©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck	Band 68	S. 57 - 78	Innsbruck, Nov. 1981

Dendrochronologische und dendroklimatologische Untersuchungen an Hölzern Westtirols (Österreich)

von

Gertraud GRABHERR *)

Dendrochronological and dendroclimatological studies on timber of western Tyrol (Austria)

S y n o p s i s : Tree-ring studies were carried out with about 500 cores of recent spruce (*Picea abies*), larch (*Larix decidua*), pine (*Pinus sylvestris*) and Swiss stone pine (*Pinus cembra*) in Serfaus and Kaunertal, Western Tyrol, Austria. Early- and latewood were measured separately. The oldest chronology (Swiss stone pine) starts in 1735. The chronologies were studied dendrochronologically (mean ring width, percentage of early- and latewood, mean sensitivity, "Weiserjahre" and percentage of agreement) and dendroclimatologically with special interest on the relationship of tree-ring curves and the statistics of glacier advances.

The importance of temperature and duration of sunshine during the vegetation period could be confirmed. But climatological interpretation is not definite, because of the different local influences. Swiss stone pines show narrow rings during times of glacier advances, but this effect is limited to trees near the glacier.

I n h a l t :

I. Einleitung
II. Material und Methoden
  A) Arbeitsgebiet und Standortcharakteristik
    1) Lage
    2) Geologie und Böden
    3) Klima
    4) Vegetation
    5) Übersicht über Standortcharakteristik und Untersuchungsmaterial
  B) Methoden
    1) Geländearbeit
    2) Präparation und Meßtechnik
    3) Auswertung
III. Ergebnisse und Diskussion
  A) Dendrochronologische Untersuchungen
  B) Dendroklimatologische Untersuchungen
    1) Klimatologische Interpretation der Weiserjahre

*) Anschrift der Verfasserin: Dr. phil. G. Grabherr, Institut für Botanik, Abt. Palynologie, Sternwartestraße 15, A-6020 Innsbruck, Österreich.

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

2) Vergleich der Chronologien mit Klimafaktoren/Korrelation mit Klimadaten
3) Jahrringkurven und Gletscherschwankungen
IV. Zusammenfassung
V. Dank
VI. Literatur

I. Einleitung:

Als Bruno HUBER und seine Mitarbeiter die Jahrringforschung in Deutschland einführten (ECKSTEIN, 1972) lag ihr Interesse vorerst auf der Erstellung möglichst langer Chronologien (HUBER, 1941; HUBER und HOLDHEIDE, 1942; HUBER und JAZEWITSCH, 1956 und 1958; HUBER und GIERTZ-SIEBENLIST, 1969). So wurden im Laufe der Jahre die wichtigsten mitteleuropäischen Baumarten, vor allem Eiche, Buche, Tanne und Fichte, bearbeitet (zusammenfassende Übersichten bei ECKSTEIN (1972) und MUNAUT (1978)). Es entstanden Standardkurven, die über mehrere Jahrhunderte, zum Teil sogar Jahrtausende (wenn auch noch als relative Chronologien) zurückreichen (z.B. JAZEWITSCH, 1953; HOLLSTEIN, 1968; BECKER, 1972 und 1973).

Die Anwendungsgebiete der Dendrochronologie lagen, auch in Nordamerika, wo die Jahrringforschung schon früher begonnen und in weit größerem Rahmen als in Europa betrieben wurde (Zusammenfassungen siehe GLOCK, 1937; FRITTS, 1965a), vorwiegend in chronologisch-historischer Richtung. Das Interesse wandte sich jedoch auch schon bald den Zusammenhängen zwischen Jahrringbildung und Umwelteinflüssen zu – einerseits eher ertragskundlich ausgerichtet (BECKER und BENCKISER, 1976; VINS, 1966) oder im Rahmen der Umweltforschung (ECKSTEIN, FRISSE und QUIEHL, 1977), andererseits und vor allem aber beim Versuch, die klimatische Beeinflussung der Jahrringbildung zu ergründen.

So entwickelte sich die Dendroklimatologie als eigene neue Arbeitsrichtung. Wiederum waren nordamerikanische Arbeiten bahnbrechend (DOUGLASS, 1919; ANTEVS, 1925; SCHULMAN, 1951 und 1953; GLOCK, 1955). Heute liegen für Nordamerika sogar bereits langfristige Klimarekonstruktionen aufgrund dendroklimatologischer Ergebnisse vor (FRITTS, 1965b und 1978; FRITTS und JULIAN, 1968; LAMARCHE und FRITTS, 1971b; LAMARCHE, 1973 und 1974). Die Voraussetzungen waren günstig, da in den semiariden Gebieten, wo zunächst der Schwerpunkt der Forschungen lag, die Trockenheit als allein ausschlaggebender Klimafaktor das Baumwachstum bestimmte (FRITTS, 1971 und 1976). In Europa dagegen, wo eine Vielzahl verschiedenster Klimafaktoren zusammenwirkt, stieß man auf größere Schwierigkeiten (ELLING, 1966; ECKSTEIN und SCHMIDT, 1974). Daher versuchte man zunächst, auch hier in Gebiete mit einem einzigen dominierenden Klimafaktor auszuweichen – so etwa in bestimmte Trokkengebiete (JAZEWITSCH, 1961) oder an die nördliche und alpine Waldgrenze mit Temperatur als limitierendem Faktor (ARTMANN, 1949; BREHME, 1951; MIKOLA, 1962; LOVELIUS, 1971).

Wenn auch mittlerweile dendroklimatologische Arbeiten aus den verschiedensten Gebieten Europas vorliegen (z.B. HUSTICH, 1949; BERNHART, 1963; SERRE, 1976; SCHMIDT, 1977) ist es trotzdem noch nicht gelungen, die Jahresringe der Bäume einfach als "meteorologische Jahrbücher", wie sie POKORNY schon 1867 optimistisch bezeichnet hatte, zu lesen.

Die vorliegende Arbeit ist die stark gekürzte Fassung einer Dissertation, die am Institut für Botanik der Universität Innsbruck entstanden ist und dazu beitragen sollte, das

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

vorhandene Datennetz zu verdichten und mit anderen Chronologien aus dem Alpenraum (ARTMANN, 1949; BREHME, 1951; GIERTZ, 1977; SCHWEINGRUBER und RÖTHLISBERGER, 1978; SCHWEINGRUBER et al., 1979) Grundlagen für eine umfassende dendroklimatologische Bearbeitung der Alpen zu liefern.

II. Material und Methoden:

A) Arbeitsgebiet und Standortcharakteristik:

Für die Probenentnahme wurden zwei Gebiete ausgewählt, die sich gegenseitig ergänzen – die Umgebung von Serfaus und das innerste Kaunertal. Sie liegen zwischen 46°53' bis 47°5' nördlicher Breite und 10°34' bis 10°35' östlich von Greenwich in einer Entfernung von nur rund 20 km Luftlinie voneinander im Westen Tirols, orographisch links bzw. rechts des oberen Inntales. Das Gebiet um Serfaus wurde wegen seiner unmittelbaren Nachbarschaft zum Observatorium Hochserfaus ausgesucht. Von dieser Station liegen Klimabeobachtungen von 1926 bis 1975 vor, die zudem im Rahmen einer meteorologischen Dissertation überarbeitet wurden (GABL, 1976). Im Kaunertal boten sich dagegen die prachtvollen Zirbenbestände in der Nähe eines der größten Gletscher der Ostalpen, des Gepatschferners, für eine Untersuchung an (siehe FROMME, 1957; SCHIECHTL und STERN, 1975).

1) L a g e : Bei Serfaus wurden vier Standorte aus verschiedenen Höhenstufen von der Waldgrenze bis ins Tal ausgesucht: Alpkopf, Serfaus-Mitte, Serfaus-Espenwald und Prutz. Bei Prutz im Inntal zweigt das Kaunertal nach Osten ab, biegt aber schon nach wenigen Kilometern nach Süden um. Über 3/4 des 25 km langen Tales verlaufen fast genau in Nord-Süd-Richtung. Die Standorte 6 bis 10 (Gepatschhaus, Gepatschalm, Branteweinloch, Nörderberg und Fernergarten) liegen hinter dem Stausee Gepatsch in der Nähe des Talschlusses, Standort 5 (der allerdings lediglich zu Vergleichszwecken verwendet und nicht in die allgemeine Bearbeitung einbezogen wurde) liegt unmittelbar westlich des Dammes.

2) G e o l o g i e u n d B ö d e n : Geologisch gehören die beiden Standortgruppen Serfaus und Kaunertal zum Bereich des Engadiner Fensters. Dabei liegt das Kaunertal im Ötztaler Kristallin, der zusammen mit dem Silvrettakristallin den "Rahmen" des Fensters bildet, Serfaus dagegen als "Fensterinhalt" im tieferen Stockwerk der jüngeren Bündner Schiefer, auf die das Kristallin aufgeschoben worden ist (KLEBELSBERG, 1956; SCHIECHTL und STERN, 1975). Außerdem treten eiszeitliche bzw. postglaziale Moränen und Schotter auf. An Böden kommen auf kristallinem Untergrund verschiedene Podsole und über Bündner Schiefern vorwiegend Pararendzinen vor.

3) K l i m a : Sowohl das innere Kaunertal als auch der Raum um Serfaus gehören zum kontinental getönten inneralpinen Trockengebiet. Nach GAMS (1931) gehört das innere Kaunertal mit über 70° hygrischer Kontinentalität zur Zone höchster Kontinentalität in den Ostalpen, das Gebiet von Serfaus folgt mit 60 - 70° Die Winter sind ausgeprägt, und die Strahlung ist intensiv. Hochserfaus genießt im Jahr durchschnittlich 83,5 % der maximal möglichen Besonnung (GABL, 1976). Das Niederschlagsmaximum fällt im Sommer. Für die dendroklimatologische Fragestellung wurden die Klimawerte von Hochserfaus als Grundlage herangezogen. Unterschiede zum Kaunertal ergeben sich vor allem durch die dort größere Seehöhe.

4) V e g e t a t i o n : In den beiden Teilen des Arbeitsgebietes treten verschiedene Waldtypen auf. Im Kaunertal galt das Interesse den Zirben, die in Serfaus völlig fehlen. Sie bilden weitgehend Reinbestände mit nur geringen Beimischungen von Lärche. Die Lärche dominiert lediglich als Pionier im Gletschervorfeld. Der Zirbenwald ist größtenteils in einzelne schmale Streifen aufgelöst und reicht so bis knapp über 2200 m Höhe. Um Serfaus stocken Mischwälder aus Fichte, Lärche und Kiefer in je nach Standort welchselnden Mengenanteilen (WAGNER, 1965). Mit starker anthropogener Beeinflussung muß, wie praktisch überall in den Ostalpen, für beide Gebiete gerechnet werden (v.a. Waldweide, Schitourismus).

5) Ü b e r s i c h t ü b e r S t a n d o r t c h a r a k t e r i s t i k u n d U n t e r s u c h u n g s m a t e r i a l : In Tabelle 1 wird ein kurzer tabellarischer Überblick geboten. Verschiedentlich konnte

Standort	Alpkopf	S-Mitte	Espenw.	Prutz	G'damm	G'haus	G'alm	Brantewl.	Nörderbg.	Fernerg.
Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Höhe (in m)*	2000	1700	1400	900	1800	18 - 1900	2100	2000	2250	2200
Neigung*	10 - 20°	20°	20°	40 - 45°	30°	15 - 20°	35°	30°	30°	25 - 30°
Exposition	SE - NW	SE	E	NW	W	NW	E	E - SE	NE	W
Art u. Zahl d. vollst. gebohrten Stämme	Fi (16) Lä (15)	Fi (15) Lä (16) Ki (16)	Fi (16) Lä (15) Ki (15)	Fi (15) Lä (15) Ki (15)	Fi (5) Lä (5)	Zi (16)	Zi (15)	Zi (16)	Zi (5)	Zi (15)
Ø-Alter (Jahre)	F: 140 L: 129	F: 132 L: 134 K: 144	F: 140 L: 127 K: 142	F: 85 L: 155 K: 105	F: 152 L: 139	177	145	177	110	199
Höchstalter	F: 216 L: 188	F: 178 L: 209 K: 177	F: 198 L: 146 K: 153	F: 134 L: 157 K: 139	F: 216 L: 190	210	329	310	342	286
Vegetation	Piceetum subalpinum (WAGNER 1965) lichter Lä - Fi-Wald	dichter Ki - Lä - Fi-Wald	Fi - Lä -Ki-wald, locker, Fi-Unterw.	grasreicher Kiwald mit z.T. Lä, Fi, wenige Sträucher	Waldgruppen mit Fi, Lä, dazw. Grünerle, Almweide	beweideter Zi-Wald mit sehr wenig Lä; Rhod. ferr.!	reine Zi-Bestände auf Rippen dazw. Almw., Junip., Vacc., Rhod. ferr.	wie 6	nur mehr einzelne meist kleine Zi, sonst Almweide	ähnlich 6, aber ohne Bestandesschluß, nur Gruppen u. einzelne Bäume

Tab. 1: Übersicht über Untersuchungsgebiet und -material
* = Werte gerundet

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

aufgrund technischer Schwierigkeiten (bei kernfaulen oder extrem harzigen Bäumen) nur ein Radius entnommen werden. Solche Einzelradien wurden zwar vermessen, aber nicht in die Mittelkurvenbildung einbezogen. Vom ältesten gefundenen Baum, einer Zirbe des Standortes Branteweinloch, ist leider ebenfalls nur ein einziger Radius vorhanden. Er belegt ein Alter von 415 Jahren, reicht also bis 1562 zurück. Der älteste vollständig bohrbare Baum, ebenfalls eine Zirbe (aus großer Gletschernähe, Standort Nörderberg) ist 342 Jahre alt.

B) Methoden:

1) Geländearbeit: Die Auswahl der Probebäume erfolgte nach folgenden Kriterien: möglichst alte Bäume, ohne schwerwiegende Schäden oder Verletzungen, im Bestand in herrschender oder mitherrschender Stellung. Die ausgesuchten Bäume wurden in Brusthöhe mit einem schwedischen Zuwachsbohrer angebohrt. Es wurden jeweils zwei Radien entnommen und in Plexiglasröhrchen aufbewahrt. Es wurde darauf geachtet, die Meßergebnisse nicht durch Einfluß von Druckholz zu verfälschen. Um etwaige Schäden zu vermeiden wurden die Bohrlöcher zunächst mit einem Fungizid behandelt und darauf mit Holzpfropfen und Baumwachs verschlossen.

2) Präparation und Meßtechnik: Im Labor wurden die Bohrkerne kurz in Wasser eingeweicht und in einen Bohrspanhalter eingespannt. Um die Jahrringgrenzen noch deutlicher sichtbar zu machen wurden die Bohrspäne mit Rasierklingen radial angeschnitzt, geglättet und schließlich, nachdem sie vollkommen getrocknet waren, noch mit Kreidestaub eingerieben. Zur Messung standen ein BANNISTER-Jahrringmeßgerät und ein WILD-Binokular mit Fadenkreuzokular zur Verfügung. Der Meßwert wurde notiert und zur weiteren Verwendung auf Lochkarten übertragen.

Früh- und Spätholz wurden getrennt vermessen. Zwar muß die Spätholzabgrenzung so subjektiv bleiben, doch da nur von einem einzigen Bearbeiter vermessen wurde bleibt die dabei mögliche Fehleinschätzung für alle Proben einheitlich.

3) Auswertung: 492 Radien von 246 Bäumen wurden verwertet. Die Messungen für Früh- und Spätholz wurden maschinell addiert, sodaß schließlich 3 x 34 265 Einzeldaten vorlagen. Die elektronische Datenverarbeitung erfolgte auf der Rechenanlage des EDV-Zentrums der Universität Innsbruck. Die verwendeten Programme sind in FORTRAN verfaßt und stehen am Botanischen Institut der Universität Innsbruck auf Lochkarten zur Verfügung. Sie wurden in enger Anlehnung an die Programme des Jahrringlabors der Universität Hohenheim von Herrn Paul Moser erstellt. Es handelt sich dabei um einen Programmsatz zur Addition von Früh- und Spätholzwerten, zum Vorzeichnen von Kurven, Mitteln von Kurven, Einfügen oder Streichen einzelner Ringe und zur Berechnung von mittlerer Ringbreite, Gleichläufigkeitsprozent, durchschnittlicher Schwankung und Weiserjahren. Aus den Programmen der Alpinen Forschungsstelle Obergurgl der Universität wurde das kombinierte Programm AFODAT-AD 1 für die Korrelationsrechnungen verwendet.

Um den technischen Aufwand in Grenzen zu halten mußte auf vollautomatische Datenverarbeitung verzichtet werden. So wurden etwa die Meßwerte nur punktweise ausgedruckt und von Hand zu Kurven vervollständigt. Dabei wurde eine halblogarithmische Skaleneinteilung nach HUBER (1971) verwendet. Kurvenvergleiche und -korrekturen wurden jeweils am Leuchttisch vorgenommen.

Als erste Arbeitsgrundlage dienten die beiden Radienkurven pro Baum, die dann schrittweise über Baum- zu Standortmittelkurven zusammengefaßt wurden (natürlich jeweils nach Baumart getrennt). Eine Standortmittelkurve umfaßt in der Regel die zehn am besten übereinstimmenden Baummittelkurven (siehe DELORME, 1973), die restlichen wurden auf optischem Wege ausgeschieden. Dabei ergaben sich kaum Zweifelsfälle, sodaß auf eine mathematische Bearbeitung verzichtet wurde.

Für die weiteren dendrochronologischen und -klimatologischen Überlegungen wurden dann die entsprechenden Standortmittelkurven herangezogen.

III. Ergebnisse und Diskussion:

A) Dendrochronologische Untersuchungen:

Zunächst wurden die mittlere Ringbreite, die durchschnittliche Schwankung, Gleichläufigkeitsprozent und Weiserjahre vergleichend für die vier bearbeiteten Baumarten auf ihren verschiedenen Standorten untersucht. Da in dieser Kurzfassung vorwiegend die Er-

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

gebnisse dargestellt werden sollen, welche den Vergleich von Jahrringkurvenverlauf und Gletscherschwankungen betreffen, sind die Resultate des Abschnittes A) in Tabelle 2 zusammengefaßt und werden hier nur mehr ergänzend kommentiert.

Tab. 2: Ergebnisse der dendrochonologischen Untersuchungen (Zahlen jeweils gerundet)

Mittlere Ringbreite (1 = 1/100 mm)

Spätholz:	Zirbe	18	Jahrring:	Zirbe	135
	Fichte	24		Fichte	137
	Kiefer	31		Lärche	149
	Lärche	44		Kiefer	154

Spätholzanteil am ganzen Jahrring

Zirbe	13 %
Fichte	18 %
Kiefer	21 %
Lärche	29 %

Durchschnittliche Schwankung

FH:		SH:		JR:	
Zirbe	13 %	Kiefer	21 %	Zirbe	13 %
Fichte	15 %	Fichte	23 %	Fichte	14 %
Kiefer	17 %	Lärche	24 %	Kiefer	15 %
Lärche	22 %	Zirbe	30 %	Lärche	19 %

Die Unterschiede nach Standorten sind am geringsten bei den Zirben, gefolgt von Lärchen und Fichten, am größten bei den Kiefern. Die stärksten Abweichungen ergeben sich durch den Standort Prutz.

Gleichläufigkeit

FH:		SH:		JR:	
Zirbe	62 %	Zirbe	52 %	Fichte	64 %
Fichte	63 %	Fichte	54 %	Zirbe	65 %
Kiefer	64 %	Kiefer	59 %	Kiefer	66 %
Lärche	67 %	Lärche	63 %	Lärche	69 %

Durchschnittliche Gleichläufigkeit der Jahrringkurven auf den verschiedenen Standorten:

Serfaus-Mitte	63 %	Alpkopf	67 %
Serfaus-Espenwald Gepatschhaus Branteweinloch	64 %	Gepatschalm	68 %
		Prutz	71 %
Nörderberg Fernergarten	65 %		

Zahl der Weiserjahre 1920 - 1977

FH:		SH:		JR:	
Lärche	21	Lärche	17	Lärche	22
Kiefer	16	Kiefer	12	Kiefer	17
Fichte	15	Fichte	9	Fichte	17
Zirbe	14	Zirbe	7	Zirbe	16

Die durchschnittliche Weiserjahrhäufigkeit der Serfauser Standorte ist: Prutz 25, Alpkopf 20, Serfaus-Mitte und Espenwald je 15.

Die durchschnittliche Schwankung wird nach der von HUBER und HOLDHEIDE (1942) angegebenen Formel berechnet. Sie ist für die Jahrringkurven am geringsten, bei

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

Frühholz wenig größer und liegt für Spätholzkurven deutlich höher. Besonders auffallend ist dieser Unterschied bei der Zirbe. Ein Alterstrend der durchschnittlichen Schwankung wurde, wenn man von einer kurzfristigen Abnahme in frühester Jugend absieht, im Gegensatz zu FÜRST (1963) nicht festgestellt. Im Vergleich der Standorte treten die größten Abweichungen durch Prutz auf, der als ausgeprägter Trockenhang erwartungsgemäß besonders sensitiv ist.

Das Gleichläufigkeitsprozent (vgl. HUBER, 1952) weist bei Frühholz- und Jahrringkurven ebenfalls eher geringe Unterschiede auf, ist aber beim Spätholz wesentlich kleiner.

Als Weiserjahre wurden Jahre mit zu 95 - 100 % gleichem Richtungssinn der Mittelkurven bezeichnet. Der Standort Prutz fällt mit besonders ausgeprägten Signaturen und größter Weiserjahrhäufigkeit auf. ARTMANN (1949) hat für das Hochgebirge eine Reihe meteorologisch belegter Weiserjahre zusammengestellt. Die dort angeführten Minima von 1933/34, 1926, 1876, 1852, 1843 und 1821, sowie das Maximum von 1917 sind auch bei der Kaunertaler Zirbenmittelkurve vertreten.

B) Dendroklimatologische Untersuchungen:

1) Klimatologische Interpretation der Weiserjahre: Am Beispiel der Standortmittelkurve Fichte Prutz (Abb. 1) konnten Minimumweiserjahre sowohl überdurchschnittlich feuchten als auch trockenen, besonders kalten, aber auch warmen Jahren zugeordnet werden (Tab. 3). Die Weiserjahre sind also offenbar nur an sehr extremen Standorten unmittelbar klimatologisch interpretierbar, lassen aber sonst keinen eindeutigen Schluß auf die Witterungsbedingungen des jeweiligen Jahres zu.

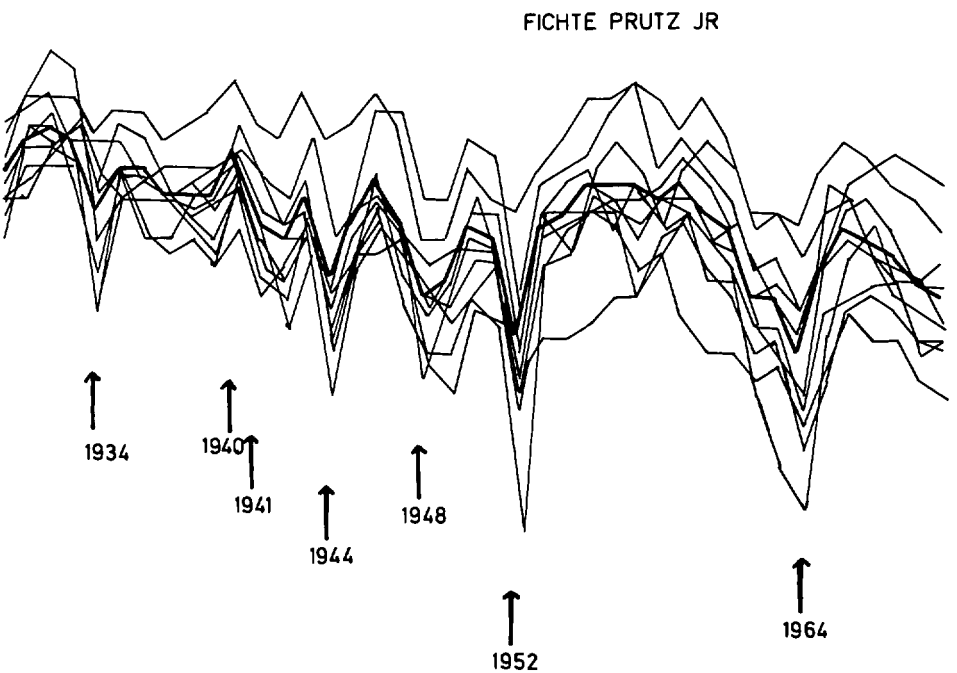

Abb. 1: Standortmittelkurve mit Einzelkurven und Weiserjahre

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 3: Weiserjahre und Klimafaktoren

Angegeben ist die Abweichung vom Mittelwert der Jahre 1931 - 70

	Minima						Maximum
Klimafaktoren	1934	1941	1944	1948	1952	1964	1940
Frosttage Mai - September	− 10	+ 23	+ 6	− 6	± 0	− 5	+ 3
Frosttage April - Oktober	− 14	+ 12	+ 11	− 14	− 6	+ 5	− 2
Sonnenscheindauer Mai - September (in h)	+ 22	+ 20	− 1	+ 4	− 10	+ 4	− 1
Tage ohne Sonnenschein Mai - September	− 5	− 7	− 8	− 7	− 1	− 5	− 4
Niederschlag (in mm) Mai - September	+ 12	− 5	− 18	+ 5	− 6	− 9	− 6
Monatsmitteltemperatur 14^h (in °C)							
Mai - September	+ 0,5	− 0,6	+ 0,2	± 0	+ 0,6	+ 1,0	− 0,9
Mai - August	+ 0,4	− 0,7	+ 0,6	− 0,4	+ 1,8	+ 1,1	− 1,2
Juni - September	± 0	+ 0,1	+ 0,2	− 0,6	+ 0,6	+ 0,8	− 1,1
Oktober - April	+ 1,5	− 0,8	− 1,4	+ 2,4	− 1,2	+ 0,2	− 0,9

2) Vergleich der Chronologien mit Klimafaktoren – Korrelation mit Klimadaten: Das Baumwachstum und somit die Jahrringbildung wird von einer Vielzahl endogener (wie vor allem Artzugehörigkeit und Alter) und exogener Faktoren beeinflußt. Bei den exogenen spielt neben dem Boden, den Konkurrenzverhältnissen, Schäden (etwa durch Insektenfraß) vor allem das Klima eine wichtige Rolle.

FRITTS (1976) hat die Auswirkungen des Klimas auf die Jahrringbildung bisher am ausführlichsten und in Form von Modellen dargestellt. Daraus und auch aus den europäischen Arbeiten (siehe ECKSTEIN, 1972) ergeben sich als wachstumsdominierende Klimafaktoren Temperatur und Niederschlag. Im Folgenden werden daher Niederschlag, Temperatur, Sonnenscheindauer und Frosthäufigkeit als für die Jahrringbildung wichtigste (und auch am besten meßbare) Klimafaktoren betrachtet.

Zur Untersuchung der Klimaabhängigkeit des Zuwachses wurden zunächst Gleichläufigkeitstests angewandt, bei denen die langfristigen (Alters-)trends und das absolute Ausmaß der Ringbreitenschwankungen auf das Ergebnis keinen Einfluß haben. Die Kurven der Monatsmittel der wichtigsten Klimafaktoren wurden mit den Jahrringkurven verglichen.

Schon bei einem ersten optischen Vergleich fällt die gute Übereinstimmung der Jahrringkurven mit dem Verlauf der Kurven von Temperatur und Sonnenscheindauer der Vegetationsperiode auf, während die Niederschlagskurve eine entsprechende Ähnlichkeit vermissen läßt. Allerdings muß betont werden, daß weder gute Gleichläufigkeitswerte noch hohe Korrelationskoeffizienten zwingend auf einen Kausalzusammenhang schließen lassen.

In Tabelle 4 sind die über 50 % erreichenden Gleichläufigkeitswerte für Klimadaten- und Jahrringkurven der Standort- und Artmittelkurven aufgeführt. Besonders auffallend hierbei sind folgende Ergebnisse:

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 4: Gleichläufigkeitsprozent Jahrring- und Klimakurven Hochserfaus 1931 - 70
(– = Wert unter 50 % Gleichläufigkeit)

1) Serfaus (Fichte, Lärche, Kiefer)

TEMPERATUR (Mittlere monatliche 14^h-Temperatur in °C)

einzelne Monate:

Alpkopf:	Fichte:	Juli	69,2	Lärche:	Juni	71,8
		September	64,1		August	61,5
		Juni	56,4		Juli	59,0
		April	53,8			
		August	51,3			
		Mai	51,3			
S-Mitte:	F: Sept.	59,0	L: Juni	64,1	K: Aug.	61,5
	Juni	56,4	Aug.	59,0		
	Juli	56,4	Juli	56,4		
	April	51,3	Mai	56,4		
			Sept.	51,3		
Espenwald:	F: Mai	61,5	L: Juli	53,8	K: Aug.	59,0
	Juli	56,4	Okt.	51,3		
	Sept.	56,4				
	Okt.	53,8				
Prutz:	F: Sept.	53,8	L: Mai	61,5	K: Aug.	53,8
	Okt.	51,3	Sept.	59,0		
			April	56,4		
			Aug.	51,3		
ArtMK:	F: Mai	61,5	L: Aug.	56,4	K: Aug.	61,5
	Okt.	59,0	April	56,4		
	Sept.	56,4	Mai	53,8		

Perioden	Alpkopf	S-Mitte	Espenwald	Prutz	ArtMK
Mai - September	F: 66,7 L: 56,4	F: 59,0 L: 61,5 K: –	F: 56,4 L: – K: –	F: – L: – K: –	F: 53,8 L: 51,3 K: –
Mai - August	F: 64,1 L: 61,5	F: 59,0 L: 69,2 K: –	F: 56,4 L: 51,3 K: –	F: – L: – K: –	F: 53,8 L: 51,3 K: –
Oktober - April	F: – L: –	F: – L: – K: 51,3	F: – L: – K: –	F: 51,3 L: 66,7 K: 59,0	F: – L: 56,4 K: –

ZAHL DER FROSTTAGE (Minimum unter 0°C)

Mai - September	F: – L: 59,0	F: – L: 59,0 K: –	F: – L: 51,3 K: –	F: – L: – K: –	F: – L: – K: 51,3
April - Oktober	F: 51,3 L: 59,0	F: – L: 59,0 K: 51,3	F: 51,3 L: 53,8 K: 51,3	F: – L: – K: –	F: – L: 53,8 K: 53,8

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

SONNENSCHEINDAUER (in Stunden)

Perioden	Alpkopf	S-Mitte	Espenwald	Prutz	ArtMK
Mai - September	F: 74,4 L: 64,1	F: 61,5 L: 64,1 K: –	F: 61,5 L: 53,8 K: 51,3	F: – L: – K: –	F: 64,1 L: 59,0 K: –

NIEDERSCHLAG (in mm)

Mai - September	F: – L: –	F: – L: – K: –	F: – L: – K: –	F: – L: 51,3 K: 51,3	F: – L: – K: –
Oktober – April	F: – L: 64,1	F: – L: 59,0 K: 61,5	F: 53,8 L: – K: 64,1	F: – L: – K: 51,3	F: – L: – K: 66,7

2) Kaunertal (Zirbe)

TEMPERATUR, einzelne Monate

Gepatschhaus:	Aug.	69,2	**Gepatschalm:**	Aug.	66,7	**Branteweinloch:**	Aug.	69,2
	Sept.	64,1		Sept.	64,1		Juli	59,0
	Juni	53,8		Juni	51,3		Sept.	53,8
	Juli	51,3					April	53,8
Fernergarten:	Aug.	69,2	**Nörderberg:**	Aug.	76,9	**Artmittelkurve:**	Aug.	79.5
	Juni	56,4		April	59,0		Sept.	56,4
	Juli	53,8		Juli	53,8		April	53,8
	Sept.	53,8		Sept.	51,3			

Perioden	G'haus	G'alm	Brantewl.	Fernerg.	Nörderb.	Art
Mai - September	59,0	53,8	56,4	–	53,8	53,8
Mai - August	59,0	53,8	53,8	51,3	56,4	51,3
Juni - September	61,5	59,0	61,5	59,0	59,0	61,5
Oktober - April	53,8	51,3	–	–	–	53,8
ZAHL DER FROSTTAGE						
Mai - September	51,3	53,8	–	56,4	–	–
April - Oktober	53,8	59,0	56,4	53,8	56,4	51,3
SONNENSCHEINDAUER						
Mai - September	53,8	53,8	59,0	53,8	59,0	53,8
NIEDERSCHLAG						
Mai - September	–	–	–	–	–	–
Oktober - April	51,3	–	–	61,5	59,0	53,8

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

- Gute Übereinstimmung vor allem mit der Kurve der Sonnenscheindauer der Vegetationsperiode (entsprechend ARTMANN, 1949 und BREHME, 1951).
- Wechselnd gute Übereinstimmung der Temperaturkurven nach Baumart und Standort.
- Sommerniederschlag zeigt (mit Ausnahme des Standorts Prutz, der sich auch sonst teilweise abweichend verhält) wenig Übereinstimmung.

Die Spätholzkurven verhalten sich bei der Temperatur der Vegetationsperiode mit einer Ausnahme wie die Jahrringkurven. Mit den Temperaturwerten des Zeitraumes Juli - Oktober weisen alle Arten gute Übereinstimmung auf. Bei der Wintertemperatur überwiegt mit Ausnahme der Lärche Gegenläufigkeit. Gleiches Verhalten wie die Jahrringkurve zeigt bei der Sonnenscheindauer Mai - September nur die Spätholzkurve der Fichte. Die Zirben- und Kiefernkurven verlaufen in der Periode Juli - Oktober überwiegend gleichsinnig.

Auch beim Niederschlag und der Zahl der Frosttage gibt es Unterschiede zwischen dem Verhalten von Jahrring- und Spätholzkurven, sodaß die Feststellung von MIKOLA (1950, zitiert nach SCHOVE, 1954), wonach Früh- und Spätholz auf gleiche Klimafaktoren unterschiedlich reagieren, zumindest teilweise bestätigt werden kann.

Zusätzlich zum Gleichläufigkeitstest wurden die Korrelationskoeffizienten für den Vergleich von Jahrringbreitenkennwerten und Klimadaten bestimmt. Dabei wurden zunächst Einzelkorrelationen mit den Monatsmittelwerten und schließlich multiple Korrelationen berechnet.

Die Ergebnisse scheinen bei den Einzelkorrelationen für eine klimatologische Interpretation der Jahrringkurven nicht sonderlich ermutigend. Erstens sind die Korrelationskoeffizienten durchwegs nur sehr klein, offenbar hat also kein einzelner Klimafaktor eines bestimmten Monats allein wesentliche Bedeutung für den Zuwachs. Mit Spitzenwerten von ± 0,3 bis 0,4 bleiben sie allerdings im Rahmen der in der Literatur angeführten Ergebnisse (SCHOVE, 1954; ELLING, 1966; SVENONIUS und OLAUSSON, 1978). Zweitens schwanken die Resultate für die einzelnen Kurven stark, und offensichtliche Scheinkorrelationen kommen vor.

Berücksichtigt man diese Einschränkungen und betrachtet die Korrelationen lediglich als Orientierungshilfe, so kann man sagen, daß sich höhere Maximal- und somit auch Mittelwerte der sommerlichen Lufttemperatur (April bis September, vor allem aber Juli bis September) auf den Zuwachs positiv, mehr Niederschläge dagegen negativ auswirken – ein Ergebnis also, das den im Gleichläufigkeitstest gewonnenen Eindruck bestätigt (Abb. 2).

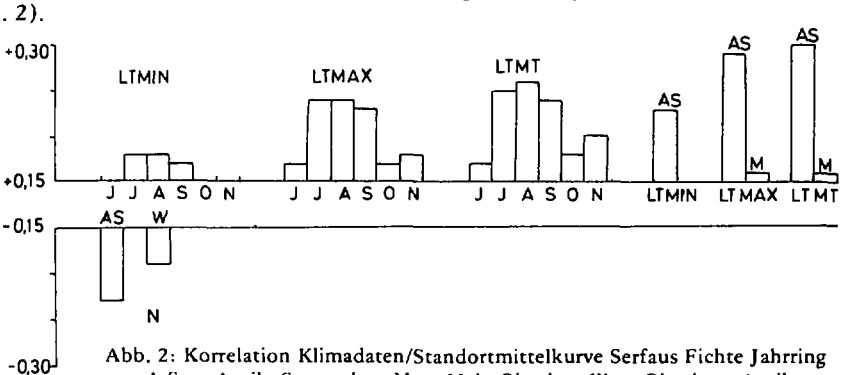

Abb. 2: Korrelation Klimadaten/Standortmittelkurve Serfaus Fichte Jahrring
A-S = April - September, M = Mai - Oktober, W = Oktober - April
LTMin, LTMax, LTMT = Minima, Maxima und Mittel der Lufttemperatur, N = Niederschlag

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

Betrachten wir nun am Beispiel der Fichten-Standortmittelkurven Alpkopf und Prutz jeweils für Jahrring und Spätholz zwei völlig verschiedene Verhaltensmuster. In Tabelle 5 sind die entsprechenden Korrelationskoeffizienten angeführt, sofern sie über ± 0,15 betragen.

Tab. 5: Korrelationskoeffizienten
Klimafaktoren/Standortmittelkurven Fichte
1. Wert = Jahrring, 2. Wert = Spätholz

Regressor	Alpkopf	Prutz
mittlere Lufttemperatur		
Januar	− 0,21 / − 0,26	
Juli	+ 0,20	− 0,16
August	+ 0,23 / + 0,17	− 0,18
September	+ 0,20 / + 0,22	− 0,17
Oktober	+ 0,18 / + 0,24	− 0,21 / − 0,17
November	+ 0,23	− 0,18
Dezember	+ 0,15	− 0,16
April - September	+ 0,30 / + 0,43	− 0,27 / − 0,16
Mai - Oktober	+ 0,23 / + 0,38	− 0,26 / − 0,18
Maxima der LT		
April - September	+ 0,34 / + 0,44	− 0,31 / − 0,18
Mai - Oktober	+ 0,25 / + 0,38	− 0,30 / − 0,20
Minima der LT		
April - September	+ 0,25 / + 0,44	− 0,34 / − 0,27
Mai - Oktober	+ 0,20 / + 0,40	− 0,34 / − 0,29
Niederschlag		
April - September	− 0,36 / − 0,50	+ 0,25 / + 0,22
Mai - Oktober	− 0,18 / − 0,41	+ 0,16 / + 0,18

Die grundsätzlichen Unterschiede der beiden Standorte bestehen darin, daß die Fichten am Alpkopf dem bereits bekannten Schema – positive Korrelation mit der Sommertemperatur, negative mit dem Niederschlag – entsprechen, in Prutz aber das genau umgekehrte Verhalten zeigen. Dabei ist der enge Zusammenhang zwischen Temperatur und Niederschlag unter sich zu berücksichtigen, da ja trockenes strahlungsreiches Wetter im Sommer mit hohen Temperaturen einhergeht, während es bei Regen kühler ist. Prutz könnte also als Beispiel für einen Trockenstandort gelten, und die Fichten reagieren zumindest schwach positiv auf bessere sommerliche Wasserversorgung (was allerdings durch den Gleichläufigkeitstest nicht nachgewiesen werden konnte).

Abschließend soll noch kurz darauf hingewiesen werden, wie sich die Korrelationskoeffizienten verändern, wenn statt der Klimadaten des laufenden Jahres die des Vorjahres mit dem Zuwachs verglichen werden. Am Beispiel der Jahrringmittelkurve Serfaus-Mitte Fichte konnte gezeigt werden, daß sich die Temperatur des Vorjahres auch auf den Zuwachs des folgenden Jahres noch auswirkt, wenn auch wesentlich schwächer als die Temperatur des laufenden Jahres. Als Erklärung könnte man an eine gewisse Reservestoffspeicherung denken. Der negative Einfluß des Niederschlages war im folgenden Jahr dagegen nicht mehr spürbar. Ob und inwieweit diese Tendenzen allerdings verallgemeinert

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

werden können, konnte im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht ermittelt werden.

Schließlich wurden statt der Korrelationskoeffizienten einzelner Klimafaktoren mit den alterstrendkorrigierten Ringbreiten multiple Korrelationskoeffizienten berechnet. Damit soll der Einfluß mehrerer Klimafaktoren gleichzeitig erfaßt und abgeschätzt werden, in welchem Maße sich die Jahrringbreitenschwankungen (= abhängige Variable) durch die Schwankungen der Klimafaktoren erklären lassen (ELLING, 1966; FRITTS, 1976; SCHMIDT, 1977). Als unabhängige Variable wurden Monatsmittelwerte der mittleren, minimalen und maximalen 14^h-Lufttemperatur sowie Monatsmittel der Niederschlagshöhen in verschiedenen Kombinationen verwendet. Zwar sind die Korrelationskoeffizienten dabei naturgemäß wesentlich höher, doch gilt das für die einfache Korrelation gesagte auch hier. Eindeutig abgesicherte Zusammenhänge konnten auch auf diesem Weg nicht erkannt werden.

3) Jahrringkurven und Gletscherschwankungen: Das Vorkommen relativ alter Bäume in großer Gletschernähe im Kaunertal bot ideale Voraussetzungen um zu untersuchen, ob sich die Längenänderungen der Gletscherzunge auch im Verlauf der Jahrringkurven niederschlagen. LAMARCHE und FRITTS (1971a) haben Jahrringkurven einer rezenten Zirbe vom Patscherkofel bei Innsbruck und aus der Schweiz (Riederalp) für einen derartigen Vergleich herangezogen. Dabei errechneten sie einen hohen negativen Korrelationskoeffizienten von – 0,76 zwischen der Jahrringchronologie Patscherkofel und einer Statistik westalpinen Gletscherverhaltens. Allerdings sind derartige Verallgemeinerungen angesichts des geringen Materials mit Vorsicht zu betrachten, dennoch fallen Ähnlichkeiten auf.

Zwar steht die Längenänderung einer Gletscherzunge nicht unmittelbar mit Klimaschwankungen in Zusammenhang, sondern ist stark von den jeweiligen Eigenheiten eines Gletschers (vor allem von Größe und Gestalt seines Nährgebietes) abhängig, doch ist ein Gletschervorstoß bzw. -rückgang die Folge einer mehr oder weniger langen Periode positiver bzw. negativer Massenhaushaltsjahre (PATZELT, 1977). Die Massenbilanz korreliert hoch negativ mit der Sommertemperatur (HOINKES, 1971) und positiv mit der Häufigkeit sommerlicher Schneefälle (FLIRI, 1964). Kühle und feuchte Witterung während der Ablationsperiode (Mai - September) fördert also das Gletscherwachstum (PATZELT, 1977). Dagegen führt eine derartige Verkürzung der Vegetationsperiode zu einer Verringerung der Stoffproduktion der Bäume an der Waldgrenze (TRANQUILLINI, 1966) und schließlich zu Schädigungen durch Frosttrocknis (BAIG, TRANQUILLINI und HAVRANEK, 1974; TRANQUILLINI, 1967). So beeinflußt die Sommertemperatur jeweils gegenseitig Gletscher- und Waldgrenzschwankungen (BORTENSCHLAGER, 1977) – es liegt also nahe, für den Verlauf von Gletscherschwankungen und Jahrringbreitenkurven Parallelen zu vermuten.

Die Geschichte der alpinen Gletscherschwankungen ist gut erforscht (HEUBERGER, 1968; PATZELT, 1972 und 1973), seit 90 Jahren liegen sogar ausführliche direkte Messungen vor (PATZELT, 1976). Danach lassen sich eindeutig Phasen von Gletschervorstößen (1890 - 1900, 1909 - 1928, ab 1965) und eine Abschmelzperiode (1928 - 1964) erkennen. In Tabelle 6 sind die Gletscherschwankungen in den Ostalpen ab 1600 zusammengefaßt.

Der Gepatschferner selbst reagiert als großer Gletscher mit langer Zunge eher träge und hat beispielsweise den großen 1920er-Vorstoß nur mit einer Dickenzunahme und

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 6: Gletscherhochstände in den Ostalpen seit 1600 (nach RUDLOFF 1965, HEUBERGER 1968, PATZELT 1973)
Wichtigere Phasen sind fett gedruckt.

1600	(1600/01: Vernagtferner (Ötztal) staut Rofensee)
1640	
1680	(1678/81: Vernagtferner staut Rofensee)
1716 - 1718	Gurglerferner (Ötztal)
1760 - 1763	teilweise große Gletscherstände
1770/80	größter neuzeitlicher Stand von Vernagt- und Hintereisferner (Ötztal)
1812 - 1866	niederschlagsreich und kühl
1817 - 1820	allgemeiner Gletschervorstoß, im Gegensatz zu den Westalpen erreichte in den Ötztaler Alpen aber kein Gletscher das Ausmaß des 1850er-Vorstoßes
1850 - 1855	allgemein größter Hochstand der Neuzeit
1875	schwache Vorstöße oder geringfügiger Stillstand
1890 - 1900	schwacher Vorstoß
1920	letzter allgemeiner größerer Vorstoß, die meisten Ostalpengletscher sind 1890 - 1927 angewachsen
1965 - 1968	niederschlagsreich und sommerkühl
in den letzten Jahren zunehmender Massenzuwachs der Gletscher	

nicht mit einem Längenzuwachs mitgemacht (PATZELT, 1970). Sein größtes neuzeitliches Ausmaß erreichte er 1856 (KINZL, 1929).

Wenden wir uns nun der Jahrringentwicklung der Zirben dieser gletschernahen Standorte zu. Auf Abb. 3 sind die absoluten Jahrringbreiten der ältesten verwerteten Zirbe dargestellt. Sie ist über 340 Jahre alt, hat also die größten neuzeitlichen Gletschervorstöße unmittelbar miterlebt.

Während der ersten hundert Wuchsjahre nimmt die Ringbreite im Schnitt ab, was jedoch sicher nicht klimatisch bedingt, sondern eine einfache Folge des Alters, bzw. des wachsenden Stammdurchmessers ist. In den folgenden hundert Jahren pendeln sich die Werte annähernd auf tieferes Niveau ein, um dann im dritten Wachstumsjahrhundert wieder anzusteigen. Eine Interpretation dieser Tendenzen ist jedoch schwierig. Immerhin fallen um 1752, 1780, um 1790, 1810, vor allem aber um 1820 und 1870, kurz vor 1900, 1920, 1930 - 40 und um 1965 Kurvenminima auf, die sich annähernd mit Gletschervorstößen decken, und in die Zeit des großen 1850er-Vorstoßes fällt eine ausgeprägte Zuwachsdepression.

Weniger proplematisch wird ein derartiger Vergleich jedoch erst, wenn erstens statt einer Baummittelkurve mit natürlich entsprechend hoher Individualität Standortmittelkurven herangezogen werden können und wenn zweitens der Alterstrend ausgeschaltet wird. Bei den Abbildungen 4 und 5 ist das der Fall. Die Korrektur des Alterstrends erfolgte mittels einer durch die jeweilige Kurve gelegten Regressionsgeraden.

Die Übereinstimmung besonders ausgeprägter Kurvenminima mit gletschergünstigen Phasen ist ganz offensichtlich. Vor allem 1820, 1850/60, um 1900, 1920 und 1965 zeigen alle Kurven übereinstimmend Minima. Wie schon bekannt und aus Abbildung 6 am Beispiel des Standorts Fernergarten nochmals ersichtlich ist, folgt der Verlauf der Frühholz- der Jahrringkurve. Beim Spätholz ist dagegen teilweise eine Trendumkehr zu beobachten (z.B. 1860), teilweise verhält sich die Spätholzkurve gleichsinnig, aber weniger ausgeprägt.

Zusätzlich wurde bei Abb. 4 und 5 jeweils die Abweichung vom Mittel der Sommertemperatur (Mai - September) 1781 - 1955 des Observatoriums Hohenpeißenberg eingezeichnet. Ein entsprechender Kurvenverlauf von Sommertemperatur, Jahrringbreiten und

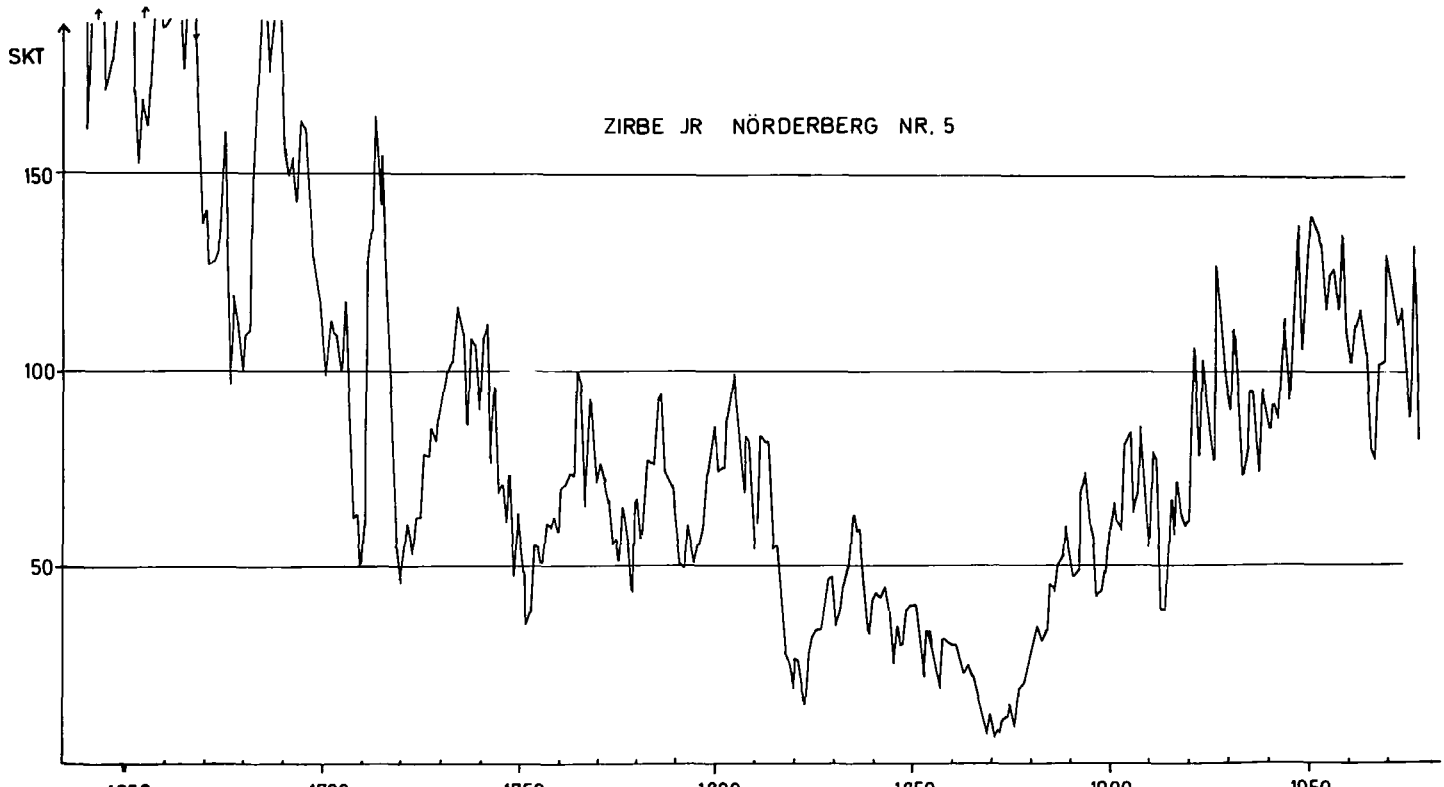

Abb. 3: Jahrringkurve Zirbe Nörderberg, Baum Nr. 5. Absolute Ringbreiten

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

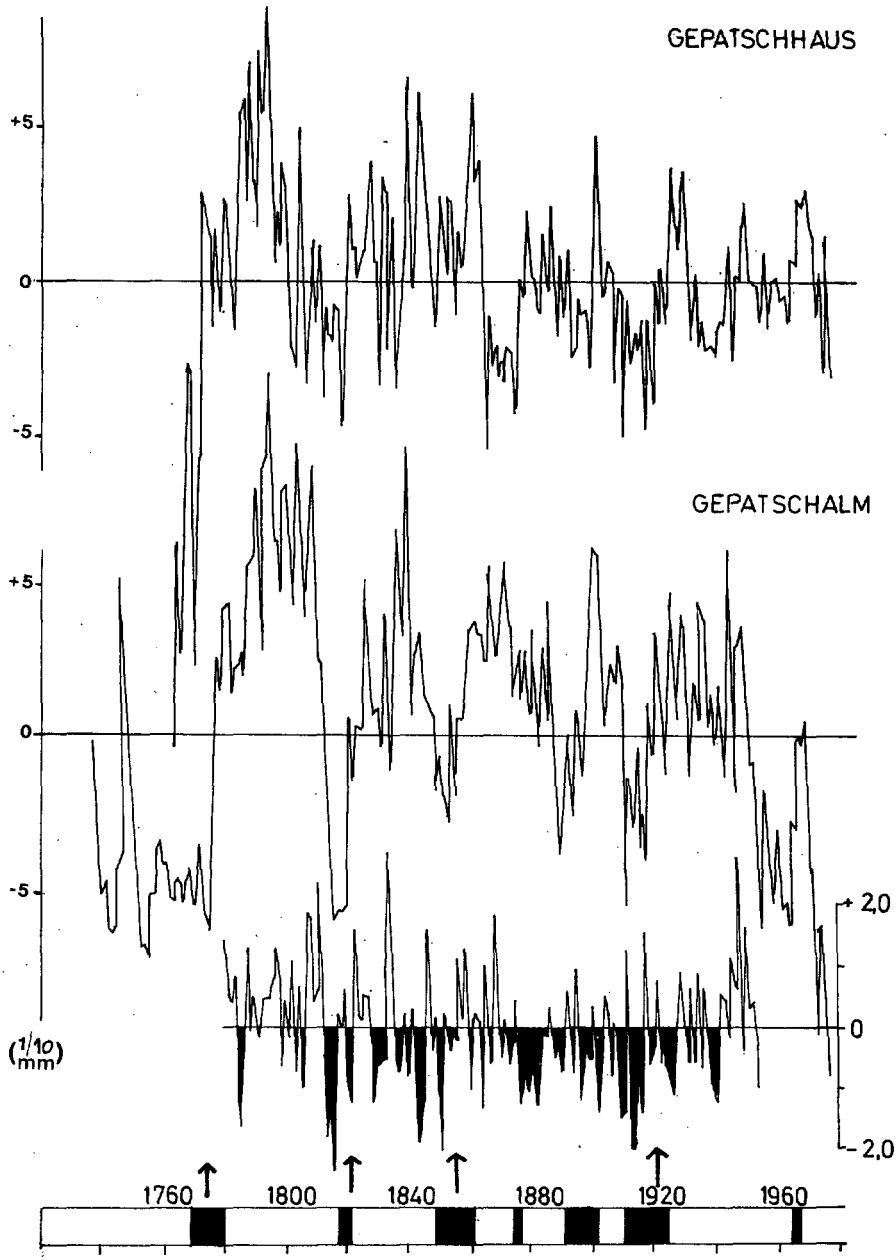

Abb. 4: Standortmittelkurven Zirben Gepatschhaus und -alm (Jahrring, alterstrendkorrigiert), Gletscherschwankungen und Sommertemperatur *) (Abweichung vom Mittel der Temperatur Mai - September 1781 - 1955 Hohenpeißenberg in °C)
Gletschervorstöße sind schwarz eingezeichnet (Balken ganz unten), besonders kräftige durch Pfeile markiert

*) Die Daten stellte Doz. Dr. G. PATZELT zur Verfügung

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

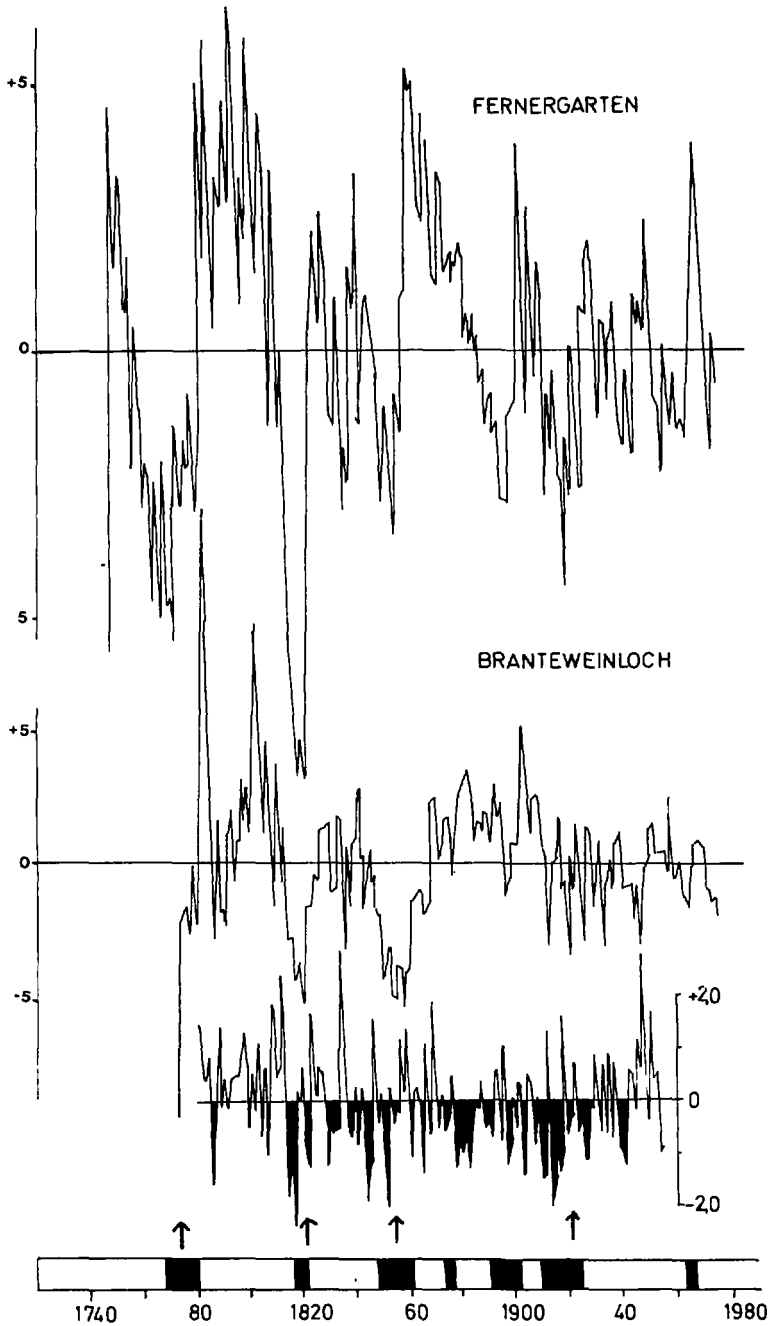

Abb. 5: Standortmittelkurven Zirben Fernergarten und Branteweinloch (Jahrring, alterstrendkorrigiert), Gletscherschwankungen und Sommertemperatur (siehe Erklärung bei Abb. 4)

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

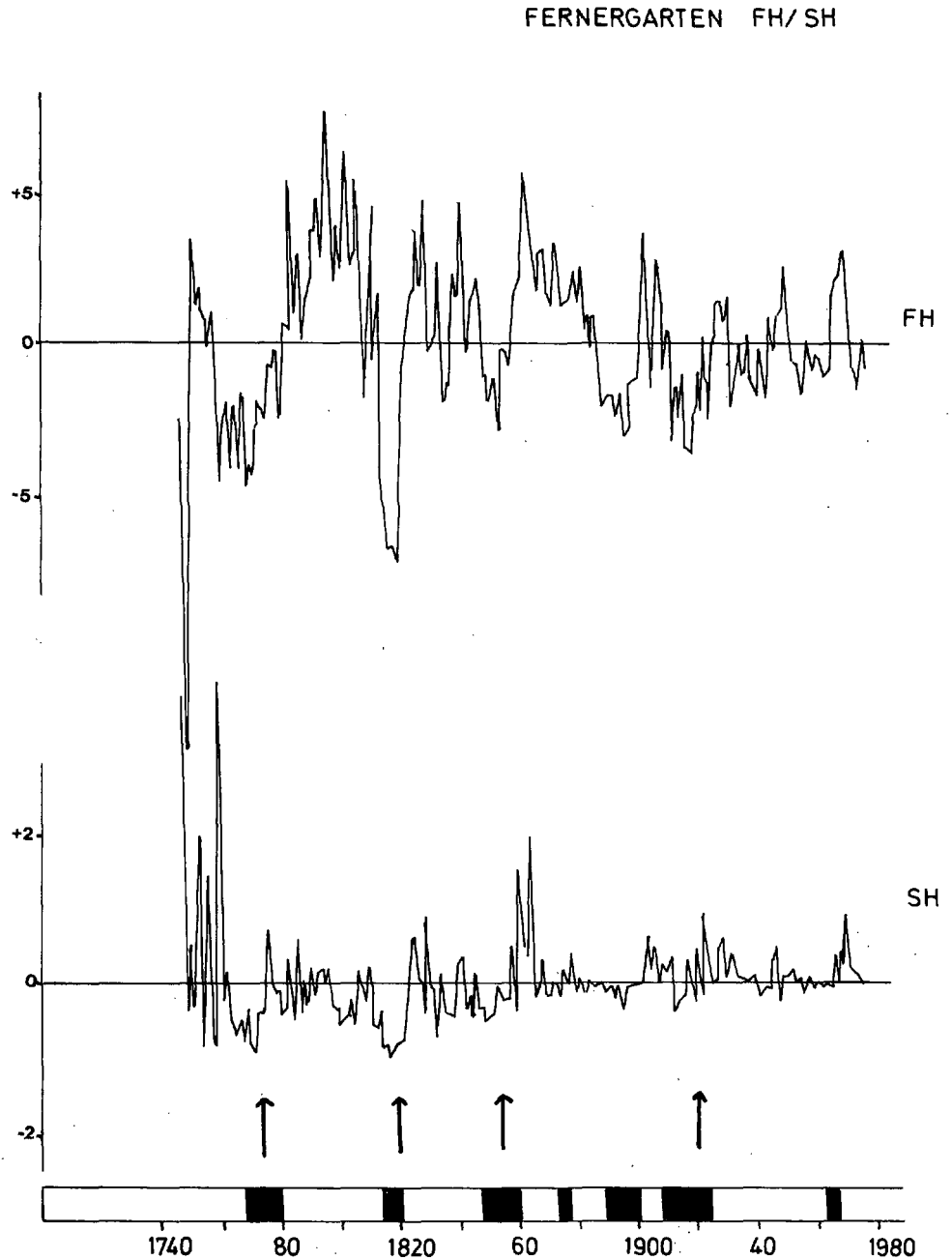

Abb. 6: Standortmittelkurven Zirben Fernergarten Früh- und Spätholz (alterstrendkorrigiert) und Gletscherschwankungen
Gletschervorstöße sind schwarz eingezeichnet, besonders kräftige durch Pfeile markiert

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

Gletscherschwankungen läßt sich feststellen. Die von LAMARCHE und FRITTS (1971a) gefundenen Parallelen zwischen Gletscher- und Jahrringentwicklung unter verschiedenem Vorzeichen konnten also bestätigt werden.

Vom Jahrringkurvenverlauf allein auf die Gletscher- oder gar Klimageschichte schließen zu wollen wäre aber verhängnisvoll, da zu viele Faktoren zusammenwirken, deren wechselseitige Einflußnahme noch nicht geklärt ist. So fällt etwa das Jahrringminimum um 1950 in die nach RUDLOFF (1965) "gletscherfeindlichste Periode seit Beginn der Instrumentenbeobachtung". 1947 war ein extrem trockenes Jahr, vielleicht war also damals ausnahmsweise die Trockenheit limitierend für den Holzzuwachs. Erschwerend für die Interpretation kommt die verschieden lange verzögerte Reaktion von Bäumen und Gletschern auf das Klima hinzu.

Zusätzliche "Indizien" für die Gletscherforschung können die Jahresringe jedoch durchaus liefern. Unbedingte Voraussetzung dafür ist allerdings die Wahl entsprechend gletschernaher Standorte, da andernfalls sonstige Klima- und Umwelteinflüsse das Bild bis zur Unkenntlichkeit verwischen können.

IV. Zusammenfassung:

In zwei Gebieten im Westen Tirols wurden ca. 500 Proben für Jahrringuntersuchungen entnommen. Dabei wurden an zusammen zehn Standorten vom Tal bis zur Waldgrenze bei Serfaus Fichten (*Picea abies*), Lärchen (*Larix decidua*) und Kiefern (*Pinus silvestris*), im Kaunertal Zirben (*Pinus cembra*) bearbeitet. Die so gewonnenen Standort- und Artmittelkurven wurden dendrochronologisch und -klimatologisch untersucht. Die älteste Chronologie (Zirbe) reicht bis 1735 zurück. Früh- und Spätholz wurden jeweils getrennt vermessen.

Die mittlere Breite der Jahresringe ist bei den Zirben am geringsten, gefolgt von Fichte, Lärche und Kiefer. Dabei ist der Spätholzanteil bei der Lärche am größten und der Zirbe am kleinsten. Die durchschnittliche Schwankung der Ringbreiten ist ebenfalls bei der Lärche am größten und der Zirbe am geringsten. Sie ist bei Frühholz- und Jahrringkurven annähernd gleich, liegt beim Spätholz aber deutlich darüber. Dagegen ist der Prozentsatz der Gleichläufigkeit der Kurven beim Spätholz am niedrigsten und liegt für Frühholz- und Jahrringkurven wesentlich höher. Die Gleichläufigkeitsprozentwerte betragen meist zwischen 60 und 70 %. Die Häufigkeit von Weiserjahren ist bei den Lärchen am größten. Unmittelbare Schlüsse auf Besonderheiten des Witterungsablaufes lassen sich jedoch aus dem Auftreten von Weiserjahren nicht sicher ziehen.

Beim Vergleich der Chronologien mit den Klimafaktoren nach Beobachtungen des Observatoriums Hochserfaus 1931 - 1970 mit Hilfe von Gleichläufigkeitstests läßt sich die Bedeutung von Sommertemperatur und Sonnenscheindauer, besonders an den höher gelegenen Standorten, bestätigen. Ansonsten ergeben sich beim Versuch einer klimatologischen Interpretation der Chronologien aber große Schwierigkeiten. Die Korrelationskoeffizienten sind durchwegs sehr niedrig und Scheinkorrelationen häufig. Zwar lassen sich bei multiplen Korrelationen hohe Koeffizienten bis über 0,7 erzielen, doch gilt dies auch für nicht sinnvolle Variablenkombinationen. Zirben zeigen auf geeigneten (gletschernahen) Standorten im Jahrringkurvenverlauf auffallende Ähnlichkeiten mit der Kurve der Gletscherschwankungen. Sämtliche wichtige Gletschervorstoßphasen der neueren Zeit konnten als Depressionen im Jahrringkurvenbild nachgewiesen werden.

Beim Vergleich der Standorte lassen sich Alpkopf und die Kaunertaler Standorte einerseits und Prutz andererseits als Extreme gegenüberstellen. Besonders Prutz fällt aus dem Rahmen. Dort werden die höchsten Werte durchschnittlicher Schwankung und Gleichläufigkeit und die größte Zahl von Weiserjahren erreicht. Dagegen ist die Reaktion auf das Klima in Prutz am schwächsten. Nur die Wintertemperatur und der Niederschlag spielen, im Gegensatz zu allen anderen Standorten, eine gewisse Rolle. Einzig am Trockenhang Prutz ist also die Wasserversorgung nicht immer ausreichend. Die Bedeutung des Standorteinflusses für die Jahrringkurven ist offensichtlich.

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

V. Dank:

Dank schulde ich besonders Herrn Univ.-Prof. Dr. S. Bortenschlager für die Schaffung idealer Arbeitsmöglichkeiten am Institut für Botanik. Bei Herrn Akad. Rat Dr. B. Becker konnte ich mich mit Unterstützung durch ein Stipendium des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung in seinem Jahrringlabor an der Universität Hohenheim in die Methode einarbeiten. Für sein jederzeit freundliches und großzügiges Entgegenkommen bin ich zu herzlichem Dank verpflichtet. Dank schulde ich auch Herrn Univ.-Doz. Dr. G. Patzelt für wertvolle Anregungen, Herrn P. Moser für die Bearbeitung der Computerprogramme, Herrn Dr. K. Gabl für die Überlassung von Klimadaten, sowie den Agrargemeinschaften Serfaus und Birgalpe, der Bezirksforstinspektion Ried und der TIWAG für Bohr- und Fahrgenehmigungen. Die Alpine Forschungsstelle Obergurgl förderte die Arbeit durch eine Forschungssubvention und die Erlaubnis zur Benutzung von Programmen.

VI. Literatur:

ARTMANN, A. (1949): Jahrringchronologische und -klimatologische Untersuchungen an der Zirbe und anderen Bäumen des Hochgebirges. – Inauguraldissertation, München.

ANTEVS, E. (1925): The big tree as a climatic measure. – Carnegie Institution of Washington, Publ. No. **325**: 115 - 153.

BAIG, M.N., TRANQUILLINI, W. und W.M. HAVRANEK (1974): Cuticuläre Transpiration von *Picea abies*- und *Pinus cembra*-Zweigen aus verschiedener Seehöhe und ihre Bedeutung für die winterliche Austrocknung der Bäume an der alpinen Waldgrenze. – Centralbl. ges. Forstw., **91**: 195 - 211.

BECKER, B. (1972): Möglichkeiten für den Aufbau einer absoluten Jahrringchronologie des Postglazials anhand subfossiler Eichen aus Donauschottern. – Ber. dtsch. bot. Ges., **85**: 29 - 45.

BECKER, B. (1973): Chronologie des Holozäns mit Hilfe der Dendrochronologie. – Jahrb. 1973 Akad. Wiss. u. Lit., p. 180 - 182.

BECKER, B. und G. BENCKISER (1976): Jahrring- und Wachstumsanalysen zur Klärung des Wuchsstockungsproblems in zwei Fichtenbeständen des Stadtwaldes Villingen. – Allg. Forst-Jagdztg., **147**: 99 - 105.

BERNHART, A. (1963): Beziehungen zwischen Niederschlägen und Jahrringbreiten an Fichten aus dem Bayrischen Wald. – Forstw. Centralbl., **82**: 321 - 392.

BORTENSCHLAGER, S. (1977): Ursachen und Ausmaß postglazialer Waldgrenz-Schwankungen in den Ostalpen. – IN: Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa, Reihe Erdwissenschaftliche Forschung, **33**: 260 - 266.

BREHME, K. (1951): Jahrringchronologische und -klimatologische Untersuchungen an Hochgebirgslärchen des Berchtesgadener Landes. – Ztschr. Weltforstw., **14**: 65 - 80.

DELORME, A. (1973): Über die Bildung von Jahrringbreitenmittelkurven als Grundlage für dendrochronologische Datierungen. – Forstw. Centralbl., **92**: 335 - 342.

DOUGLASS, A.A. (1919): Climatic cycles and tree growth. – Carnegie Institution of Washington, Publ. No. **289 (1)**: 1 - 148.

ECKSTEIN, D. (1972): Tree-ring research in Europe. – Tree-ring Bull., **32**: 1 - 18.

ECKSTEIN, D., FRISSE, E. und F. QUIEHL (1977): Holzanatomische Untersuchungen zum Nachweis anthropogener Einflüsse auf die Umweltbedingungen einer Rotbuche. – Angew. Bot., **51**: 47 - 56.

ECKSTEIN, D. und B. SCHMIDT (1974): Dendroklimatologische Untersuchungen im maritimen Klimagebiet Schleswig-Holsteins. – Angew. Bot., **48**: 371 - 383.

ELLING, W. (1966): Untersuchungen über das Jahrringverhalten der Schwarzerle. – Flora, **156**: 155 - 201.

FLIRI, F. (1964): Zur Witterungsklimatologie sommerlicher Schneefälle in den Alpen. – Wetter u. Leben, **16**: 1 - 11.

FRITTS, H.C. (1965a): Dendrochronology. – In: The Quaternary of the United States, p. 871 - 879.

FRITTS, H.C. (1965b): Tree-ring evidence for climatic changes in western Northamerica. – Mon. Weather Review, **93**: 421 - 443.

FRITTS, H.C. (1971): Dendroclimatology and dendroecology. – Quat. Research, **1**: 419 - 449.

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

FRITTS, H.C. (1976): Tree-rings and climate. – Academic Press, London-New York-San Francisco, 567 pp.

FRITTS, H.C. (1978): Tree rings, a record of seadonal variations in past climate. – Naturwiss., 65 48 - 56.

FRITTS, H.C. and P.R. JULIAN (1968): On the possibility of quantitatively extending climatic records by means of dendroclimatological analysis. – Proc. stat. meteorol. Conf., Hartford, 1: 20 - 56.

FROMME, G. (1957): Der Waldrückgang im Oberinntal. – Mitt. forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn, 54: 222.

FÜRST, O. (1963): Vergleichende Untersuchungen über räumliche und zeitliche Unterschiede interannueller Jahrringbreitenschwankungen und ihre klimatologische Auswertung. – Flora, 153: 469 - 508.

GABL, K. (1976): Das Klima von Hochserfaus. – Inauguraldissertation, Innsbruck, 317 pp.

GAMS, H. (1931): Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. – Ztschr. Ges. Erdkd., 9: 321 - 346.

GLOCK, W.S. (1937): Principles and methods of tree-ring analysis. – Carnegie Inst. Wash., Publ. No. 486: 98.

GLOCK, W.S. (1955): Growth rings and climate. – Bot. Review, 21: 74 - 188.

GIERTZ-SIEBENLIST, V. (1977): Der gegenwärtige Stand einer Jahrringchronologie aus dem obersten Ötztal. – Reihe Erdwissenschaftliche Forschung, 33: 25 - 27.

GRABHERR, G. (1980): Jahrring-Untersuchungen in Westtirol. – Dissertation, naturw. Fakultät der Universität Innsbruck, Maschinschrift, 100 pp.

HEUBERGER, H. (1968): Die Alpengletscher im Spät- und Postglazial. – Eiszeitalter u. Gegenwart, 19: 270 - 275.

HOINKES, H. (1971): Über Beziehungen zwischen Massenbilanz des Hintereisferners (Ötztaler Alpen, Tirol) und Beobachtungen der Klimastation Vent. – Annal. Meteorol., NF., 5: 259 - 264.

HOLLSTEIN, E. (1968): Über den gegenwärtigen Stand der westdeutschen Eichenchronologie. – Kunstchronik, 21: 159 - 164.

HUBER, B. (1941): Aufbau einer mitteleuropäischen Jahrringchronologie. – Mitt. Akad. dtsch. Forstwissenschaft, 1: 110 - 125.

HUBER, B. (1952): Beiträge zur Methodik der Jahrringchronologie I: Gegenläufigkeitsprozent und Gegenläufigkeitsstruktur als Maßstäbe bei der Sicherheit jahrringchronologischer Datierungen. – Holzforschung, 6: 34 - 37.

HUBER, B. (1971): Dendrochronologie. – In: Handbuch der Mikroskopie in der Technik, 5: 171 - 211.

HUBER, B. und V. GIERTZ-SIEBENLIST (1969): Unsere 1000jährige Eichenjahrringchronologie durchschnittlich 57 (10 - 150)-fach belegt. – Sitzber. österr. Akad. Wiss. math.-nat. Kl., Abt. I, 178: 37 - 42.

HUBER, B. und W. HOLDHEIDE (1942): Jahresringchronologische Untersuchungen an Hölzern der bronzezeitlichen Wasserburg Buchau am Federsee. – Ber. dtsch. bot. Ges., 60: 261 - 283.

HUBER, B. und W. v. JAZEWITSCH (1956): Tree-ring studies of the forestry-botany institutes of Tharandt and Munich. – Tree-ring Bull., 21: 28 - 30.

HUBER, B. und W. v. JAZEWITSCH (1958): Jahrringuntersuchungen an Pfahlbauhölzern. – Flora, 146: 445 - 471.

HUSTICH, J. (1949): On the correlation between growth and the recent climatic fluctuations. – Geograf. Annaler, 31: 90 - 105.

JAZEWITSCH, W. v. (1953): Jahrringchronologie der Spessartbuchen. – Forstw. Centralbl., 72: 234 - 247.

JAZEWITSCH, W. v. (1961): Zur klimatologischen Auswertung von Jahrringkurven. – Forstw. Centralbl., 80: 175 - 190.

KINZL, H. (1929): Beiträge zur Geschichte der Gletscherschwankungen in den Ostalpen. – Ztschr. Gletscherkd., 17: 66 - 121.

KLEBELSBERG, R. v. (1956): Aus der Geologie des Bezirkes Landeck. – Schlern-Schriften, 133: 1 - 346.

LAMARCHE, V.C. (1973): Holocene climatic variations inferred from treeline fluctuations in the White Mountains, California. – Quat. Research, 3: 632 - 660.

LAMARCHE, V.C. (1974): Paleoclimatic interferences from long tree-records. – Science, 183: 1043 - 1048.

LAMARCHE, V.C. und H.C. FRITTS (1971a): Tree rings, glacial advance and climate in the Alps. – Ztschr. Gletscherkd. Glazialgeol., 7: 125 - 131.

©Naturwiss. med. Ver. Innsbruck, download unter www.biologiezentrum.at

LAMARCHE, V.C. und H.C. FRITTS (1971b): Anormaly patterns of climate over the western United States, 1700 - 1930, derived from principal component analysis of tree-ring data. – Mon. Weather Review, **99**: 138 - 141.

LOVELIUS, N.V. (1971): Reconstructions of the course of meteorological processes on the basis of the annual tree rings along the northern and altitudinal forest boundaries. – Proc. int. Meeting biol. Productivity of Tundra, Leningrad, **IV**: 248 - 260.

MIKOLA, P. (1962): Temperature and tree growth near the northern timber line. – In: Tree Growth, Ronald Press, p. 265 - 274.

MUNAUT, A. (1978): La dendrochronologie. Une synthèse de ses méthodes et applications. – Lejeunia, **91**: 1 - 39.

PATZELT, G. (1970): Die Längenmessungen an den Gletschern der österreichischen Ostalpen 1890 - 1969. – Ztschr. Gletscherkd. Glazialgeol., **6**: 151 - 159.

PATZELT, G. (1972): Die spätglazialen Stadien und postglazialen Schwankungen von Ostalpengletschern. – Ber. dtsch. bot. Ges., **85**: 47 - 57.

PATZELT, G. (1973): Die neuzeitlichen Gletscherschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). – Ztschr. Gletscherkd. Glazialgeol., **9**: 5 - 57.

PATZELT, G. (1976): Statistik der Längenmessungen an den österreichischen Gletschern 1960 bis 1975. – Ztschr. Gletscherkd. Glazialgeol., **12**: 91 - 94.

PATZELT, G. (1977): Der zeitliche Ablauf und das Ausmaß postglazialer Klimaschwankungen in den Alpen. – Reihe Erdwissenschaftliche Forschung, **33**: 248 - 259.

POKORNY, A. (1867): Über den Dickenzuwachs und das Alter der Bäume. – Schrift. Ver. Verbr. naturw. Kenntn. Wien, **6**: 209 - 233.

RUDLOFF, H. v. (1965): Die Klimaschwankungen in den Hochalpen seit Beginn der Instrumentenbeobachtungen. – Arch. Meteorol. Geophysik Bioklimat., B, **13**: 303 - 351.

SCHIECHTL, H.M. und R. STERN (1975): Die Zirbe (*Pinus cembra* L.) in den Ostalpen. I. Teil. – Veröff. forstl. Bundesversuchsanstalt, Wien, **22**: 1 - 84.

SCHMIDT, B. (1977): Dendroklimatologische Untersuchungen an Eichen nordwestdeutscher Standorte. – Inauguraldissertation, Hamburg, 110 pp.

SCHOVE, J.D. (1954): Summer temperatures and tree-rings in North-Scandinavia A.D. 1461 - 1950. – Geograf. Annaler, **36**: 40 - 80.

SCHULMAN, E. (1953): Tree-ring evidence for climatic changes. – In: SHAPLEY, H.: Climatic Change, Harvard University Press, p. 209 - 219.

SCHWEINGRUBER, F.H., BRÄKER, H., OTTO, U. und E. SCHÄR (1979): Dendroclimatic studies on conifers from Central Europe and Great Britain. – Boreas, **8**: 427 - 452.

SCHWEINGRUBER, F.H. und F. RÖTHLISBERGER (1978): Long chronologies by x-ray densitometry for subalpine conifers and their value for indicating holocene temperatures. – In: Dendrochronology in Europe, Oxford University Publ. No. **2**: 115 - 116.

SERRE, F. (1976): Les rapports de la croissance et du climat chez le Pin d' Alep *Pinus halepensis* (Mill) II. – Oecologia Plantarum, **11**: 201 - 224.

SVENONIUS, B. und E. OLAUSSON (1978): Ring width of trees, solar activity and weather conditions in Sweden in the period 1756 - 1975. – Geol. Fören. Stockholm Förhandl., **100**: 95 - 100.

TRANQUILLINI, W. (1966): Über das Leben der Bäume unter den Grenzbedingungen der Kampfzone. – Allg. Forstzeitung, **6**: 127 - 132.

TRANQUILLINI, W. (1967): Über die physiologischen Ursachen der Wald- und Baumgrenze. – Mitt. forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, **75**: 457 - 481.

VINS, B. (1966): Die Jahrringbreite im gleichaltrigen Fichtenreinbestand und ihre Veränderungen. – Wiss. Ztschr. TU Dresden, **15**: 419 - 424.

WAGNER, H. (1965): Die Pflanzendecke der Komperdellalm in Tirol. – Doc. Cart. Vegetation des Alpes, Grenoble III, p. 1 - 59.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: 68

Autor(en)/Author(s): Grabherr Gertraud

Artikel/Article: Dendrochronologische und dentroklimatologische Untersuchungen an Hölzern Westtirols (Österreich). 57-78