weltkrieg durch Streuenutzung stark beeinträchtigt wurden und dass bei den Lärchen noch im letzten Jahrhundert eine Harznutzung erfolgte. Ganz anders sind die Verhältnisse auf der Schattseite. Hier wurden die entsprechenden Höhenstufen nicht oder nur in unbedeutendem Ausmass beweidet, und eine Streuenutzung kam infolge der siedlungsfernen Lage kaum in Frage. Die Wälder der Sonnseite, namentlich die lichten lärchenreichen Bestände in der Nähe des Talgrundes, wurden somit während Jahrhunderten durch den Menschen und das Weidevieh wesentlich stärker beeinträchtigt als diejenigen entsprechender Standorte der Schattseite. Damit dürfte sich das unregelmässige und aus

dem Rahmen fallende Verhalten besonders der Lärche im Bereich der talgrundnahen Lagen der Sonnseite erklären lassen. Da demnach auch hier lokalstandörtliche Einflüsse die Abhängigkeit des Radialzuwachses von der Meereshöhe insbesondere bei der Lärche überlagern dürften, wurden die Lärchen der Sonnseite aus dem Höhenbereich 1500 bis 1900 m ü. M. bei der Auswertung weggelassen. Aufgrund dieser Feststellung ist erneut hervorzuheben, dass im Gebirgswald die Wachstumsbedingungen selbst innerhalb relativ kleiner und standörtlich einheitlich scheinender Waldkomplexe grosse Unterschiede aufweisen können, welche auch waldbaulich zu berücksichtigen sind.

3.5 Die Abhängigkeit der Baumoberhöhen von der Meereshöhe

Die hier berücksichtigten Baumoberhöhen der Fichte und Lärche wurden schattseitig im Kipplerwald und sonnseitig im Ferdenwald erhoben.

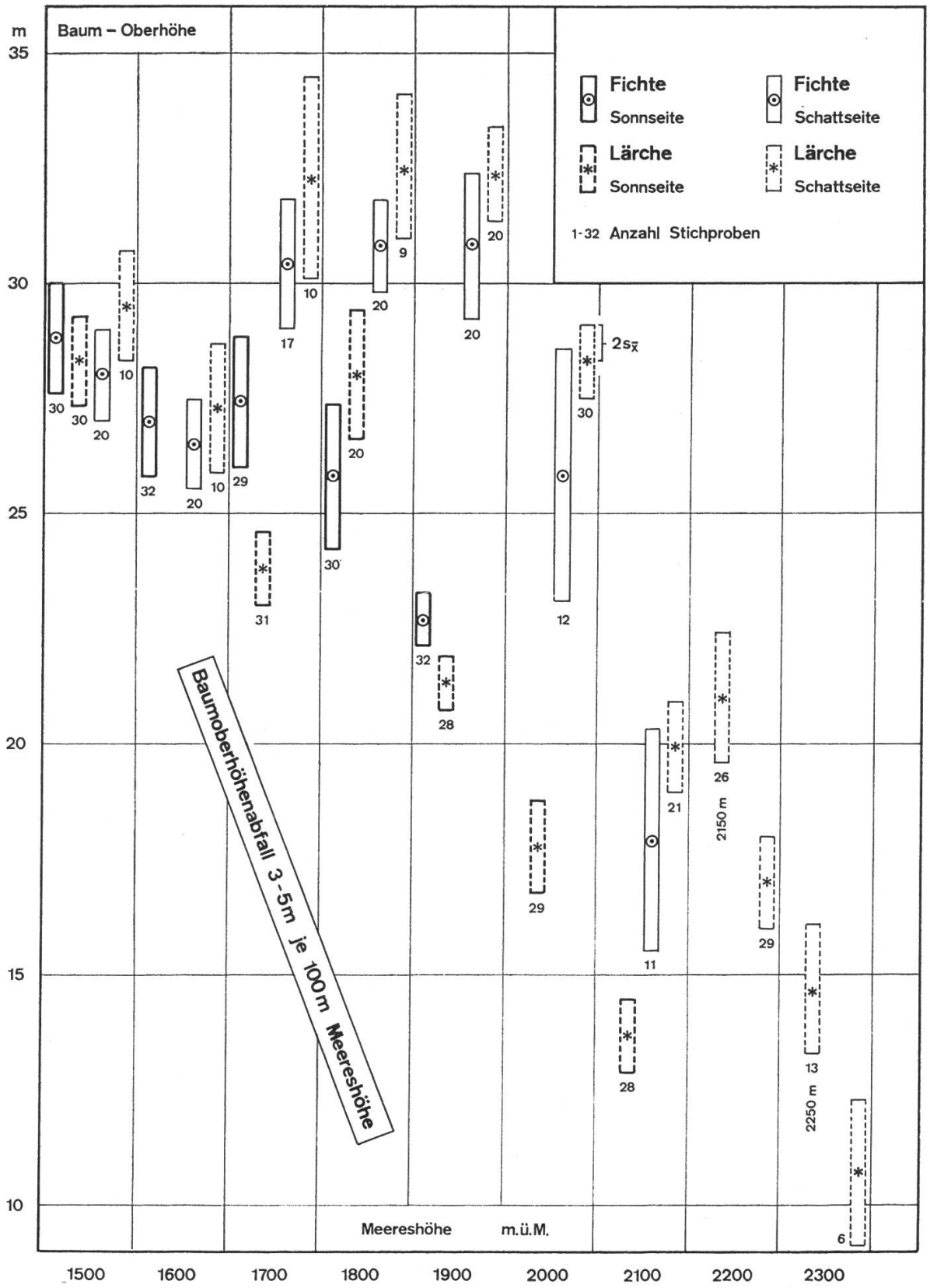
Zunächst war wiederum die Abhängigkeit der Baumoberhöhen vom Brusthöhendurchmesser (BHD) zu prüfen. Danach dürfen die Bäume mit mehr als 30 cm BHD innerhalb der gleichen Meereshöhenstufe und Hauptexposition in Gruppen zusammengefasst werden, da oberhalb dieser Stärkestufe normalerweise nur noch eine schwache Zunahme der Baumhöhe mit der Stärkestufe festzustellen ist. Der mittlere BHD der einzelnen Gruppen beträgt mehrheitlich um die 50 cm.

Trotz der verhältnismässig geringen Stichprobenzahlen für die einzelnen Meereshöhenstufen lässt die gesamthafte Betrachtung aller Höhenstufen die Beziehung der Baumoberhöhen zur Meereshöhe doch deutlich erkennen (Darstellung 4). Generell ist, mit Ausnahme der sonnseitigen Lärchen auf 1700 m ü. M., sowohl für Lärche wie Fichte bis zu einem bestimmten «Meereshöhen-Schwellenbereich» kein deutlicher Abfall der Oberhöhen festzustellen. Oberhalb dieses «Schwellenbereiches» vermindern sich die Oberhöhen beider Baumarten auf beiden Talseiten in ähnlichem Ausmass, nämlich etwa um 3 bis 5 m je 100 Meter Höhenanstieg. Auf der Sonnseite liegt dieser «Schwellenbereich» auf etwa 1800 m ü. M., auf der Schattseite dagegen erst auf etwa 1900 m ü. M. Allgemein fällt auf, dass sich diese Talseite im Vergleich zur Sonnseite in den oberen Höhenlagen durch wesentlich grössere Baumoberhöhen auszeichnet. Es handelt sich um eine Erscheinung, wie wir sie auch beim Radialzuwachs festgestellt haben, teilweise wenigstens tendenzmässig.

Innerhalb derselben Hauptexposition verhalten sich die Baumoberhöhen von Fichte und Lärche nicht ausgeprägt verschieden; auf der Schattseite scheinen die Lärchen den Fichten tendenzmässig schwach überlegen zu sein.

Der Radialzuwachs und die Baumoberhöhen nehmen somit mit steigender Meereshöhe nicht in gleicher Weise ab. Der Radialzuwachs in Brusthöhe

Darstellung 4. Abhängigkeit der Baumoberhöhen von der Meereshöhe, Meereshöhen-Gruppenmittelwerte $\bar{x}$ mit zweifacher Standardabweichung $2s_{\bar{x}}$ vom Gruppenmittelwert für *Fichte* und *Lärche*.



reagiert hauptsächlich in tieferen Höhenbereichen auf die ansteigende Meereshöhe, während die Baumoberhöhen erst oberhalb eines bestimmten «Schwellenbereiches der Meereshöhe» absinken.

Diese allgemeine Feststellung kann anhand unseres Datenmaterials nicht interpretiert werden. Dazu wären weitere Untersuchungen erforderlich. Anknüpfend an die Überlegungen in Abschnitt 3.2, wo wir den möglichen Einfluss des abnehmenden Bestandesschlussgrades zur Erklärung des annähernd gleichbleibenden Radialzuwachses in den oberen Höhenlagen hervorgehoben haben, ist bezüglich der Baumoberhöhen immerhin anzumerken, dass diese durch den Bestandesschlussgrad nicht wesentlich beeinflusst werden.

Ebenso ist nicht ohne weiteres erklärbar, weshalb die Bäume der Sonnseite sowohl in bezug auf die Baumoberhöhen als teilweise auch auf den Radialzuwachs denjenigen der Schattseite unterlegen sind. Die Einwirkungen der Waldweide und Streunutzung vermögen den Unterschied nicht allein zu erklären. In erster Linie dürften auch klimatische Faktoren, vor allem die Bodenfeuchtigkeit, mitbestimmend sein.

4. Folgerungen

Die durch die Meereshöhe bedingte Abnahme des Radialzuwachses und der Baumoberhöhe sowie die dabei deutlich feststellbaren Meereshöhen-Schwellenbereiche sind zweifellos hauptsächlich auf den abnehmenden Wärmegenuss und die mit ansteigender Meereshöhe kürzer werdende Vegetationszeit zurückzuführen. Vor allem für die Forsteinrichtung wäre wertvoll, analog auch den Einfluss der Meereshöhe auf den flächenbezogenen Kreisflächen- und Volumenzuwachs und die Schaftformen der Bäume eingehender zu untersuchen. Ebenso wären Untersuchungen über die Abhängigkeit des gesamten Wachstumsverlaufes und des Lebensrhythmus der Einzelbäume sowie ganzer Baumkollektive von der Meereshöhe aufschlussreich.

Schon unsere Teil-Untersuchungen zeigen aber jedenfalls deutlich, dass der differenzierende Einfluss der Meereshöhe auf den Radialzuwachs, die Baumoberhöhe und den gesamten Wachstums- und Lebensverlauf in der Praxis der Forsteinrichtung und in der Pflege des Gebirgswaldes noch vermehrt berücksichtigt werden sollte. Insbesondere sollte im Rahmen der Forsteinrichtung der Einfluss der Meereshöhe auf das Waldwachstum bei der Abgrenzung der Abteilungen und bei der Tarifbildung angemessen berücksichtigt werden.

Einmal mehr zeigte sich schliesslich, dass der Hochgebirgswald zum Teil wesentlich anderen Gesetzmässigkeiten unterworfen ist als die meisten Wälder der Tieflagen. So stellten wir beispielsweise fest, dass sich die Fichten ungleichaltriger Gebirgsfichtenwälder bis in die Starkholzstufe (52—72 cm BHD) durch einen relativ hohen Radialzuwachs auszeichnen können.

Ebenso weisen auch die Starkholz-Lärchen im Vergleich zu denjenigen der 3. Stärkeklasse (36—52 cm BHD) mehrheitlich und durchschnittlich nicht einen deutlich geringeren Radialzuwachs auf. Diese Feststellung ist waldbaulich und ertragskundlich von entscheidender Bedeutung und spricht gegen die oft vertretene Auffassung, wonach die Starkholzzucht im Gebirgswald unter allen Umständen wenig interessant sei.

Die Folgerungen Leibundguts (5) aus Alters- und Wachstumsanalysen in einem Gebirgs-Fichtenwald (Bödmernwald) werden aufgrund unserer Ergebnisse für die Wälder des Lötschentals sinngemäss bestätigt: «Es bestätigt sich, dass Bäume mit einem gehemmten Jugendwachstum die Hauptwachstumsphase nicht nur in ein höheres Alter verschieben, sondern dass sie auch ein höheres Alter und grössere Dimensionen erreichen als die Bäume des gleichaltrigen Schlagwaldes. Das tatsächliche Alter verliert in solchen ungleichaltrigen Gebirgswäldern sowohl ertragskundlich als auch waldbaulich in mancher Hinsicht seine Bedeutung. Altersklassentabellen, wie auch die heute vorhandenen Ertragstafeln werden hier daher fragwürdig. Die Zustandserhebung müsste somit in ungleichaltrigen Gebirgswäldern neue und zusätzliche Kriterien berücksichtigen, wie physiologisches Alter, Lebenskraft usw. Die Erfassung des Brusthöhendurchmessers, der Baumhöhe, die Schätzung des Alters und anderer üblicher Taxationsgrundlagen reichen zur Beurteilung des Waldzustandes nicht aus.»

Als wesentlichstes Ergebnis der vorliegenden Untersuchung ist festzuhalten, dass für die Beurteilung des wirtschaftlich optimalen Verjüngungszeitpunktes und der entsprechenden Verjüngungszeiträume im ungleichaltrigen Gebirgswald weniger das physikalische Alter und die Baumdimension massgebend sind, als vielmehr die individuelle Entwicklungspotenz der Einzelbäume und Baumkollektive. Ein hohes physikalisches Durchschnittsalter von Gebirgswaldbeständen darf somit keinesfalls allgemein als Ausdruck der Überalterung dargestellt werden. Unsere Untersuchung zeigte eindeutig, dass sich der Gebirgswaldbau nicht von schematischen Vorstellungen leiten lassen darf, sondern dass die waldbaulichen Entscheide von Bestand zu Bestand und auch in diesen von Ort zu Ort aufgrund einer sorgfältigen Beurteilung der speziellen Verhältnisse zu fällen sind.

Résumé

De la dépendance de l'accroissement radial et de la hauteur dominante par rapport à l'exposition et à l'altitude chez l'Epicéa et le Mélèze dans le Lötschental

Dans le cadre de la révision des plans d'aménagement de toutes les forêts du Lötschental, un grand nombre de sondages à la tarière ont été effectués sur les

deux essences Epicéa et Mélèze, dans un ensemble de forêts appropriées, afin de permettre une analyse plus détaillée de l'accroissement. Ces prélèvements se répartissent entre 1500 et 2000 m d'altitude, au hasard le long de courbes de niveau équidistantes de 100 m. Lors du groupement des échantillons, on a tenu compte des essences (Epicéa ou Mélèze), de l'altitude, de l'appartenance à la partie supérieure ou inférieure de la vallée, et de l'exposition principale, savoir: sud-est pour l'adret et nord-ouest pour l'ubac. En outre, on a interprété les mesures de hauteurs dominantes réalisées de la même façon dans deux complexes boisés de la partie inférieure de la vallée.

L'analyse des résultats est basée sur la comparaison des échantillons classés par groupes (analyse de variance simple), ainsi que sur un calcul de régressions.

L'examen de la relation qui existe entre l'accroissement radial et le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) montre que pour l'Epicéa celle-ci n'est en général pas très nette, tandis que chez le Mélèze l'accroissement radial diminue d'une manière sensible, quoique relativement faible, lorsque le DHP augmente.

Abstraction faite des surfaces boisées de l'adret qui ont subi fortement l'influence de l'homme, l'accroissement radial ne dépend normalement ni de l'exposition dominante des versants, ni de la partie de la vallée d'où proviennent les échantillons examinés, ceci surtout chez l'Epicéa. Exceptionnellement, l'ubac semble présenter des accroissements un peu plus élevés, mais ce n'est qu'une tendance. Par contre, les conditions particulières à chaque station peuvent faire varier très nettement cet accroissement. Le parcours et la récolte de la fane exercés pendant des siècles sur l'adret ont eu pour conséquence, chez le Mélèze, une réduction marquée de l'accroissement radial entre 1500 et 1900 m d'altitude. Sur l'ubac, on remarque aussi de très modestes accroissements chez des Epicéas et des Mélèzes peuplant un cône de déjection récent, à 1500 m, dans la partie la plus reculée de la vallée. C'est pourquoi les échantillons obtenus sur ces stations spéciales ont été exclus de la suite de l'analyse.

Les deux essences montrent une baisse de l'accroissement en fonction de l'élévation au-dessus du niveau de la mer, mais qui n'est pourtant pas proportionnelle à celle-là: particulièrement forte jusqu'à 1700—1800 m, elle n'est plus que faible, comparativement, pour les altitudes plus grandes. Les hauteurs dominantes, au contraire, ne commencent à diminuer visiblement qu'une certaine altitude franchie (environ 1800 m sur l'adret et 1900 m sur l'ubac). La partie supérieure de l'ubac se caractérise par des hauteurs dominantes beaucoup plus grandes.

Si l'on compare les deux essences, l'Epicéa présente fréquemment un accroissement radial légèrement plus élevé, en particulier dans les gros bois. En ce qui concerne la hauteur dominante, elles ne se comportent pas d'une manière fondamentalement différente.

Des conclusions, on retiendra surtout les faits suivants:

En forêt de montagne, la fertilité des stations peut varier fortement d'un endroit à l'autre, même si les conditions extérieures paraissent ne pas changer; c'est parfois l'activité humaine qui en est responsable;

L'altitude influence la croissance des forêts et provoque du même coup des différences qu'il faudrait davantage prendre en considération dans la pratique des aménagements et le traitement des forêts de montagne;

Les critères permettant d'apprécier, dans les forêts inéquiennes de montagne, l'échéance et la durée de rajeunissement les plus favorables, économiquement parlant, sont bien moins l'âge physique et les dimensions des arbres que le pouvoir de développement de chaque individu comme de l'ensemble de tous. En fait, on ne peut guère conclure au vieillissement excessif des forêts de montagne sur la seule base de l'âge moyen physique élevé.

Dans l'ensemble, notre étude montre clairement que la sylviculture de montagne ne doit pas se laisser guider par des conceptions schématiques, mais qu'il faut prendre les décisions sylvicoles, dans chaque peuplement, et même à l'intérieur de celui-ci, de cas en cas, après une analyse minutieuse de la situation.

Traduction: *J.-G. Riedlinger*

Literatur

(1) *Ellenberg, H.*, und *Klötzli, F.*, 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Vers'wes., *48*, 4: 589—930

(2) *Fischer, F.*, 1974: Waldzustandsveränderungen in einem Gebirgstal. Schweiz. Z. Forstwes., *125*: 906—912

(3) *Hainard, P.*, 1969: Signification écologique et biogéographique de la répartition des essences forestières sur l'adret valaisan. Vol. n° 15, Boissiera Genève

(4) *Leibundgut, H.*, 1938: Wald- und Wirtschaftsstudien im Lötschental. Beih. Schweiz. Z. Forstwes., *18*

(5) *Leibundgut, H.*, 1976: Ergebnisse von Alters- und Wachstumsanalysen in einem Gebirgs-Fichtenwald. Beih. Schweiz. Z. Forstwes., *57*: 74—86

(6) *Sorg, J. P.*, 1970: Détermination de facteurs écologiques décisifs dans les pessières du Lötschental. (Bestimmung entscheidender Standortsfaktoren in Fichtenwaldgesellschaften des Lötschentales). Diplomarbeit Institut f. Waldbau ETH Zürich, unveröffentlicht.